

REVISTA TECNOLÓGICA CEA

Difusión vía red de cómputo

<http://www.revistatecnologicaceamx>

ISSN 25940414

Año 9, Núm. 26, Volumen II

Diciembre 2024

NUMERO ESPECIAL MEMORIAS



VII Congreso Nacional y V Internacional de
Ciencias Agropecuarias del TECNM



XI Congreso Nacional de Ciencia y
Tecnología Agropecuaria



27 al 30 de noviembre de 2024.



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



DIRECTORIO

Ing. Raúl Rene Robles Lacayo
Director

Mtro. Fernando Germán Flores Guillén
Subdirector Académico

M.G.A. Alejandro Guerrero Barrón
Subdirector de Planeación y Vinculación

Subdirector Administrativo

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Israel Servín Gómez
Dr. Ricardo Yáñez López
Dr. Enrique Andrio Enríquez
Dr. Francisco Cervantes Ortiz
Dr. Daniel Rodríguez Mercado
Dr. Luis Patricio Guevara Acevedo
M.C. Francisco Chablé Moreno
Dra. Sarahyt Santamaría González Figueroa
Dra. Ma Cristina Vázquez Hernández
M.C. Manuel Gerardo Cardiel Rocha
Dra. Maria Susana Acosta Navarrete
M.C. Berenice Rivera Cortez

REVISTA TECNOLÓGICA CEA

Editor y formador

Dr. Israel Servín Gómez

**Tecnológico Nacional de México/
Instituto Tecnológico de Roque**

Dirección: km. 8 Carretera Celaya- Juventino Rosas

Revista Número 26, diciembre de 2024.

Revista Tecnológica CEA, Año 9, número 26, vol. II, diciembre de 2024, es una revista semestral, publicada y editada por el Tecnológico Nacional de México dependiente de la Secretaría de Educación Pública, a través del Instituto Tecnológico de Roque, Av. Universidad No. 1200, quinto piso, Col. Xoco, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03330, Ciudad de México, Tel. 5536002500 Ext. 65064, d_vinculacion05@tecnm.mx, Editor Dr. Israel Servín Gómez. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2016-071113482900-203, ISSN 2594 0414 ambos otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Responsable de la última actualización de este número Ing. Christian Ulises Hernández Montoya, Jefe del Departamento de Comunicación y Difusión del Instituto Tecnológico de Roque, con domicilio en Km. 8 carretera Celaya Juventino Rosas, C.P. 38110 Roque, Celaya Guanajuato, México, tel. 461 6116361 ext. 116 fecha de última actualización 4 de diciembre de 2024.

El objetivo de la *Revista Tecnológica CEA* es la generación de conocimiento científico teórico y aplicado, para soporte de los contenidos de los planes y programas de estudio que se imparten en Tecnológico Nacional de México.

Las publicaciones de los artículos son sometidas a revisión por un comité de arbitraje, el proceso de evaluación del artículo guardará estrictamente el anonimato y el contenido es responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Se autoriza la reproducción parcial o total de los contenidos e imágenes de la publicación con crédito de la fuente.

Revista Indizada en



EDITORIAL

La sostenibilidad de los sistemas y recursos agroecológicos es un aspecto clave en la búsqueda de soluciones para los desafíos globales que enfrenta la humanidad. Ante la creciente demanda de alimentos, la crisis climática, la pérdida de biodiversidad y la necesidad de fomentar economías rurales más inclusivas, es crucial revisar los modelos tradicionales de producción agrícola. La agroecología, como enfoque integral, tiene como objetivo equilibrar la producción de alimentos con la preservación de los ecosistemas y el bienestar social. Este enfoque entiende que los sistemas agroecológicos no deben verse solo como una actividad económica, sino como un conjunto de interacciones entre las personas y el medio ambiente. En este contexto, la sostenibilidad no se limita a un objetivo puntual, sino que representa un proceso continuo que implica mantener el balance entre la productividad agrícola, la conservación de los recursos naturales y la equidad social. Los recursos agroecológicos, como el suelo, el agua, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, son esenciales para una producción alimentaria sostenible.

El uso responsable y eficiente de estos recursos es clave para preservar la salud de los ecosistemas y asegurar que los sistemas agrícolas sean resilientes frente a los efectos del cambio climático y las fluctuaciones del mercado. Este enfoque requiere no solo la adopción de prácticas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente, sino también la implementación de políticas públicas que faciliten la transición hacia un modelo agroecológico. Es necesario fomentar la investigación y la innovación en el sector agrícola, promoviendo tecnologías y conocimientos que permitan una mejor gestión de los recursos naturales y el perfeccionamiento de los sistemas productivos.

Remarcando, la sostenibilidad de los sistemas y recursos agroecológicos es un desafío complejo que abarca dimensiones ecológicas, sociales y económicas. Este reto requiere la cooperación de gobiernos, organizaciones, comunidades rurales y consumidores para crear un futuro más justo, saludable y equilibrado. La transición

hacia sistemas agroecológicos sostenibles es una necesidad urgente para garantizar la seguridad alimentaria, la conservación ambiental y el bienestar de las generaciones venideras. Es por ello que en su séptima edición nacional y quinta internacional el Tecnológico de Roque realiza el Congreso de Ciencias Agropecuarias en el cual participan ponentes de prestigio nacional e internacional, en conferencias magistrales y talleres, teniendo como temática “**sustentabilidad de los sistemas y recursos agroecológicos**”. El congreso tiene como objetivo la publicación de avances científicos, promover la interacción entre investigadores, docentes y estudiantes para impulsar la formación de futuros investigadores, así como promover la difusión de avances científicos de vanguardia y actualizados.

COMITÉ ORGANIZADOR

CONTENIDO

RESUMEN EXTENSO	1
ACEPTACIÓN SENSORIAL DE GALLETAS CON OLEOGEL DE ACEITE DE OLIVA COMO REEMPLAZO DE GRASA PARA MEJORAR SU PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS	2
ACTIVADORES FISIOLÓGICOS EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO DE PLANTAS DE PEPINO	10
ACTIVADORES FISIOLÓGICOS EN EL CULTIVO DE PEPINO.....	19
ACTIVIDAD ANTAGÓNICA DE <i>TRICHODERMA</i> SPP. CONTRA HONGOS FITOPATÓGENOS ASOCIADOS A LA AGRICULTURA.....	27
ADAPTACIÓN DE MAICES NATIVOS PIGMENTADOS TIPO CÓNICO NORTEÑO DE XICHÚ GUANAJUATO ESTABLECIDAS EN EL TecNM-ROQUE.....	35
ADOPCIÓN DEL MANEJO DE MALEZA EN EL CULTIVO DE GIRASOL EN GUANAJUATO.....	46
AISLAMIENTO DE 4 CEPAS DE <i>Fusarium</i> spp.....	56
AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL (BPCV).....	63
AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE CEPAS DE <i>Trichoderma</i> spp. EN EL MUNICIPIO DE ABASOLO	73
AISLAMIENTO, PURIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS.....	83
ANÁLISIS DE LA MICROBIOTA DE SUELOS EN PLANTAS DE CÍTRICOS SANAS Y ENFERMAS DE HLB	92
ANÁLISIS DE LA TEORIA DE VENTAJA COMPARATIVA ECONÓMICA Y SU RELACIÓN CON EL PIB DE MÉXICO.....	100

ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE COLOR DE LOS CÍTRICOS (ICC) PARA EL CLASIFICACIÓN DE LA NARANJA MADUREZ (<i>Citrus x sensui</i>) UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y TRATAMIENTO DE IMÁGENES.....	108
ANTIBIOSIS Y ANTIXENOSIS DE 4 MATERIALES DE PEPINO A <i>Tetranychus urticae</i> Koch	124
ANTIBIOSIS Y ANTIXENOSIS DE 4 VARIEDADES DE MAÍZ (<i>Zea mays</i>) A ARAÑITA ROJA (<i>Tetranychus urticae</i>)	131
ANTIBIOSIS Y ANTIXENOSIS DE MATERIALES AVANZADOS DE MAÍZ DEL TecNM ROQUE A <i>Tetranychus urticae</i> KOCH.....	139
APLICACIÓN DE ALGAS MARINAS EN PIMIENTO MORRÓN (<i>Capsicum annuum</i>) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.....	147
APLICACIÓN DE BIORREGULADORES VEGETALES PARA REDUCIR LA “CAÍDA DE FRUTO DE JUNIO” Y AUMENTAR LA PRODUCCIÓN Y TAMAÑO DE FRUTO EN EL AGUACATE ‘HASS’	159
APLICACIÓN DE MOSTO DESLEVADURADO PARA EL CONTROL DE PATÓGENOS DE RAÍZ EN CHILE (<i>Capsicum annum</i> L.).....	169
APLICACIÓN DE NANOEMULSIONES DE BIOHERBICIDA PARA EVLAUACIÓN EN EL CONTROL DE DIFERENTES ESPECIES DE MALEZAS	179
APLICACIÓN FOLIAR DE BIOMOLECULAS EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE TOMATE	189
APLICACIÓN FOLIAR DE BIOMOLECULAS EN EL CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE MELON.....	197
APLICACIÓN FOLIAR DE BIOMOLECULAS EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE PLANTAS DE TOMATE	205
APLICACION WEB PARA LA GESTION DE LOS DATOS ASOCIADOS A CULTIVOS EN INVERNADEROS.....	213
APLICACIONES DEL MICROBIOMA DE <i>Parkinsonia aculeata</i> L. PARA LA PROMOCIÓN DEL DESARROLLO INICIAL DEL CULTIVO DEL MAÍZ	225

ÁREAS CON POTENCIAL DE ADAPTACIÓN DE CANELA (<i>Cinnamomum verum</i> J. Presl) EN LA HUASTECA HIDALGUENSE.....	233
ÁREAS CON POTENCIAL DE ADAPTACIÓN DE MARACUYÁ (<i>Passiflora edulis</i>) EN LA HUASTECA HIDALGUENSE.....	241
AVANCES DEL MEJORAMIENTO GENETICO DE UNA POBLACION DE MAIZ (<i>Zea mays</i> L.) CRIOLLO DE LA RAZA TUXPEÑO	248
BIOFERTILIZACION Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TOMATE BAJO INVERNADERO	258
BIOMOLECULAS EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO DE CEBOLLA <i>Allium cepa</i> L).....	268
CÁLCULO DE LOS MERCADOS HIPOTECARIOS AMERICANOS Y SU AFECTACIÓN ECONÓMICA EN MÉXICO	276
CALIDAD EXTERNA DE FRUTOS DE NARANJA VALENCIA DURANTE POSTCOSECHA.....	286
CALIDAD FISICA Y CONTENIDO DE PROTEINA DE SEMILLA DE CEBADA EN DIFERENTES FECHAS DE SIEMBRA EN EL VALLE DEL YAQUI SONORA ...	294
CALIDAD FÍSICA Y MALTERA DE DOS VARIEDADES DE CEBADA ZURITA Y MARAVILLA	302
CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLA DE MAIZ CON ENVEJECIMIENTO NATURAL Y ACELERADO	310
CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE MAIZ DETERIORADA	323
CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE FERTILIZANTES LÍQUIDOS OBTENIDOS POR FERMENTACIÓN ANAERÓBICA DE MATERIALES ORGÁNICOS.....	334
CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE VARIEDADES DE CEBADA EN EL BAJÍO.....	342
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y OSMOACONDICIONAMIENTO EN LA GERMINACIÓN DE CUATRO GENOTIPOS DE CHILE HABANERO (<i>Capsicum chinense</i>) EN EL TECN-M-ROQUE	351

CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE MIEL DE <i>Melipona beecheii</i> PRODUCIDA EN SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA Y SELVA BAJA CADUCIFOLIA DEL ESTADO DE YUCATÁN.....	361
CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN CAPRINA EN LOS GRUPOS GANADEROS DE GUANAJUATO: ESTUDIO PRELIMINAR	371
CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTORES DEL PROGRAMA SEMBRANDO VIDA DEL ESTADO DE TLAXCALA, MÉXICO	381
COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA VARIEDAD SINTÉTICA DE MAÍZ (<i>Zea Mays</i>) EN LA ETAPA DE ESTABLECIMIENTO EN LA REGIÓN VALLE DE JALISCO	393
COMPORTAMIENTO ANTAGÓNICO DE <i>Bacillus cereus</i> CONTRA DIFERENTES AISLADOS DE <i>Fusarium</i> sp.....	403
COMPORTAMIENTO DE CLASES DE TRIGO EN FECHAS DE SIEMBRA EN EL BAJÍO.....	410
COMPOSICIÓN DE MACRONUTRIENTES Y MICRONUTRIENTES EN FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE ALFALFA (<i>Medicago sativa</i>) Y SORGO (<i>Sorghum bicolor</i>)	420
CONTROL ALTERNATIVO DE CHAPULIN (<i>Sphenarium purpurascens</i>) EN HOJAS DE FRIJOL.....	430
CRECIMIENTO DE <i>Echinocactus platyacanthus</i> Link & Otto EN SUSTRATOS REGIONALES EN EL BAJÍO GUANAJUATENSE	436
CRECIMIENTO, DESARROLLO Y SOBREVIVENCIA DE BARRERAS VIVAS EN SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ.....	445
CULTIVO DE DOS VARIEDADES DE PAPAYA EN EL TECNOL-ROQUE EN INVERNADERO (AVANCE PRELIMINAR).....	454
DENSIDAD DE POBLACION Y PRODUCCION DE NOPAL FORRAJERO (<i>Opuntia ficus-indica</i>) VARIEDAD COPENA-1 EN CONDICIONES DE TEMPORAL	464

DESARROLLO DE UN ELISA INDIRECTO BASADO EN LA PROTEÍNA RECOMBINANTE NP DEL <i>Orthorubulavirus suis</i>	473
DESARROLLO DE UN ENSAYO INMUNOENZIMÁTICO INDIRECTO PARA LA SERODETECCIÓN DE DELTACORONAVIRUS PORCINO	480
DESARROLLO DE UN MODELO DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PLANTAS DE CANDELILLA (<i>Euphorbia antisyphilitica</i>)..	488
DESCRIPCIÓN CUANTITATIVA DE LA CALIDAD DE FRUTOS DE MANDARINA TEMPRANA	497
DETERMINACIÓN DE ETANOL Y AZÚCAR EN VINOS DE MESA POR REFRACTOMETRÍA COMBINADA MEDIANTE SUPERFICIES DE RESPUESTA	504
DETERMINACIÓN DE LA FECHA ÓPTIMA DE SIEMBRA PARA SORGO DE RIEGO EN EL NORTE DE TAMAULIPAS	516
DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS EN UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO	526
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO FAMILIAR EN LA REGIÓN DE CELAYA, GUANAJUATO.....	537
EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE EXTRACTO DE CHILE Y NEEM EN LA MORTALIDAD DE CHAPULÍN (<i>Sphenarium purpurascens</i>).....	543
EFFECTIVIDAD BIOLOGICA DE <i>Bacillus thuringiensis</i> Y THIAMETOXAM EN LA MORTALIDAD DE LARVAS DE <i>Plutella xylostella</i>	550
EFFECTIVIDAD BIOLOGICA DE BIOINSECTICIDAS EN EL CONTROL DE <i>Plutella xylostella</i>	557
EFFECTIVIDAD BIOLOGICA DE BIOINSECTICIDAS EN LA MORTALIDAD DE PALOMILLA DORSO DE DIAMANTE.....	565
EFFECTIVIDAD BIOLOGICA DE INSECTICIDA QUIMICO VS EXTRACTO VEGETAL EN LA MORTALIDAD DE CHAPULIN	573

EFFECTO DE APLICACIÓN FOLIAR ORGÁNICA E INORGÁNICA EN TOMATE CHERRY (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) VARIEDAD LEMON STAR	581
EFFECTO DE DIFERENTES DENSIDADES DE ARAÑA ROJA EN EL CONTENIDO DE COLOROFILA EN HOJAS DE FRESA.....	592
EFFECTO DE FUNGICIDAS SINTÉTICOS COMERCIALES CONTRA ANTRACNOSIS DE FRUTOS DE PAPAYA DE TABASCO	598
EFFECTO DE LA ACTIVIDAD DE <i>Sitophilus granarius</i> EN TRES VARIEDADES DE TRIGO ALMACENADAS EN DIFERENTES TIPOS DE EMPAQUE.....	608
EFFECTO DE LA DOSIS DE NITRÓGENO SOBRE LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO DEL TRIGO HARINERO DE GLUTEN FUERTE	616
EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR CON BORO Y MAGNESIO EN LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE FRIJOL (<i>Phaseolus</i> spp.) BAJO ALTAS TEMPERATURAS NATURALES	623
EFFECTO DE LA INOCULACIÓN DE <i>Trichoderma yunnanense</i> PARA EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL BROCOLETTE	630
EFFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL RENDIMIENTO DE FRIJOL (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), EN EL SEMIÁRIDO DE MÉXICO	637
EFFECTO DE LA POSICIÓN DE LA SEMILLA DE LIMÓN EN LA ARQUITECTURA RADICAL <i>in vitro</i> y EN ETAPA DE ACLIMATACIÓN DEL PORTA INJERTO MACROFILA	649
EFFECTO DE LAS ASPERSIONES FOLIARES CON ÁCIDO GIBERÉLICO (AG ₃) SOBRE LA FECHA DE FLORACIÓN Y COSECHA DEL AGUACATE 'HASS'...	663
EFICIENCIA DE RETENCIÓN DE SUELO EN DOS ESPECIES COMO BARRERAS VIVAS PARA CAFETALES DE LADERA.....	672
EL APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL EN EMPRESAS DE ECONOMÍA CIRCULAR CON ENFOQUE DE RESPONSABILIDAD SOCIAL.....	682

EL COEFICIENTE DE CULTIVO “KC”, COMO HERRAMIENTA PARA NUTRICION EN FRESA	695
EL POSICIONAMIENTO DE LA CADENA AGROALIMENTARIA PORCINA COMO ELEMENTO DE GESTION DE LA INNOVACION.....	705
EMERGENCIA DE PLÁNTULAS EN CAMPO Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE MAÍZ	717
EMISIONES DE ÓXIDO NITROSO POR EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE TRIGO.....	726
ENVEJECIMIENTO NATURAL Y ACELERADO DE MAICES AVANZADOS DEL ITR	736
ESTABILIDAD DE RENDIMIENTO DE VARIEDADES EXPERIMENTALES DE SORGO PARA SINALOA.....	747
ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE REPRODUCCIÓN DE <i>Prosopis laevigata</i> EN EL TecNM CAMPUS PURUÁNDIRO	753
ESTIMACIÓN DE NUMERO DE HORAS FRIO PARA FRUTALES EN EL ESTADO AGUASCALIENTES	763
ESTRATEGIAS DE PERMANENCIA Y ACCIÓN COLECTIVA DE LOS PRODUCTORES FAMILIARES DE LECHE EN LOS MUNICIPIOS DE EL MARQUÉS Y COLÓN, QUERÉTARO	772
EVALUACIÓN DE APLICACIONES Y REACCIONES DE ARAÑA ROJA (<i>Tetranychus urticae</i> Koch) EN HOJAS DE FRESA.....	783
EVALUACIÓN DE DOS PRODUCTOS PREVENTIVOS PARA EL CONTROL DEL SALIVAZO EN CAÑA DE AZÚCAR	790
EVALUACIÓN DE FITOTOXICIDAD EN LA PRESA DE COINTZIO CON BIOENSAYOS DE LECHUGA ROMANA Y OPTIMIZACIÓN DE SU CRECIMIENTO MEDIANTE DISEÑOS EXPERIMENTALES	800
EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL EXTRACTO ETANOLICO DE PIRUL (<i>Schinus molle</i>)	812

EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE HERBICIDAS QUIMICOS Y ORGANICOS SOBRE EL COMPLEJO DE MALEZA DEL CULTIVO DE MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.) EN ÉPOCA DE APLICACIÓN TEMPRANA.....	820
EVALUACIÓN DE LA GEMINACIÓN DE SEMILLAS DE PIMIENTA GORDA (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) DE DOS PROCEDENCIAS	831
EVALUACIÓN DE LÍNEAS ÉLITE DE CEBADA MALTERA ESTABLECIDAS EN SECANO EN EL ALTIPLANO MEXICANO.	840
EVALUACIÓN DE LÍNEAS ELITE FORRAJERAS BAJO CONDICIONES DE SECANO EN EL ALTIPLANO MEXICANO	848
EVALUACIÓN DE MESTIZOS DE MAÍZ DE GRANO BLANCO EN RÍO BRAVO TAMAULIPAS.....	856
EVALUACIÓN DE PRODUCCIÓN DE AMILASAS Y CELULASAS DE <i>Trichoderma</i> spp.	864
EVALUACIÓN DE PRODUCTOS ORGÁNICOS CONTRA PATÓGENOS QUE AFECTAN A LA RAÍZ Y ESTIMACION DEL INDICE VEGETATIVO EN EL CULTIVO DE CHILE (<i>Capsicum annum</i> L.).....	872
EVALUACIÓN DE PROGENIES DE HULE <i>Hevea brasiliensis</i> PARA OBTENER CLONES PRECOCES, PRODUCTIVOS Y TOLERANTES A ENFERMEDADES FOLIARES EN VERACRUZ, MÉXICO	881
EVALUACIÓN DE UN EXTRACTO DE <i>BIDENS ODORATA</i> SOBRE LA CINÉTICA RUMINAL DE GAS <i>IN VITRO</i> USANDO UNA DIETA ALTA EN GRANO	890
EVALUACIÓN DEL ÁCIDO ACETILSALICÍLICO Y SACAROSA COMO MODULADORES DE LA RESPUESTA FISIOLÓGICA AL ESTRÉS EN EL CULTIVO DE MAÍZ (<i>Zea mays</i> L)	900
EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DE PLÁNTULA EN POBLACIONES DE MAÍZ NATIVO PIGMENTADO DE VALLES ALTOS.....	916
EVALUACIÓN DEL EFECTO DE BIOCONTROL DE <i>Trichoderma</i> spp, ANTES Y DESPUÉS DE SER SOMETIDO EN EL MÉTODO DE LIOFILIZACIÓN PARA SU CONSERVACIÓN	924

EVALUACIÓN DEL ESTRÉS LABORAL EN EMPRESAS PEQUEÑAS CON ENFOQUE DE RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL	934
EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD FISICA DE PROGENITORES DE HÍBRIDOS DE MAÍZ	951
EVALUACIÓN DEL USO DE BACTERIAS PROMOTORAS EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE <i>Phaseolus vulgaris</i>	961
EVALUACIÓN INMUNOLÓGICA DE NANOPARTÍCULAS LIPÍDICAS ACOPLADAS A UNA PROTEÍNA RECOMBINANTE	969
EVALUACIÓN PRELIMINAR DE ECOTIPOS DE <i>Sporobolus airoides</i> EN SAN LUIS POTOSÍ.....	978
EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA FITOTOXICIDAD DE EXTRACTOS DE <i>Parkinsonia aculeata</i> L. EN EL DESARROLLO INICIAL DEL MAÍZ	986
EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL POTENCIAL PRODUCTIVO DE MAÍCES AMARILLOS EN EL ALTIPLANO POTOSINO	993
EVALUACIÓN SENSORIAL DE FRUTOS DE LITCHI (<i>Litchi chinensis</i> Sonn) MEDIANTE LA VALORACIÓN DE ATRIBUTOS.....	1001
EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE POBLACIONES DE AJONJOLÍ POR SU POTENCIAL PARA USO EN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO	1010
EXTRACTOS VEGETALES COMO HERBICIDAS PARA CONTROL DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ.....	1018
FERTILIZACIÓN INORGÁNICA Y ORGÁNICA RACIONAL EN LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE CILANTRO (<i>Coriandrum sativum</i> L.) EN EL BAJÍO.....	1027
FUENTES DE RESISTENCIA A ROYA LINEAL AMARILLA Y ROYA DE LA HOJA EN LINEAS EXPERIMENTALES DE CEBADA MALTERA.....	1037
GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE LECHUGA ICEBERG EN UN AMBIENTE CONTROLADO: EFECTO DE LA LUZ EN DISTINTOS NIVELES	1046

HABILIDADES ADMINISTRATIVAS DE PEQUEÑOS AGRICULTORES: SU INFLUENCIA EN LA RENTABILIDAD DEL AGRONEGOCIO	1053
HERBICIDAS SINTÉTICOS EN EL CULTIVO DE AGAVE	1064
HUERTOS AGROBIODIVERSOS Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	1072
IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE RESISTENCIA A LA ANTRACNOSIS DEL FRIJOL, RAZA 847	1079
IDENTIFICACIÓN DE HONGOS FITOPATÓGENOS EN GRANOS GERMINADOS PARA LA ELABORACIÓN DE MALTA	1087
IDENTIFICACION DE RAZAS DE <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> EN EL ESTADO DE GUANAJUATO	1094
IDENTIFICACIÓN DE TRANSCRITOS TIPO PRR INDUCIDOS POR <i>Streptomyces</i> spp. ASOCIADOS A LA DETECCIÓN DE PATÓGENOS EN <i>Allium sativum</i> L.	1104
IDENTIFICACIÓN DEL PERIODO ÓPTIMO DE SIEMBRA PARA SORGO DE TEMPORAL EN EL NORTE DE TAMAULIPAS	1115
IDENTIFICACIÓN MACRO Y MICROSCOPICA DE HONGOS	1125
IMPACTOS EN LA EFICIENCIA TERMINAL DE ESTUDIANTES DE PREPARATORIA AGROPECUARIA, CON LA ASIGNACIÓN DE LA BECA UNIVERSAL PARA EL BIENESTAR BENITO JUÁREZ, EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO	1132
IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING PARA EL CONTROL DEL VPD EN AGRICULTURA PROTEGIDA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE RFR	1140
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN Y VISUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN DE CULTIVOS	1149
IMPORTANCIA Y DIVERSIDAD ARBÓREA EN TRES LOCALIDADES DE LA SIERRA DE ZONGOLICA, VERACRUZ	1160
INCREMENTO DE SEMILLA Y ESTUDIO PRELIMINAR DE COLECTAS DE FRIJOL NATIVO DEL ESTADO DE GUERRERO, MÉXICO	1171

INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE COSECHA Y DESGRANE SOBRE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE MAÍZ	1179
INNOVACIONES EN LAS PYMES VS INNOVACIÓN DEL MODELO DE NEGOCIO TRADICIONAL	1187
INTERACCIÓN GENOTIPO-AMBIENTE EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CEBADA EN EL BAJÍO.....	1196
LA SOSTENIBILIDAD EN LA GESTIÓN DE CALIDAD DE UNA EMPRESA HORTÍCOLA	1204
LEGUMINOSAS DE COBERTURA EN PLANTACIONES DE LIMÓN PERSA EN VERACRUZ.....	1215
LINEAS EXPERIMENTALES DE CEBADA MALTERA, CON RESISTENCIA A TIZONES FOLIARES, PARA VALLES ALTOS DE MEXICO	1225
LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y LAS CARACTERÍSTICAS NUTRIMENTALES DE <i>Opuntia Ficus- INDICA</i> (L.) MILL	1234
MANEJO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL TRIGO DURO.....	1244
MEJORAMIENTO DE LA PÉRDIDA DE PESO DE <i>Persea americana</i> LONJAS RECUBIERTO CON <i>Pereskia aculeata</i> Miller.....	1253
MICROBIOTA EN CLADODIOS DE NOPAL VERDURA DEL ESTADO DE MORELOS	1260
MICROMICETOS CULTIVABLES ASOCIADOS A LESIONES ROJIZAS EN CAÑA DE AZUCAR EN GONZÁLEZ, TAMAULIPAS, MÉXICO.....	1269
MODELO PARA IDENTIFICAR EL USO DE SEMILLAS MEJORADAS EN PEQUEÑOS PRODUCTORES DE MAIZ EN HUAMANTLA, TLAXCALA	1280
MONSERRAT (D), NUEVA VARIEDAD DE CEBADA DESNUDA PARA RIEGO EN EL BAJÍO.....	1290
MORTALIDAD DE <i>Tetranychus urticae</i> KOCH CON INSECTICIDAS DE DIFERENTE GRUPO TOXICOLOGICO EN HOJAS DE FRESA.....	1299

MULTIFUNCIONALIDAD PRODUCTIVA EN LA AGRICULTURA FAMILIAR CAMPESINA DE LA HUASTECA POTOSINA, SAN LUIS POTOSÍ	1307
NIVEL DE EFICIENCIA OPERATIVA EN EL TRANSPORTE PÚBLICO RUTA CELAYA-JUVENTINO ROSAS, CELAYA GTO.	1317
OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES Y ENCAPSULACIÓN A PARTIR DE PLANTAS REGIONALES DE LA ZONA MAZAHUA	1327
OBTENCIÓN Y PURIFICACIÓN DE P72: VIRUS DE LA PESTE PORCINA AFRICANA	1336
OPTIMIZACIÓN DE LA COSECHA DE CEBADA	1343
PERCEPCIÓN DE LOS PRODUCTORES DE MAÍZ (<i>Zea mays</i>) SOBRE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS MUNICIPIOS DE IXTLAHUACA Y SAN FELIPE DEL CONGRESO, ESTADO DE MÉXICO	1350
PERLAS DE QUITOSANO CON GLICEROL PARA LA DECLORACIÓN DE SOLUCIONES ACUOSAS	1357
PERSISTENCIA DE LEGUMINOSAS DE COBERTURA EN PLANTACIONES DE NARANJA VALENCIA EN VERACRUZ	1366
PERSPECTIVAS DE LA TEORIA DE LA LOCALIZACIÓN, SUS BIENES Y SERVICIOS COMERCIALES EN MÉXICO.....	1378
POTENCIAL DE ESPECIES DE LEGUMINOSAS COMO MEJORADORAS DE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN REGIONES TROPICALES	1388
POTENCIAL DE HÍBRIDOS DE MAÍZ DE GRANO AMARILLO DURO PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA	1398
PREVALENCIA DE COCCIDIOSIS EN CAPRINOS CRIOLLOS DEL MUNICIPIO DE ALCOZAUCA DE GUERRERO, GUERRERO, MÉXICO	1405
PREVALENCIA DE PARÁSITOS GASTROINTESTINALES EN CAPRINOS CRIOLLOS EN EL MUNICIPIO DE ALCOZAUCA DE GUERRERO.....	1412
PRODUCCIÓN APÍCOLA DE GRUPOS GANADEROS DE GUANAJUATO Y SU APORTACIÓN PARA MEJORAR EL ENTORNO AMBIENTAL	1419

PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS EN UN SISTEMA INTENSIVO ACUAPÓNICO DE RECIRCULACION.....	1429
PRODUCCIÓN DE MÁIZ Y PERCEPCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN PRODUCTORES DE MÁIZ DE HUAMANTLA, TLAXCALA.....	1442
PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE DOS MATERIALES DE JITOMATE UVA EN LA ZONA CENTRO SUR DE CHIHUAHUA	1452
PROPENSIÓN AL RIESGO Y DECISIONES DE PRODUCCIÓN EN PEQUEÑOS PRODUCTORES AGRÍCOLAS.....	1459
RAZA CÓNICO NORTEÑO MAÍCES NATIVOS DE XICHÚ DE GRANO BLANCO Y NEGRO, ESTABLECIDAS EN EL TeCNM-ROQUE	1470
RENDIMIENTO DE LECHUGA ROMANA (<i>Lactuca sativa</i> L.) VARIEDADES ACTIANA Y PATRONA A CAMPO ABIERTO	1481
RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FRUTO DE MELÓN EN RESPUESTA A LA POLINIZACIÓN Y APLICACIÓN DE FITOHORMONAS	1489
RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL FRUTO DE SEIS CULTIVARES DE LITCHI (<i>Litchi chinensis</i> Sonn).....	1498
RESIDUALIDAD DE APLICACIONES FOLIARES DE SILICE EN LA RESISTENCIA DE FRESA A <i>Tetranychus urticae</i> Koch	1509
RESIDUALIDAD DE APLICACIONES FOLIARES DE SILICE EN LA RESISTENCIA DE PEPINO A <i>Tetranychus urticae</i> KOCH.....	1516
RESIDUALIDAD DE SILICE EN LA RESISTENCIA DE MÁIZ A ARAÑA ROJA <i>Tetranychus urticae</i>	1524
RESIDUOS AGRÍCOLAS COMO PRECURSORES DE CARBÓN ACTIVADO: OPTIMIZACIÓN DE CONDICIONES DE PRODUCCIÓN Y ADSORCIÓN DEL COLORANTES PRESENTES EN AGUA.....	1533
RESPUESTA DE CLASES DE TRIGO A DIFERENTES CONDICIONES DE HUMEDAD	1544

RESPUESTA FUNCIONAL DE <i>Chrysoperla carnea</i> STEPHENS SOBRE <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	1553
REVALORIZACIÓN DE CAPULÍN (<i>Prunus serótina</i>) PARA LA OBTENCIÓN DE FITOQUÍMICOS DE INTERÉS ALIMENTARIO	1561
SAFÍN M2024, NUEVA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO PARA SIEMBRAS DE RIEGO EN MÉXICO.....	1572
SELECCIÓN DE CLONES DE HULE (<i>Hevea brasiliensis</i>) PRODUCTIVOS Y PRECOCES EN LA REGIÓN CENTRAL DE VERACRUZ.....	1582
SELECCIÓN DE POBLACIONES NATIVAS DE MAÍZ RAZA PEPITILLA MEDIANTE CARACTERÍSTICAS DE MAZORCA	1594
SINALOMEX-2018 NUEVA VARIEDAD DE GARBANZO DE ALTO RENDIMIENTO PARA LAS REGIONES PRODUCTORAS DE MÉXICO	1604
TÉCNICAS <i>IN VITRO</i> PARA EVALUAR LA FERMENTACIÓN RUMINAL: UN ENFOQUE EN LA DEGRADABILIDAD Y PRODUCCIÓN DE GAS	1611
TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE CHILE EN MICROCUENCAS PLÁSTICAS	1622
TIEMPO DE ACCIÓN DE <i>Beauveria bassiana</i> EN EL CONTROL DE <i>Plutella xylostella</i>	1630
TRANSCRIPTÓMICA DE AJO (<i>Allium sativum</i> L.) PARA LA IDENTIFICACIÓN DE QUINASAS INDUCIDOS POR <i>Streptomyces</i> spp.	1638
TRATAMIENTO PREGERMINATIVO CON LOMBRICOMPOSTA Y <i>Trichoderma</i> sp EN SEMILLA DE GARBANZO	1650
TRATAMIENTO PREGERMINATIVO DE <i>Trichoderma</i> sp Y ALGAS MARINAS EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE GARBANZO.....	1660
<i>Trichoderma</i> spp. Y MECANISMOS DE DEFENSA SOBRE EL DESARROLLO DE <i>Fusarium oxysporum</i> Y <i>Botrytis cinerea</i>	1668
USO DEL EXTRACTO DE <i>Argemone mexicana</i> PARA EL MANEJO DE PULGÓN Y SU IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL CHILE SERRANO.....	1679

USO DE EXTRACTOS VEGETALES PARA EL BIOCONTROL DEL GUSANO COGOLLERO DEL MAÍZ Y SU POSIBLE EFECTO PROMOTOR DEL DESARROLLO.....	1687
VARIACIÓN MORFOLÓGICA EN LÍNEAS AVANZADAS DE AJO (<i>Allium sativum</i> L)	1697
VISIÓN ARTIFICIAL: INSPECCIÓN DE FRUTO DE NARANJA EN FRESCO EN EL ESTADO DE VERACRUZ.....	1706
ZONAS DE RIESGO DE AFECTACIÓN POR EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA ÁREAS PRODUCTORAS DE MAÍZ EN EL ESTADO DE MÉXICO.	1718
RESUMEN CORTO	1727
ADAPTACIÓN Y REPRODUCCIÓN DE ESPECIES LOCALES SILVESTRES EN CONDICIONES SEMICONTROLADAS EN EL TECNOLÓGICO CAMPUS PURUÁNDERO	1728
ASLAMIENTO DE ACTINOBACTERIAS CON POTENCIAL ANTAGÓNICO Y PRODUCCIÓN DE SUSTANCIAS BIOACTIVAS.....	1729
ALCANCE DEL PROGRAMA SEMBRANDO VIDA EN TRES EJIDOS DEL SUR DE VERACRUZ.....	1730
ANÁLISIS DEL CONCEPTO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN PRODUCTORES DE ZONA DE MAÍZ DEL CENTRO DE VERACRUZ	1731
APLICACIÓN DE UNA FORMULACIÓN DE HUMATOS DE POTASIO EN VERTISOLES COMO MEJORADOR/RESTAURADOR EN SUELOS DEGRADADOS.....	1732
APROVECHAMIENTO DEL DESECHO DE JENGIBRE DE EXPORTACIÓN PARA DAR VALOR AGREGADO	1733
APTITUD EDAFICA DEL ESTADO DE CHIAPAS PARA EL PASTO CLON CUBA CT 115 (<i>Cenchrus purpureus</i> S.)	1734
ASIMILACIÓN DE NITRÓGENO EN TRITICALE MEDIANTE EL USO INTEGRADO DE FERTILIZANTES (¹⁵ N), ABONOS ORGÁNICOS Y BIOFERTILIZANTES ..	1735

BIOFERTILIZANTES EN EL RENDIMIENTO Y DESARROLLO DE VARIEDADES DE CHILE TIPO CALOROS	1736
CALIDAD DE SEMILLA DE MAÍZ TRATADA CON CALDOS MINERALES	1737
CALIDAD FISIOLÓGICA MEDIANTE DIFERENTE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN SEMILLAS DE MAÍCES NATIVOS EN SONORA	1738
CAPTURA DE CARBONO EN PALMA ACEITERA (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) EN LA SIERRA DE TABASCO, MÉXICO	1739
CARACTERES AGRONÓMICOS Y DE RENDIMIENTO EN GENOTIPOS DE TRIGO PARA EL BAJÍO DE GUANAJUATO	1740
CARACTERES CUANTITATIVOS Y CUALITATIVOS EN DIFERENTES RAZAS DE MAICES NATIVOS DE COLOR (<i>Zea mays</i> L.)	1741
CARACTERIZACION AGRONOMICA DE LA VARIEDAD DE MAIZ ROQUE 2015	1742
CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL, SOCIAL Y CULTURAL DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA PARQUE ESTATAL CAÑÓN DE FERNÁNDEZ Y SUS IMPLICACIONES PARA EL DESARROLLO TURÍSTICO	1743
CARACTERIZACIÓN DE DOS GENOTIPOS DE HIGUERILLA EN TEMPORAL	1744
CARACTERIZACION DE PATRONES DE HORDEINAS EN CINCO VARIEDADES DE SEMILLA DE CEBADA MALTERA.....	1745
CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL Y MORFOLÓGICA DE POLISACÁRIDOS DE HABA (<i>Vicia faba</i>), ARROZ (<i>Oryza sativa</i>), TRIGO (<i>Triticum</i>) Y GARBANZO (<i>Cicer arietinum</i> L)	1746
COMPARATIVA DE ÍNDICES DE VEGETACIÓN DEL ESPECTRO RGB APLICADOS A LA ESTIMACIÓN DE VARIABLES AGRONÓMICAS	1747
COMPATIBILIDAD E HIBRIDACIÓN DE LÍNEAS EXPERIMENTALES DE CHILE PIMIENTO MORRÓN BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO	1748
COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN SEMILLA DE MAICES NATIVOS ...	1749

COMPONENTES DE RENDIMIENTO Y CALIDAD DE SEMILLA DE LA VARIEDAD ROQUE 2015	1750
CONSERVACIÓN DEL VIGOR Y POTENCIAL DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE ARÁNDANO (<i>Vaccinium corymbosum</i>).....	1751
CONTENIDO MINERAL Y RENDIMIENTO EN PLANTAS DE TOMATE INOCULADO CON RIZOBACTERIAS Y NANOPARTICULAS DE PLATA.....	1752
CONTRIBUCIÓN DE <i>Streptomyces</i> COMO FIJADOR DE NITRÓGENO PARA LA SOSTENIBILIDAD AGRÍCOLA	1753
CONTROL DE MALEZA EN EL CULTIVO DE <i>Agave tequilana</i>	1754
CONTROL DE MALEZA EN HUERTAS DE AGUACATE	1755
CRECIMIENTO DE PLÁNTULA DE TOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i>) EN RESIDUO DE AGAVE COMO SUSTRATO	1756
CUANTIFICACIÓN DE PROLAMINAS DE SEIS GENOTIPOS DE SEMILLA DE CEBADA MALTERA (<i>Hordeum vulgare</i> L.) EN CUATRO NIVELES DE NITRÓGENO	1757
CULTIVO DE PITAHAYA ROJA (<i>Hylocereus undatus</i> Haworth, Britton & Rose) EN EL CENTRO-SUR DE QUINTANA ROO, MÉXICO	1758
CURVA DE EMERGENCIA DE PIMIENTA GORDA (<i>Pimenta dioica</i>)	1759
DAÑO POR HONGOS EN MAZORCA DE CULTIVARES DE MAIZ EN RIO BRAVO, TAMAULIPAS.....	1760
DENSIDAD DE POBLACION Y MANEJO DE SOLUCION NUTRITIVA EN LA PRODUCCION DE JITOMATE EN MACROTUNEL	1761
DESPERDICIOS DE HORTALIZAS EN LA COMERCIALIZACIÓN EN ORGANOPÓNICOS DE SANCTI SPÍRITUS	1762
DETERMINACIÓN DE ASOCIACIÓN FÚNGICAS CON PLANTAS ENGROSADAS Y SANAS DE NOPAL MEDIANTE SECUENCIACIÓN MASIVA.....	1763
EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE ACEITES ESENCIALES PARA EL CONTROL DE <i>Plutella xylostella</i> L.....	1764

EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE HERBICIDAS VIGENTES Y CADUCOS EN EL CULTIVO DE TRITICALE.....	1765
EFFECTO DE LA CONFIGURACIÓN DE PLANTACIÓN EN EL RENDIMIENTO DE LECHUGA AL SUROESTE DE GUANAJUATO.....	1766
Efecto de la inoculación con cepas de <i>Trichoderma harzianum</i> en la germinación de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	1767
EFFECTO DE LA PRECIPITACIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DE CATIONES INTERCAMBIABLES EN UN SUELO TROPICAL EN SAN JOSÉ PUYACATENGO, TEAPA, MÉXICO	1768
EFFECTO DE UN BIOPRODUCTO Y EL TIEMPO DE INMERSIÓN EN AGUA EN LA GERMINACIÓN DEL FRIJOL	1769
EFFECTO DEL ENSILADO DE ARVENSES SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN BOVINOS HOLSTEIN EN CRECIMIENTO	1770
EFFECTO DEL SILICIO SOBRE EL TRANSPORTE DE K ⁺ EN RAÍCES DE CEBADA BAJO ESTRÉS SALINO	1771
EFFECTO DEL SILICIO SOBRE LA GERMINACIÓN DE CEBADA (<i>Hordeum vulgare</i>) EN CONDICIONES SALINAS	1772
EFFECTOS DEL VIUSID AGRO EN LA RESPUESTA MORFOLÓGICA Y PRODUCTIVA DE LA LECHUGA	1773
EFFECTOS DEL VIUSID AGRO® EN EL MANEJO DE <i>MELOIDOGYNE</i> SSP EN LA ZANAHORIA	1774
EFICIENCIA ANTAGÓNICA <i>in vitro</i> DE RHIZOBACTERIAS DE <i>Parkinsonia aculeata</i> SOBRE CEPAS DE <i>Fusarium</i> sp. AISLADAS DE MAÍCES CRIOLLOS DE CELAYA GUANAJUATO.....	1775
EL CARBÓN LIGNITO EN MEZCLAS FÍSICAS DE FERTILIZANTES PARA INCREMENTAR SU EFICIENCIA.....	1776
ENZIMAS EXÓGENAS DE <i>Pleurotus ostreatus</i> y RIZOBACTERIAS EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE ESPECIES ARBÓREAS.....	1777

ESTABLECIMIENTO DE UN MÉTODO PARA LA REPRODUCCIÓN <i>IN VITRO</i> DE ESPECIES SILVESTRES LOCALES EN PURUÁNDO	1778
ESTABLECIMIENTO <i>IN VITRO</i> DE <i>Vaccinium</i> spp. (BILOXI): DOS PROTOCOLOS DE DESINFECCIÓN Y EVALUACIÓN DE AUXINAS	1779
ESTIMACIÓN DE BIOMASA AÉREA DE UNA PLANTACIÓN DE ÁRBOLES DE HULE, MEDIANTE IMÁGENES DE DRON	1780
ESTUDIO DE LA FENOLOGÍA DE LIMÓN PERSA (<i>CITRUS LATIFOLIA</i>) EN VALLE DE SANTIAGO, GUANAJUATO, MÉXICO	1781
ESTUDIO DE LA FENOLOGÍA DE LOS ÁRBOLES DE AGUACATE 'HASS' EN VALLE DE SANTIAGO, GUANAJUATO, MÉXICO	1782
EVALUACIÓN DE CHILE CHILTEPÍN SILVESTRE (<i>Capsicum annuum</i> L. var. <i>glabriusculum</i>) BAJO NUTRICIÓN ORGÁNICA	1783
EVALUACIÓN DE TRES GENOTIPOS DE MAIZ BAJO CONDICIONES ADVERSAS EN EL NORTE DE TAMAULIPAS	1784
EVALUACION DE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLA DE JICAMA (<i>Pachyrhizus erosus</i> L.)	1786
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLA EN LÍNEAS ENDOGÁMICAS DE MAÍZ PROVENIENTES DE TRES AMBIENTES DE PRODUCCION	1787
EVALUACIÓN DE LA FECHA DE SIEMBRA EN LA CALIDAD DE SEMILLA EN GENOTIPOS DE MAÍZ	1788
EVALUACIÓN DE LOS MECANISMOS TEMPRANOS DE DEFENSA INDUCIDOS POR LOS FILTRADOS DE <i>Trichoderma virens</i> Y <i>Trichoderma atroviride</i> CONTRA <i>Alternaria solani</i> EN <i>Solanum lycopersicum</i>	1789
EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO DE LA VARIEDAD DE CILANTRO INI-17	1790
EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN GENOTIPOS DE MAÍZ	1791

EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE LÍNEAS MUTANTES DE CEBADA DE TERCERA GENERACIÓN	1792
EVALUACIÓN TEMPRANA DE BROTES DE CANELA (<i>Cinnamomum zeylanicum</i> J. Presl) DE UNA PLANTACIÓN COMERCIAL.....	1793
EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE ROMERO (<i>Salvia</i> <i>Rosmarinus</i>) Y VAPORUB (<i>Plectranthus Coleoides</i> c.v. <i>Mintleaf</i>	1794
FACTORES AL PERIPARTO Y MORTALIDAD AL PRIMER MES DE VIDA DE CORDEROS PELIBUEY	1795
FENOLOGÍA Y FERTILIZACIÓN DE LA FRAMBUESA “AUTUMN BLIS” EN HIDROPONIA AL SUROESTE DE GUANAJUATO	1796
FERTILIZACION DE CHILE SERRANO PRODUCIDO EN SUSTRATO EN MALLA SOMBRA.....	1797
GERMINACIÓN DE UNA LINEA EXPERIMENTAL DE FRESA (<i>Fragaria x ananassa</i>).....	1798
HACE 12 AÑOS LOS PRODUCTORES AGRÍCOLAS PREFERÍAN NO USAR BIOFERTILIZANTES.....	1799
HISTORIA DE LA AGRICULTURA FAMILIAR EN TEXCOCO ESTADO DE MÉXICO	1800
HONGOS ENDÓFITOS EN SEMILLAS DE MAÍZ.....	1801
IDENTIFICACIÓN DE GENOTIPOS DE FRIJOL TOLERANTES A SEQUÍA MEDIANTE IMÁGENES RGB OBTENIDAS CON DRON	1802
IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE GENOTIPOS DE CEBOLLA TOLERANTES AL ESTRÉS HÍDRICO	1803
IMPORTANCIA DE FERTILIZAR CON MICRO Y MACRO NUTRIENTES EL FRIJOL DE TEMPORAL	1804
IMPORTANCIA ECONÓMICA DE FERTILIZAR CON MICRO Y MACRO NUTRIENTES EL FRIJOL DE TEMPORAL	1805

INCIDENCIA DE <i>ASPERGILLUS</i> SPP. EN MAÍZ BLANCO, EN MUNICIPIOS DE TAMAULIPAS.....	1806
INCIDENCIA DE FUMONISINAS EN MAÍZ BLANCO, EN MUNICIPIOS DE TAMAULIPAS.....	1807
INCIDENCIA, IDENTIFICACIÓN Y BIOCONTROL DE FITOPATÓGENOS ASOCIADOS A MARCHITEZ DEL FRIJOL EN NUEVO LEÓN	1808
INVENTARIO FORESTAL EN UN BOSQUE PLANTADO DE <i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg., MEDIANTE TECNOLOGÍA LIDAR MÓVIL.....	1809
MANEJO DE LA FERTILIZACION EN LA PRODUCCION DE TOMATE DE ESPECIALIDAD EN SUELO EN INVERNADERO	1810
METABOLITOS SECUNDARIOS DE <i>Fusarium spp.</i> PARA EL CONTROL DE MALEZA.....	1811
MÉTODOS DE SIEMBRA DE FRIJOL DE TEMPORAL EN TLAXCALA	1812
PATOGENICIDAD Y CONSUMO DEL HONGO HUITLACOCHÉ (<i>Ustilago maydis</i>) EN MAÍCES MEDIANTE EL MÉTODO DE INOCULACIÓN ARTIFICIAL EN EL VALLE DEL YAQUI.....	1813
PERFIL BACTERIANO DE PLANTAS ENGROSADAS Y SANAS DE <i>OPUNTIA FICUS-INDICA</i> DETERMINADO MEDIANTE ANÁLISIS METAGENÓMICO....	1814
POTENCIAL ANTAGÓNICO DE ACTINOBACTERIAS SOBRE <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	1815
PRIMER REPORTE DE ESPECIES DE <i>ASCHERSONIA</i> EN EL ESTADO DE TABASCO MICOSANDO <i>Aleurocanthus woglumi</i>	1816
PRIMER REPORTE DEL ESTADO SEXUAL DE <i>Colletotrichum karstii</i> EN <i>Musa sp.</i>	1817
PRODUCCIÓN DE CHILE CHILACA EN EL ESTADO DE TLAXCALA.....	1818
PRODUCCIÓN DE TOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i>) CON LA APLICACIÓN DE SOLUCIÓN STEINER Y FERTILIZACIÓN FOLIAR	1819

PRODUCCIÓN DE UN BIOPOLIMERO CON LIGNINA INSOLUBLE DE CÁSCARA DE NUEZ.....	1820
PROMOCIÓN DEL CRECIMIENTO DE LECHUGA BABY EN HIDROPONÍA CON <i>Bacillus</i> Y <i>Trichoderma</i>	1821
RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES EDAFOCLIMÁTICAS EN LOS CULTIVOS.....	1822
RESISTENCIA A <i>Fusarium solani</i> Y <i>Sclerotium rolfsii</i> EN LÍNEAS DE FRIJOL PINTO RARÁMURI POR CARIOCA	1823
RUPTURA DE DORMANCIA DE SEMILLAS DE <i>Avena Fatua</i>	1824
SALES MINERALES COMO ALTERNATIVAS PARA CONTROL DE <i>Podosphaera xanthii</i> (CASTAGNE) U. BRAUN EN CALABAZA	1825
SELECCIÓN PRELIMINAR DE HÍBRIDOS DE MAÍZ F1 PARA SUELOS SALINOS EN EL VALLE DEL YAQUI, MÉXICO.....	1826
SEMILLA DE MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.) UTILIZADA EN DOS MUNICIPIOS DE TLAXCALA, FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	1827
TRASFERENCIA DE TECNOLOGIA PARA DISMINUIR LA EMISION DE GEI POR LA PORCICULTURA.....	1828
USO DE FITORREGULADORES PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL TRIGO HARINERO	1829
USO DE FITORREGULADORES PARA REDUCIR LA PRESENCIA DE PANZA BLANCA EN TRIGO DURO	1830
USO DE INOCULANTES MICROBIANOS Y BIOFERTILIZANTES EN LA PRODUCCIÓN DE AJO <i>ALLIUM SATIVUM</i> L.	1831
VALIDACIÓN DE DOSIS MÍNIMAS DE INSECTICIDAS PARA EL CONTROL DEL PSÍLIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS	1832
VALIDACIÓN DE LA CEPA M35 DE <i>Streptomyces</i> sp. PARA INHIBIR GERMINACIÓN DE ESPORAS DE <i>Fusarium oxysporum</i>	1833

VALORACIÓN MORFOLÓGICA DE LÍNEAS DE JITOMATE (<i>Solanum Lycopersicum</i> L.).....	1834
ZONIFICACIÓN TURÍSTICA DEL CAÑÓN DE FERNÁNDEZ PARA IDENTIFICAR ÁREAS POTENCIALES A TRAVÉS DE ANÁLISIS ESPACIAL CON HERRAMIENTAS SIG.....	1835

RESUMEN EXTENSO

ACEPTACIÓN SENSORIAL DE GALLETAS CON OLEOGEL DE ACEITE DE OLIVA COMO REEMPLAZO DE GRASA PARA MEJORAR SU PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS

Perla Yazmin Leyva Perez¹, Itzel Meza Zavala¹, Margarita Martínez García¹, Ana Laura Reyes Robles¹, Andrés Alejandro Damián Reyna¹

¹Instituto Tecnológico Superior de Puruándiro, Carretera Puruándiro Galeana Km 4.3, 58532 Puruándiro, Mich. margarita.martinez@puruandiro.tecnm.mx

RESUMEN

Las grasas en los alimentos ultraprocesados pueden causar enfermedades cardiovasculares. Por este motivo es de vital importancia que la industria alimentaria busque alternativas para mejorar las formulaciones de alimentos ultra procesados de alto consumo, para que estos sean más saludables. Una alternativa para reemplazar este tipo de grasas en los alimentos, son los oleogeles. Estos oleogeles se elaboran utilizando monoglicéridos, algunos tipos de celulosas y gomas como agentes estructurantes y aceites vegetales. En el presente trabajo, se utilizó cera de candelilla como agente estructurante (un monoglicérido) y aceite de oliva para la obtención del oleogel. Se ensayaron 3 formulaciones de reemplazo de grasa de cerdo (20, 50 y 100%) por oleogel de aceite de oliva, más un control con mantequilla. Posteriormente, se aplicó una prueba de preferencia pareada y una escala hedónica verbal de 5 puntos a un panel sensorial de 21 jueces consumidores de galletas para evaluar la preferencia y el nivel de aceptación. Los resultados de las pruebas sensoriales, se analizaron estadísticamente mediante un análisis ANOVA y posteriormente una prueba LSD. Se encontró que la formulación con 50% de oleogel de aceite de oliva es la que tiene un porcentaje mayor de aceptación y calificación con respecto a las otras formulaciones por parte de los jueces sensoriales. Con base a los resultados obtenidos, el reemplazo de las grasas TRANS y saturadas en los productos alimenticios de gran consumo, en este caso las galletas tienen un gran potencial para ofrecer a los consumidores productos más sanos. El objetivo del presente trabajo, fue evaluar la aceptación de galletas de

oleogel de aceite de oliva frente a las galletas elaboradas de forma convencional con mantequilla comercial.

Palabras clave: *Oleogel, grasas TRANS, grasas saturadas*

ABSTRACT

The fats in ultra-processed foods can cause cardiovascular diseases. For this reason, it is vitally important that the food industry looks for alternatives to improve the formulations of highly consumed ultra-processed foods, so that they are healthier. An alternative to replace this type of fats in foods are oleogels. These oleogels are made using monoglycerides, some types of cellulose and gums as structuring agents, and vegetable oils. In the present work, candelilla wax was used as a structuring agent (a monoglyceride) and olive oil to obtain the oleogel. Three formulations were tested to replace pork fat (20, 50 and 100%) with olive oil oleogel, plus a control with butter. Subsequently, a paired preference test and a 5-point verbal hedonic scale were applied to a sensory panel of 21 cookie-consuming judges to evaluate preference and level of acceptance. The results of the sensory tests were statistically analyzed using an ANOVA analysis and subsequently an LSD test. It was found that the formulation with 50% olive oil oleogel is the one that has a higher percentage of acceptance and rating with respect to the other formulations by the sensory judges. Based on the results obtained, the replacement of TRANS and saturated fats in widely consumed food products, in this case cookies, has great potential to offer consumers healthier products. The objective of this work was to evaluate the acceptance of olive oil oleogel cookies compared to cookies made conventionally with commercial butter.

Keywords: *Oleogel, TRANS fats, saturated fats*

INTRODUCCIÓN

Las grasas añadidas en alimentos, pueden aumentar el riesgo de ataques cardíacos, accidentes cerebrovasculares y diabetes tipo 2 (Pruthi, 2022). Entre las causas de estas enfermedades, se encuentra el consumo de alimentos ultraprocesados (Fonseca *et al.*, 2019). Por lo anterior, es necesario que la industria

alimentaria busque soluciones novedosas que contribuyan a reducir la presencia de estas grasas como ingredientes, una de ellas es los oleogeles u organogeles.

En los últimos años se han desarrollado y aplicado oleogeles a diversos productos de alto consumo. En 2020 Giacomozzi y colaboradores, formularon madalenas a las cuales se les reemplazó la grasa comercial usada en la receta tradicional por oleogel de aceite de girasol de alto oleico y Myverol 18-50 XL PL (una mezcla comercial de monoglicéridos) como agente estructurante. Compararon las propiedades fisicoquímicas como color, textura y retención de aceite con la receta tradicional (control), no encontraron diferencias estadísticamente significativas, aunado a esto la miga obtenida en las formulaciones con oleogel, resultó ser más fina lo que se traduce en mayor cohesividad. Además, evaluaron la aceptabilidad sensorial, donde los productos formulados con oleogel resultaron tener una mayor aceptación.(Giacomozzi, 2020). En 2016 Hwang y colaboradores sustituyeron la margarina comercial de las galletas por oleogeles de aceites vegetales y diferentes tipos de ceras. Encontraron que las galletas elaboradas con oleogeles no contienen grasas TRANS y menos grasas saturadas que las de margarina convencional. Sin embargo, la dureza y fracturabilidad de las galletas no se vieron afectadas y presentaron propiedades similares a las hechas con margarina convencional (Hwang *et al.*, 2016). De forma similar se han aplicado en productos cárnicos, como las salchichas. Ferrer González en 2017 elaboró un producto cárnico tipo salchicha utilizando oleogel de aceite de soya como reemplazo de grasa animal y tres tipos de celulosas como agente estructurante, determinó parámetros como textura instrumental, color, sabor y aceptación general, porcentaje de grasa y perfil de ácidos grasos. Encontró que estos parámetros no se modifican respecto a la formulación original con grasa animal. Respecto al perfil de ácidos grasos, se determinó que las muestras que contienen oleogel, contienen mayor cantidad de grasas poliinsaturadas(Ferrer González, 2017).

MATERIALES Y MÉTODOS

Formulación del oleogel de aceite de oliva

El oleogel se preparó empleando cera de candelilla (HEBBE CRSN7 1VTL1) como agente estructurante y aceite de oliva (Great value), con agitación a 200 rpm y calentamiento a 140 °C por 20 min, con ayuda de una placa calefactora con control de temperatura y agitación magnética (Ferrer González, 2017).

Preparación de las galletas

Para la elaboración de las galletas se utilizó mantequilla sin sal comercial, harina para repostería, azúcar estándar, huevo, esencia de vainilla, sal y agua purificada. Los ingredientes se mezclaron en una batidora industrial durante 3min. Una vez incorporados todos los ingredientes, la masa se extendió sobre una bandeja de aluminio con un espesor de 5mm con ayuda de un rodillo para panadería y se cortó con un cortador de galletas redondo de 4cm de diámetro. Esta formulación con 100% de mantequilla comercial, se considera como el control. Posteriormente se hornearon a 120°C por 10min en un horno industrial. Las galletas se almacenaron en un recipiente plástico, cerrado hasta su análisis(Hwang *et al.*, 2016).

Para las galletas con oleogel de aceite de oliva, se reemplazó un porcentaje de la mantequilla comercial con 20, 50 y 100% de oleogel. Obteniendo así tres formulaciones.

Diseño de experimentos

Se utilizó un diseño factorial completo con un factor que fue el tipo de grasa (mantequilla comercial u oleogel de aceite de oliva), tres niveles, que fueron los porcentajes de reemplazo de mantequilla por oleogel de aceite de oliva 20, 50 y 100% y la formulación de 100% mantequilla como control (Ferrer González, 2017), para un total de cuatro tratamientos o formulaciones. Como variables respuesta se midieron la preferencia y el grado de aceptación.

Evaluación sensorial

Para garantizar la aceptabilidad de las galletas, se aplicó una prueba de preferencia pareada y una escala hedónica verbal de cinco puntos, que va desde me disgusta mucho, hasta me gusta mucho. Se trabajó con un panel sensorial de 21 jueces consumidores no entrenados que declararon ser consumidores recurrentes de galletas, con un rango de edades entre 21 a 41 años, entre hombres y mujeres, pertenecientes a los estudiantes y trabajadores del Instituto Tecnológico Superior de Puruándiro. En estas pruebas, se evaluó la preferencia de los tres porcentajes de reemplazo respecto al control y el nivel de preferencia de las tres formulaciones (20, 50 y 100% de reemplazo).

Análisis estadístico

Se aplicó un análisis de varianza unidireccional (ANOVA) para estudiar los efectos de la grasa en la aceptabilidad por parte de los jueces sensoriales. Las diferencias mínimas significativas (LSD) fueron se calcularon mediante la prueba de Fisher y la significancia se determinó en $p < 0,05$ (Bascuas Véntola, 2021) .

significativas entre las formulaciones un análisis estadístico de dos colas (Hernández, 2005). Se utilizó el software estadístico Statgraphics 19 y una prueba binomial de dos extremos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la prueba de preferencia pareada, se encontró que no hay diferencia entre los tres porcentajes de reemplazo (20, 50 y 100%) de acuerdo con la prueba binomial de dos extremos.

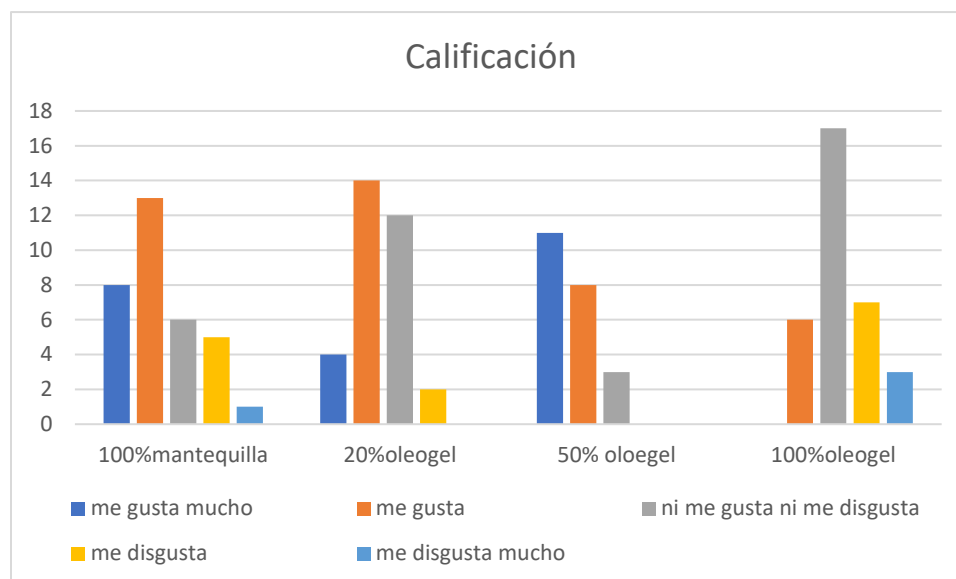


Gráfico 1. Calificaciones de cada una de las formulaciones en la escala hedónica verbal. Fuente: Elaboración propia

En la escala hedónica verbal, como se observa en el gráfico 1, hay un menor nivel de aceptación para la formulación con 100% oleogel de aceite de oliva, sin embargo, para las formulaciones de 20 y 50% de reemplazo, no hay diferencias estadísticamente significativas en comparación con el control, de acuerdo con la prueba LSD con un 95% de confiabilidad. Lo que indica que, se puede reemplazar la mantequilla por oleogel de aceite de oliva hasta en un 50% sí que la aceptación se vea afectada. Además, de acuerdo con los comentarios realizados por los jueces, no se observó una diferencia respecto a la textura, este resultado es congruente con lo que menciona Hwang y colaboradores en 2016, donde realizaron la medición de la textura instrumental y encontraron que sus propiedades con comparables a las galletas con margarina comercial (Hwang et al., 2016). De igual manera Tarancón Serrano (2013) menciona que no hay diferencia respecto a la textura de las galletas con oleogel contra las galletas con mantequilla (Tarancón Serrano et al., 2013). También Bascuas Véntola (2021) reporta que la textura de las madalenas con oleogel es incluso mejor que la formulación original con mantequilla comercial, debido a que la cohesión de la miga es mayor con oleogel (Bascuas Véntola, 2021).

CONCLUSIONES

Es posible reemplazar hasta en un 50% la mantequilla comercial en las galletas, sin que la aceptación por parte de los consumidores se vea afectada.

Esto indica que la tecnología de oleogeles podría utilizarse para reemplazar las grasas saturadas y TRANS en productos alimenticios de alto consumo y hacerlos más saludables al aportar ácidos grasos como el oleico y linoleico provenientes del aceite de oliva utilizado en este estudio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior de Puruándiro por brindar sus instalaciones para el desarrollo del presente proyecto.

LITERATURA CITADA

- Bascuas Véntola, M. S. (2021). *Estructuración de aceites mediante el uso de hidrocoloides para sustituir grasas plásticas en los alimentos*. 281.
- Ferrer González, M. B. (2017). *Textura y aceptación de salchichas cocidas utilizando un oleogel o manteca de semilla de calabaza como reemplazo de grasa*. November, 50.
- Fonseca, E. A., Ángeles, A., & Jiménez, F. (2019). *Desentrañando el síndrome metabólico*.
- Giacomozzi, A. S. (2020). *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR*.
- Hernandez, E. (2005). *EVALUACION SENSORIAL*.
- Hwang, H. S., Singh, M., & Lee, S. (2016). Properties of Cookies Made with Natural Wax-Vegetable Oil Organogels. *Journal of Food Science*, 81(5), C1045–C1054. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13279>

Pruthi, S. (2022). *Las grasas trans representan un doble problema para la salud cardíaca*. Clinica Mayo. <https://www.mayoclinic.org/es/about-this-site/meet-our-medical-editors>

Tarancón Serrano, P., & Ana Salvador Alcaraz Dra Teresa Sanz Taberner Dra Amparo Tárrega Guillem Valencia, D. (n.d.). *INSTITUTO DE AGROQUÍMICA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS*.

ACTIVADORES FISIOLÓGICOS EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO DE PLANTAS DE PEPINO

Leonardo M. Tovar Pacheco¹, Luis P. Guevara Acevedo^{2§}, Francisco Jiménez Figueroa¹, Paulino Vega Rodríguez², Daniel Rodríguez Mercado², Laura Copul Moreno²

¹Estudiante de ingeniería en agronomía TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ² TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. [§]Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

En esta investigación se evaluó el efecto de aplicaciones foliares de ácido succínico y algas marinas en parámetros de crecimiento de plantas de pepino. El experimento se realizó en el TecNM Roque y para ello se trasplantaron plántulas de pepino de la variedad Fuzeta® (Bejo) en bolsas de plástico de 25x37 cm con una planta por bolsa. A los 10 días después del trasplante (ddt) fueron aplicados los tratamientos con un diseño experimental a bloques completamente al azar con 3 bloques y 3 tratamientos de ácido succínico (MEYER®), algas marinas (NG-PLUS®), su combinación y un testigo comercial FertiPlus. Las variables evaluadas fueron altura de plantas (cm), diámetro de tallos (mm), número de hojas (NH) y unidades SPAD de clorofila se dieron inicio a los 17 ddt. Los resultados de cada una de las variables antes mencionadas fueron evaluados en el programa SAS para Windows ver 9.4 (SAS, 2002) donde en los resultados se observa que el tratamiento del ácido succínico a dosis de 100 ppm L⁻¹ y la combinación de ácido succínico + algas marinas a dosis de 100 ppm + 5 mL L⁻¹ presentaron los mayores valores para las variables evaluadas.

Palabras clave: *Algas marinas, ácido succínico, bioestimulante, unidades SPAD de clorofila, numero de hojas.*

ABSTRACT

This research evaluated the effect of foliar applications of succinic acid and seaweed on growth parameters of cucumber plants. The experiment was carried out at TecnMN Roque and cucumber seedlings of the Fuzeta® (Bejo) variety were transplanted in 25x37 cm plastic bags with one plant per bag. At 10 days after transplanting (ddt), the treatments were applied in a completely randomized block experimental design with 3 blocks and 3 treatments of succinic acid (MEYER®), marine algae (NG-PLUS®), their combination and a commercial control FertiPlus. The variables evaluated were plant height (cm), stem diameter (mm), number of leaves (NH) and SPAD chlorophyll units at 17 ddt. The results of each of the aforementioned variables were evaluated in the SAS program for Windows ver 9.4 (SAS, 2002) where the results show that the succinic acid treatment at a dose of 100 ppm L⁻¹ and the combination of succinic acid + seaweed at a dose of 100 ppm+5 mL L⁻¹ presented the highest values for the variables evaluated.

Keywords. Seaweed, succinic acid, biostimulant, chlorophyll SPAD units, number of leaves, number of leaves

INTRODUCCIÓN

El pepino es una de las hortalizas más cultivadas y consumidas en todo el mundo, hoy en día se puede producir durante todo el año gracias a los cultivos en invernadero (SADR, 2023). México es el segundo mayor exportador de pepino a nivel mundial, con un 22.1% del comercio global, superado solo por España, que aporta el 27.1% de las exportaciones mundiales (OEC, 2020). Los estados de Sinaloa, Sonora, Morelos y Michoacán en conjunto representan el 60.3% de la producción total de pepino (SIAP, 2020), además tan solo en 2021 en México se cultivaron 15,897.36 ha del cual se obtuvo un rendimiento de producción total de 1,159,933.69 ton de manera general (campo abierto, malla sombra, macro túneles e invernaderos) siendo el campo abierto quien se llevó la mayor producción con 11,352.58 ha mientras que en invernadero solo se produjeron 1,416.76 ha (Saicon-ng, 2021).

Un problema en la producción de pepino ha sido la fertilización, debido a fracasos en su aplicación por un manejo inadecuado o dosis insuficientes que no permiten a las plantas alcanzar su máximo potencial agronómico, por esta razón, se buscan distintas opciones para incrementar la producción, entre las cuales se incluyen los activadores fisiológicos, desestresantes y potenciadores del rendimiento (Hidalgo, 2020), entre estos activadores se encuentra el ácido succínico que es un estimulante que mejora la calidad del suelo y acelera el crecimiento de las plantas. También se utiliza para remojar semillas y esquejes, facilitando el desarrollo de raíces. Además, contribuye a que las plantas soporten mejor las bajas temperaturas y la falta de humedad, y fortalece su resistencia a virus y hongos. La eficacia dependerá del método de aplicación, lo que puede resultar en una maduración más rápida de los frutos (Land, 2020), otro bioestimulante es el extracto de algas marinas que ayuda a las plantas a producir sus propias hormonas, a absorber y transportar nutrientes del suelo. Sus beneficios incluyen un mayor crecimiento, rápida germinación de semillas, retraso en el envejecimiento, mayor resistencia a enfermedades y mejor adaptación a condiciones de estrés (Intagri, 2016). Es por ello que el objetivo de la investigación fue, evaluar el efecto de aplicaciones foliares de ácido succínico, algas marinas y su combinación en parámetros agronómicos del cultivo de pepino bajo condiciones de túnel.

MATERIALES Y METODOS

Este experimento se realizó en un túnel y en el laboratorio de Fitosanidad del Tecnológico Nacional de México campus Roque, en donde se trasplantaron plántulas de pepino (*Cucumis sativus*) variedad Fuzeta® (Bejo) en bolsas de plástico de 25x37cm las cuales fueron rellenas con una mezcla de tierra lama, arena y tezontle en una proporción 1:1:1. Posteriormente se regaron las bolsas con 500 mL de agua, inmediatamente se realizó el transplante, y se siguió regando diariamente a capacidad de campo con un promedio de 500 mL por bolsa.

La fertilización del cultivo se inició a los 8 días después del trasplante (ddt) se aplicó 2 g L⁻¹ de nitrato de calcio CALCINIT® (YaraTera) aplicando 1.0 L por bolsa, a los 11 y 19 ddt se duplico la dosis de nitrato de calcio, además de que a los 11 ddt se

aplicó 5 mL L⁻¹ de imidacloprid Muralla Max[®] (Bayer) aplicando 0.5 L por bolsa vía drench para el control de mosquita blanca *Trialeurodes vaporariorum*. A los 12 y 20 ddt se aplicó 2 mL L⁻¹ de H₂SO₄, mientras que a los 13 y 21 ddt se aplicaron 2 mL L⁻¹ de extracto de yuca, los 15 y 23 ddt se fertilizo con 4 g L⁻¹ de YaraTera CALCINIT[®] (Nitrato de Calcio) 1 L por bolsa y estos mismos días se aplicó 2 mL de H₂SO₄ L⁻¹. Se siguió fertilizando a los 24 y 27 ddt con 2 g L⁻¹ de YaraTera CALCINIT[®] (Nitrato de Calcio) 1L por bolsa y a los 31 ddt se dio inicio del tutorio de las plantas y este mismo día se aumentó la dosis a 3g L⁻¹ de YaraTera CALCINIT[®] (Nitrato de Calcio) fertilizando con esta dosis los 35, 39, 42, 46, 49 y 53 ddt. Antes de cada una de las fertilizaciones se regó con 500 mL de agua por bolsa.

A los 10 ddt se aplicaron los tratamientos en un diseño de 12 unidades experimentales con tres tratamientos los cuales son: ácido succínico MEYER[®] a dosis 100 ppm L⁻¹, Algas marinas NG-PLUS[®] a dosis 5 mL L⁻¹, Combinación de los dos tratamientos anteriores y un testigo comercial FertiPlus a dosis 2 mL L⁻¹.

Estos fueron aplicados con un fumigador/Hand sprayer TRUPER[®] a los 10, 24, 38 y 52 ddt en un diseño experimental de 12 unidades experimentales.

Los muestreos de las variables medidas se tomaron dos veces por semana y se dieron inicio a los 17 ddt evaluando altura de la planta con un flexómetro PRETUL[®], el número de hojas fue de forma manual, diámetro de tallo con un vernier digital KEATRONIC[®] y las unidades SPAD de clorofila con un medidor de clorofila FIELDSCOUP[®].

Cada semana se realizaron monitoreos determinar las plagas en el cultivo, por lo que a los 39 ddt se volvió aplicar imidacloprid Muralla Max[®] (Bayer) pero esta vez de manera foliar a una dosis de 2.5 mL 10 L⁻¹ para el control de mosquita blanca *Trialeurodes vaporariorum*.

Con los resultados de las variables evaluadas se realizó un análisis de varianza y cuando este presento diferencias se realizo una prueba de medias Tukey (p>0.05) mediante el programa estadístico SAS system 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de los tratamientos aplicados en plantas de pepino mostraron efecto altamente significativo ($p \geq 0.01$) en todos los parámetros evaluados como altura de la planta, número de hojas, diámetro de tallos y Unidades SPAD de clorofila, este concuerda con lo reportado por Salazar-Salazar *et al.* (2022) quienes encontraron efecto altamente significativo en el diámetro de tallo de plantas de pepino por la aplicación de algas marinas y difieren en las unidades SPAD de clorofila a lo reportado por Sarhan *et al.* (2011), quienes mencionan que el contenido de clorofila de hojas de pepino con aplicación foliar de un extracto de algas no presentó diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 1. Cuadrado medio del efecto del ácido succínico, algas marinas y su combinación en parámetros agronómicos de plantas de pepino.

FV	GL	Cuadrado Medio			
		Altura de planta (cm)	Número de hojas	Diámetro de tallos (mm)	Unidades SPAD de Clorofila
Trat (T)	3	361.61 **	14.02 **	6.19 **	1989.15 **
Muest (M)	10	8615.43 **	57.36 **	10.95 **	7803.47 **
Bloq (B)	1	106.92 *	0.03 ^{ns}	0.06 ^{ns}	26.40 ^{ns}
T x M	30	55.84 **	1.85 **	0.51 **	144.94 **
EE	87	18.5	0.59	0.2	51.4
Total	131	-	-	-	-
CV (%)		8.16	7.39	7.56	10.06
R ²		0.982	0.760	0.450	0.950

En la Fig. 1 se puede observar que en la altura de la planta los tratamientos de ácido succínico a dosis de 100 ppm L⁻¹ y la combinación de ácido succínico + algas marinas a dosis de 100 ppm L⁻¹ + 5 mL L⁻¹ presentaron estadísticamente los mayores valores con un promedio de 54.31 cm, mientras que el testigo comercial presentó un valor de 47.75 cm, lo que representa que la aplicación de ácido succínico, algas marinas o su combinación aumentan en más del 13.67% la altura de planta en comparación con plantas con aplicación de FertiPlus® (Delta®) a dosis de 2 mL L⁻¹, este valor es inferior al reportado por Ramírez-Vargas, (2019) quien

observo un aumento de más del 26.5% en la altura de plantas de pepino con aplicación de extracto de algas con respecto al testigo absoluto. En el caso del número de hojas el tratamiento de ácido succínico + algas marinas fue el dominante con un promedio de 11.01 hojas por planta mientras que las plantas tratadas con el testigo FertiPLus® (Delta®) tuvieron un promedio de 9.47 hojas, siendo 12.88% mayor al testigo comercial antes mencionado, estos datos son inferiores en comparación con lo investigado por Calero *et al.* (2019) quien observo un promedio de 25.4 hojas en sus plantas de pepino con la aplicación de vermicompost lixiviado a dosis de 100 mL L⁻¹ siendo mayor su rendimiento con tratamiento que su testigo utilizado.

Los datos obtenidos sobre el diámetro de tallos en esta investigación, se observaron que con el tratamiento de la combinación de ácido succínico y algas marinas a una dosis de 100 ppm y 5 mL L⁻¹ tuvo una diferencia altamente significativa con un promedio de 6.59 mm a diferencia del testigo aplicado FertiPLus® (Delta®) a dosis de 2 mL L⁻¹ que presento 11.67% menos diámetro en el tallo de las plantas de pepino que el tratamiento antes mencionado, estos datos son inferiores en el estudio realizado por Zamora *et al.*, (2021) donde evaluó la aplicación foliar con algas y tuvo un promedio de 9.14 mm teniendo más ancho el diámetro de sus plantas en comparación con este trabajo presente.

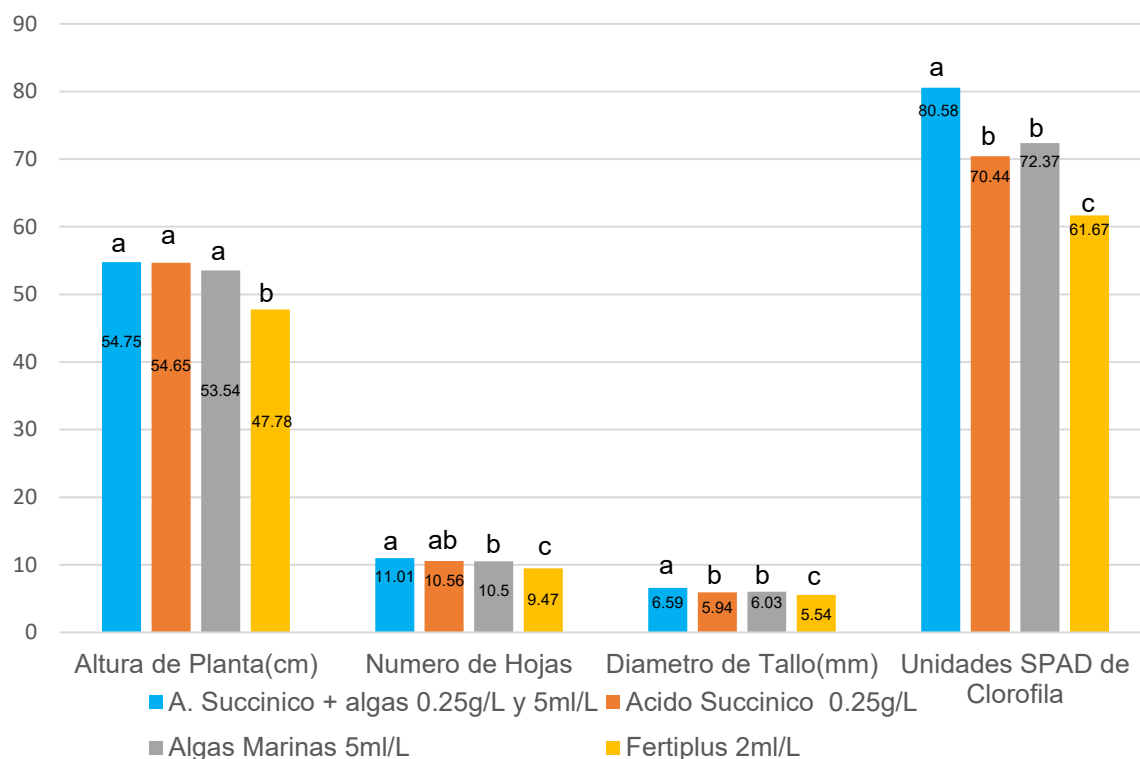


Figura 1. Efecto de la aplicación foliar de ácido succínico, algas marinas y su combinación en la altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo y unidades SPAD de clorofila de plantas de pepino.

En las unidades SPAD de clorofila se muestra que hubo una diferencia significativa con el tratamiento de ácido succínico y algas marinas con 80.58 unidades SPAD de clorofila siendo este mayor al promedio del testigo comercial utilizado FertiPlus® (Delta®) que mostro 61.22 unidades SPAD de clorofila, esto es mayor a lo reportado por Hassan *et al.*, (2021); quien realizo aplicación de algas marinas y no presento diferencia entre su tratamiento y su testigo, el cual le dio un promedio de 54.82 unidades SPAD de clorofila en sus hojas de plantas de pepino y siendo así inferior a lo reportado en este trabajo.

CONCLUSIONES

Para producciones de pepino bajo microtúnel se recomienda aplicaciones de ácido succínico a dosis de 100 ppm y la combinación de ácido succínico con algas

marinas con una dosificación de 100 ppm + 5 mL L⁻¹ debido a que con ello se aumenta en mas de 13.67% en altura de planta, 12.88% en número de hojas, 11.67% en diámetro de tallos y 20.74% en las unidades de clorofila en comparación del testigo comercial utilizado, siendo así una buena alternativa para tener mejor crecimiento vegetativo en el cultivo.

LITERATURA CITADA

- Calero Hurtado, A.; Quintero Rodríguez, E.; Pérez Díaz, Y.; González-Pardo Hurtado, Y.; González Lorenzo, T.N. (2019). Microorganismos eficientes y vermicompost lixiviado aumentan la producción de pepino Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 22(2): e1167. <http://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1167>
- Hassan, S.M.; Ashour, M.; Sakai, N.; Zhang, L.; Hassanien, H.A.; Gaber, A. y Ammarr, G. A. (2021). Impact of seaweed liquid extract biostimulant on growth, yield, and chemical composition of cucumber (*Cucumis sativus*). Agriculture. 11(320): 1-16
- Hidalgo, R. R. J. (2020) Evaluación del rendimiento del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) ante la aplicación de bioestimulantes a base de algas marinas en la zona de Simón Bolívar provincia de Guayamas. Tesis de licenciatura
- Intagri, Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura. (2016) "Uso de Extractos de Algas (*Ascophyllum nodosum*) como bioestimulantes en Agricultura" Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/uso-de-extractos-de-ascophyllum-nodosum>
- Land (2020) Ácido succínico para plántulas de tomate. Fecha de consulta: 20/02/2024.
- OEC, Observatorio de Complejidad Económica. (2020). Pepinos y pepinillos frescos, refrigerados. México: OEC. Recuperado de: <https://oec.world/es/profile/hs/cucumbers>
- Ramírez-Vargas, C. (2019). Extracción de nutrientes, crecimiento y producción del cultivo de pepino bajo sistema de cultivo protegido hidropónico. Tecnología en Marcha. 32(1): 107-117.

- S. S. Warner, M. P. José Eladio y L. C. Michelle. (2022) “Aplicación foliar de fertilizantes y extracto de algas de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero” Avances en Investigación Agropecuaria 2022.
- Saicon-ng (2021) *Agrícola estatal*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>
- Sarhan, T.Z.; Ali, S.T. y Rasheed, S.M. (2011). Effect of bread yeast application and seaweed extract on cucumber (*Cucumis sativus* L.) plant growth, yield and fruit quality. Mesopotamia Journal of Agriculture. 39(2): 26-34.
- SADR, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023). Pepino mexicano, el favorito de muchos. [Consulta el blog](https://www.gob.mx/sader) (si está disponible en línea).
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2020). Avance de siembras y cosechas. México: Sader. Recuperado de: https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/
- Zamora, S.; Loa, J.L.; Beltrán, F.A.; Loya, J.G.; Ruiz, F.H. y Palacios, A. (2021). Extrato de algas como biofertilizante na qualidade de pepino (*Cucumis sativus*). Brazilian Journal of Animal and Environmental Research. 4(3): 3771-3776.

ACTIVADORES FISIOLÓGICOS EN EL CULTIVO DE PEPINO

Francisco Jiménez Figueroa¹, Leonardo M. Tovar Pacheco¹, Hans Blanquet²,
Ricardo Yáñez Lopez², Daniel Rodríguez Mercado², Luis P. Guevara Acevedo^{2§}

¹Estudiante de ingeniería en Agronomía TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ² TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ³Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto. §Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESÚMEN

Esta investigación se enfocó en evaluar el efecto de aplicaciones foliares de ácido fumárico, extractos de algas marinas y su combinación en el desarrollo de plantas de pepino cultivadas bajo túnel, la cual fue llevada a cabo en el invernadero y en el laboratorio de Fitosanidad del Tecnológico Nacional de México-Campus Roque. Donde se realizó el trasplante de plántulas de pepino (*Cucumis sativus*) de la variedad Fuzeta® (Bejo) en bolsas negras de 17cm x 30cm, a los 8 días después del trasplante (ddt) se fertilizaron cada uno de ellas con Nitrato de Calcio CALCINIT® (YaraTera), combinado con H₂SO₄, a la par Imidacloprid Muralla Max® (Bayer) y extracto de yuca. A los 10 ddt se aplicaron los tratamientos en un diseño de bloques al azar con 3 bloques y 3 tratamientos de ácido fumárico (MEYER®) a dosis de 100 ppm, algas marinas (NG-Plus®) 5 mL L⁻¹, su combinación y un testigo comercial FertiPlus® (Delta®) a dosis de 2 mL L⁻¹. A los 17 ddt se inició con las mediciones de las variables altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo y unidades SPAD de clorofila. Posteriormente los resultados de las mediciones fueron analizados con el uso del programa SAS 9.4 para Windows, el cual arrojó que los mayores resultados para las variables en estudio fueron con la combinación de ácido fumárico + algas marinas, en comparación con el testigo comercial.

Palabras clave. *Ácido fumárico, algas marinas, altura de planta, diámetro de tallo, agricultura protegida.*

ABSTRACT

This research was focused on evaluating the effect of foliar applications of fumaric acid, seaweed extracts and their combination on the development of cucumber plants grown under tunnel, which was carried out in the greenhouse and at the same time in the Phytosanitary laboratory of the Tecnológico Nacional de México-Campus Roque. Cucumber (*Cucumis sativus*) seedlings of the Fuzeta® (Bejo) variety were transplanted in black bags of 17cm x 30cm, 8 days after transplanting (ddt) each one of them was fertilized with Calcium Nitrate CALCINIT® (YaraTera), combined with H₂SO₄, Imidacloprid Muralla Max® (Bayer) and yucca extract. At 10 ddt, the treatments were applied in a randomized block design with 3 blocks and 3 treatments of fumaric acid (MEYER®) at a dose of 100 ppm, seaweed (NG-Plus®) at a dose of 5 mL L⁻¹ and its combination and a commercial control FertiPlus® (Delta®) at a dose of 2 mL L⁻¹. At 17 ddt, measurements of plant height, number of leaves, stem diameter and SPAD chlorophyll units were taken. Subsequently, the results of the measurements were analyzed using the SAS 9.4 program for Windows, which showed that the best results for the variables under study were obtained with the combination of fumaric acid + seaweed, in comparison with the commercial control.

Keywords. *Fumaric acid, seaweed, plant height, stem diameter, protected agriculture.*

INTRODUCCIÓN

La agricultura protegida está ganando relevancia al permitir cultivos en ambientes controlados, ajustando el microclima y optimizando recursos como el suelo, luz, y agua. Este sistema mejora el rendimiento y la rentabilidad al controlar factores como plagas y enfermedades (BID, 2019). En México algunos de los cultivos principales en estos espacios son el tomate rojo, fresa, chile, frambuesa, arándano, rosas y pepino (SADR, 2020).

En la última década (2013-2022), la producción promedio de pepino fue de 993 mil toneladas, superando el millón desde 2015. La producción nacional ocupa el quinto

lugar en producción de pepino, generando más de 500 millones de dólares en exportaciones en 2022, principalmente hacia EE. UU y Canadá. (SIAP, 2024) El estado de Guanajuato se encuentra en la quinta posición, con una producción de 62,998 t (Producepay, 2023). Para una mayor producción se han implementado el uso de bioestimulantes, los cuales son sustancias que mejoran la absorción de nutrientes, aumentan la resistencia al estrés y optimizan el rendimiento de los cultivos, garantizando cosechas de calidad. (Certisbelchim, 2024), dentro de estos se encuentra el ácido fumárico es crucial para el desarrollo de las plantas, debido a que promueve su crecimiento. Este activador actúa en todas las partes de la planta, incluyendo raíces, tallos, hojas, flores y frutos, a lo largo de todo su ciclo vital. (Santos, 2012). Además, los biofertilizantes a base de extractos de algas marinas son innovadores y sostenibles, ya que son biodegradables siendo seguros para el medio ambiente, sin generar residuos tóxicos. Estos compuestos promueven un crecimiento más saludable y eficiente de las plantas. (Hassan *et al.*, 2021). Es por ello que el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de aplicaciones foliares de ácido fumárico, algas marinas y su combinación en el crecimiento de plantas de pepino bajo túnel.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este experimento fue llevado a cabo en el Invernadero y el laboratorio de Fitosanidad del Tecnológico Nacional de México-Campus Roque, donde se realizó el trasplante de plántulas de pepino (*Cucumis sativus*) de la variedad Fuzeta® (Bejo) en bolsas negras de 17cm x 30cm, rellenas con tierra lama, tezontle y arena en una proporción de 1:1:1. A los 8 días después del trasplante (ddt) se fertilizó con Nitrato de Calcio CALCINIT® (YaraTera) a dosis de 2 g L⁻¹ y posteriormente se aplicó 4 g L⁻¹ combinado con 2 mL L⁻¹ de H₂SO₄, a la par se aplicó de manera foliar 5 mL L⁻¹ de Imidacloprid Muralla Max® (Bayer) y 2 mL L⁻¹ de Extracto de Yuca. Se hizo con el fin del evaluar la aplicación foliar de distintos tratamientos los cuales son ácido fumárico (MEYER®) a dosis de 100 ppm, algas marinas (NG-Plus®) a dosis de 5 mL L⁻¹, su combinación entre ácido fumárico + algas marinas con una dosis de 100 ppm + 5 mL L⁻¹ y un testigo comercial FertiPlus® (Delta®) a dosis de 2 mL L⁻¹ en

el ciclo vegetativo de pepino, su aplicación se hizo a los 10 ddt con una aspersora manual (Truper®).

A los 17 ddt se comenzó de forma manual con las primeras mediciones de pepino, procediendo a medir altura de planta desde el suelo hasta la punta de la hoja más larga con un flexómetro (PRETUL®), el número de hojas se contó una por una manualmente, el diámetro de tallo se midió con un vernier (KEATRONIC®) y las unidades SPAD de clorofila se obtuvieron con un medidor (FIELDSCOUT®), estas mediciones se siguieron llevando a cabo cada 2 veces por semana. Posteriormente a los 31 ddt se inició el tutoreo de cada planta a los y a la par se aumentó la dosis de nitrato de calcio a 3 g L⁻¹. Se volvió a aplicar imidacloprid Muralla Max® (Bayer) a los 39 ddt con una dosis vía foliar a 2.5 mL 10L⁻¹ y para finalizar a los 59 ddt se le agregó extracto de yuca a dosis de 2 mL L⁻¹.

A partir de los resultados de las variables analizadas, se realizó un análisis de varianza. En los casos en que se observaron diferencias significativas, se aplicó una prueba de comparación de medias de Tukey ($p > 0.05$) usando el software estadístico SAS System 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos aplicados de manera foliar presentaron efecto altamente significativo al 99% de confiabilidad ($\alpha \leq 0.01$) en las variables de altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo de plantas de pepino (Cuadro 1), estos valores difieren a los reportados por Baños (2023) quien menciona efectos a un 95% de confiabilidad ($\alpha \leq 0.05$) por efecto de los tratamientos con extracto de algas en las variables de altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo de plantas de pepino.

Cuadro 1. Cuadrado medio del efecto del ácido fumárico, algas marinas y su combinación en parámetros agronómicos de plantas de pepino.

Fuente	DF	Cuadrado Medio			
		Altura de planta (cm)	Número de hojas	Diámetro de Tallo (mm)	Unidades SPAD de Clorofila
Trat (T)	3	275.76 **	5.42 **	6.88 **	737.37 *
Muest (M)	11	4818.25 **	29.27 **	3.73 **	1046.91 **
Bloq (B)	1	268.18 *	0.10 ns	0.008 ns	182.89 **
T x M	33	65.45 ns	0.88 ns	0.503 ns	121.84 **
EE	95	62.45	0.65	0.357	56.10
Total	143	-	-	-	-

Por el otro lado se obtuvo un resultado significativo ($\alpha \leq 0.05$) en la variable de unidades SPAD de clorofila, los cuales, en comparación a Hasan y Hussein (2020) quienes indican que aplicaron vía foliar un extracto de algas en el cual no obtuvieron diferencias significativas en sus unidades de clorofila.

Para la altura de planta la aplicación foliar de ácido fumárico a dosis de 100 ppm y la combinación de ácido fumárico + algas (100 ppm + 5mL L⁻¹) presentaron estadísticamente los mayores valores con 46.91 cm y 46.66 cm (Fig. 1), siendo el testigo comercial fertiplus® quien presento el menor valor con 41.06 cm, esto indica que es un 13.94% más efectivo, a diferencia de Reyes *et al.*, 2017 que muestra un valor de 156.47cm en la aplicación de humus de lombriz a los 60 ddt.

En cuanto al número de hojas en la combinación de ácido fumárico + algas (100 ppm + 5 mL L⁻¹) mostró el mayor valor con 9.05 hojas a diferencia del testigo comercial fertiplus® en donde se observó un valor de 8.16 hojas siendo más bajo en relación a un 7.55% esto difiere desde la posición de Salazar (2023) quien observo valores con 36.37 hojas al aplicar humus de lombriz.

Los resultados obtenidos para el diámetro de tallo muestran un valor estadístico de 6.30 mm en el tratamiento de combinación de ácido fumárico + algas (100 ppm + 5 mL L⁻¹), lo cual resulta ser un 9.55% más efectivo que el testigo comercial Fertiplus®,

que registró un diámetro de 5.30 mm. Estos resultados contrastan con los reportados por López *et al.*, (2022), quienes observaron diámetros de tallo menores, entre 4.22 mm y 4.95 mm, en su tratamiento con estiércol equino.

En base a los valores obtenidos, las unidades SPAD de clorofila mostraron una diferencia significativa en el tratamiento de la combinación de ácido fumárico + algas (100 ppm + 5 mL L⁻¹), que alcanzó el valor estadístico más alto, con 60.45 unidades SPAD de clorofila. En contraste, el testigo comercial fertiplus® presentó el valor más bajo, con 50.89 unidades SPAD de clorofila, lo que representa una diferencia del 9.48% entre ambos tratamientos. Estos resultados difieren de lo reportado por Erreyes *et al.*, (2023), quien obtuvo un valor estadístico más bajo a los 65 ddt, con una medición de clorofila de 50.65 unidades.

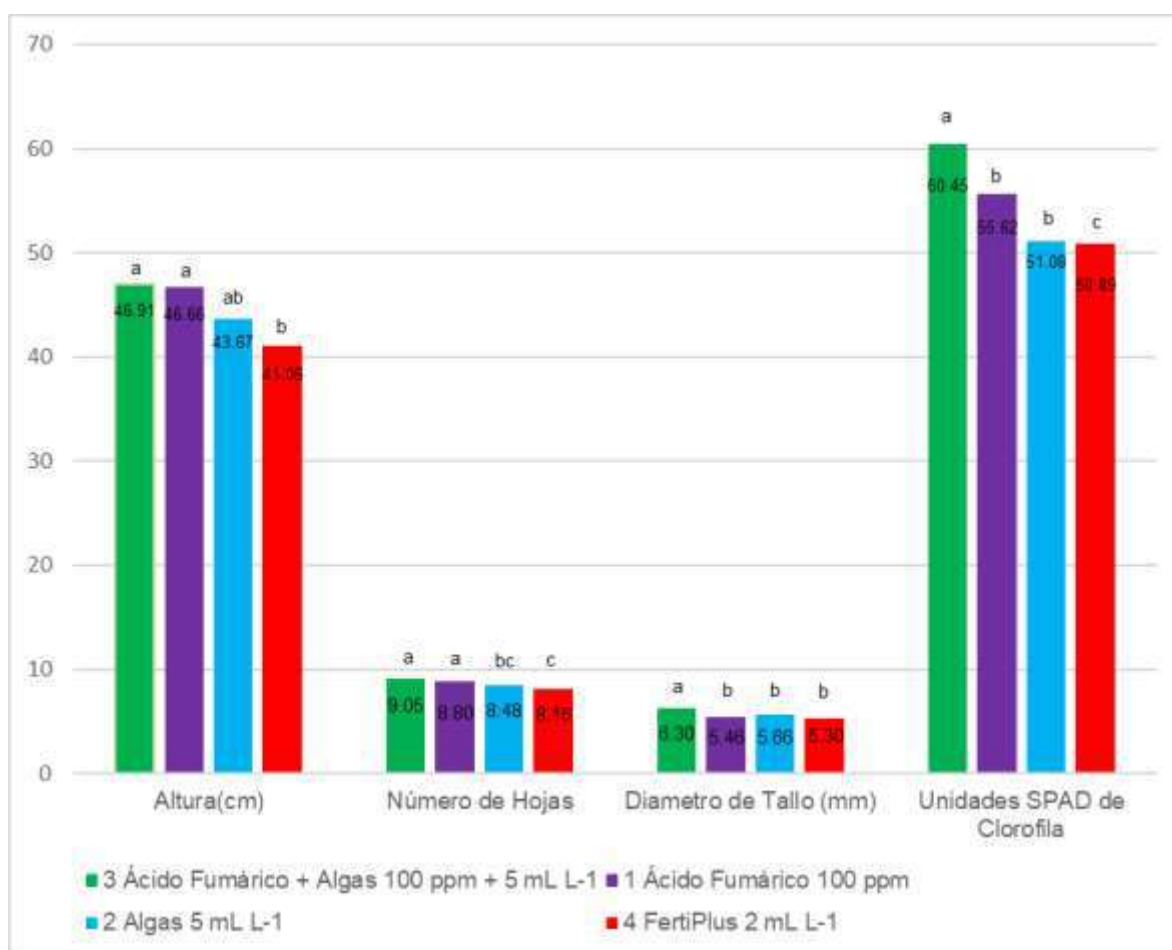


Figura 1. Efecto de la aplicación foliar de ácido fumárico, algas marinas y su combinación en la altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo y unidades SPAD de clorofila de plantas de pepino.

CONCLUSIÓN

Para producción de pepino en condiciones de microtúnel se recomienda la aplicación foliar de la combinación de ácido fumárico + algas marinas a dosis de 100 ppm + 5 mL L⁻¹ ya que con ello se aumenta en más de XXX % las variables de crecimiento y con ello se aumentará la producción en cuanto a cantidad y calidad.

LITERATURA CITADA

- Baños, R. F. (2023). Extractos de Algas Marinas y Microorganismos Afectan el Crecimiento del Pepino (*Cucumis sativus* L.) var. Centauro.
- BID, Banco Interamericano de Desarrollo. (2019). Agricultura protegida en México, elaboración de la metodología para el primer bono verde agrícola certificado. Publicación técnica No. IDB-TN-1668
- CertiBelchim. (2024). ¿Qué es un Bioestimulante? ¿Cómo puede mejorar tu cosecha?. <https://certisbelchim.es/que-es-un-bioestimulante-como-puede-mejorar-la-calidad-de-tu-cosecha/>.
- Erreyes, J. J. B., Montoya, A. J., Luna, R. Á. E. (2023). Rendimiento Del Cultivo De Pepino (*Cucumis sativus* L.) Bajo Condiciones De Mulch Plástico, Ecuador. *Agroecosistemas*, 11(1), 44-51.
- Hasan, E. F., Hussein, A. A. (2020). Effect of soil coverage with organic mulching and spraying with seaweed extract on some vegetative and productive traits of cucumber grown in greenhouses. *Diyala Agricultural Sciences Journal*. 12: 206-220.
- Hassan, S. M., Ashour, M., Sakai, N., Zhang, L., Hassanien, H. A., Gaber, A. y Ammarr, G. A., (2021). Impact of seaweed liquid extract biostimulant on

- growth, yield, and chemical composition of cucumber (*Cucumis sativus*). Agriculture. 11(320): 1-16
- López, M. M. L., Leos, E. L., Alfaro, H. L., Morales, M. A. E. (2022). Impacto de abonos orgánicos asociados con micorrizas sobre rendimiento y calidad nutraceútica del pepino.
- ProducePay. (2023). Situación del pepino en Estados Unidos y Latinoamérica. <https://producepay.com/es/el-blog/situacion-del-pepino-en-estados-unidos-y-latinamericana/#:~:text=Precios%20del%20pepino%20en%20M%C3%A9xico,pesos%20por%20kilogramo%20en%202021.>
- Reyes, P.J.J.; Luna, M. A. R., Reyes, B. M. R., Yépez, R. A. J., Abasolo, P. F., Espinosa, C. K. A., López, B. R. J., Vázquez, M. V. F., Zambrano, B. D., Cabrera, B. D. A., Torres, R. J. A. (2017). Uso Del Humus De Lombriz Y Jacinto De Agua Sobre El Crecimiento Y Desarrollo Del Pepino (*Cucumis sativus*, L).
- SADER, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020). Agricultura protegida, otra manera de cultivar. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/agricultura-protegida-otra-manera-de-cultivar#:~:text=La%20agricultura%20protegida%20es%20aquella,la%20temperatura%2C%20humedad%20y%20luz.>
- Salazar, S. A., Ramírez, Z. M., Gaibor, C. D. (2023). Evaluación de tres dosis de fertilizantes orgánicos en el desarrollo agronómico del pepino (*Cucumis sativus* L.) variedad cucumber en el Triunfo Cantón La Maná.
- Santos. (2012). Caracterizaçao Fisiológica do Gene Homólogoap Transportador Mitocondrial Succinato-Fumarato (SFC1) DE *Arabidopsis thaliana* EM *Solanum tuberosum*. Núm Pp. 74. Recuperado ded: Pp 17-18.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). Agricultura protegida, otra manera de cultivar. <https://www.gob.mx/siap/es/articulos/el-pepino-y-su-vocacion-exportadora?idiom=es.>

ACTIVIDAD ANTAGÓNICA DE *TRICHODERMA* SPP. CONTRA HONGOS FITOPATÓGENOS ASOCIADOS A LA AGRICULTURA

Letzia Jimena Guerrero-Quirarte¹, Lorena Jacqueline Gómez-Godínez^{2*}, Hugo Ernesto Flores López³, Elías Hernández Cruz², Magali Ruiz Rivas⁴

¹Universidad Autónoma de Campeche, ²INIFAP; Centro Nacional de Recursos Genéticos, ³INIFAP, Campo experimental Altos de Jalisco. *Autor para correspondencia: gomez.lorena@inifap.gob.mx

RESUMEN

Las enfermedades causadas por hongos fitopatógenos en cultivos han aumentado, generando pérdidas económicas significativas que oscilan entre el 10% y el 15% de la producción agrícola global. Este estudio se centró en el potencial antagónico de cepas de *Trichoderma spp.* frente a *Fusarium spp.*, considerando que *Trichoderma* puede actuar como un biocontrol eficaz. Los resultados mostraron que *Trichoderma spp.* creció más rápidamente que *Fusarium*, ambas cepas cubrieron completamente los patógenos, esto sugiere que la competencia por nutrientes y el micoparasitismo son mecanismos importantes en su acción antagónica. En conclusión, ambas cepas de *Trichoderma spp.* demostraron eficacia bajo condiciones controladas, y se recomienda realizar investigaciones adicionales sobre compuestos volátiles y enzimas para profundizar en sus mecanismos de acción y optimizar su uso como alternativas biológicas en el control de enfermedades fitopatógenas.

Palabras clave: Antagonismo, *Trichoderma spp.*, *Fusarium spp.* Micoparasitismo, Actividad enzimática

ABSTRACT

Diseases caused by phytopathogenic fungi in crops have increased, resulting in significant economic losses ranging from 10% to 15% of global agricultural production. This study focused on the antagonistic potential of *Trichoderma spp.* strains against *Fusarium spp.*, considering that *Trichoderma* can act as an effective biocontrol agent. The results showed that *Trichoderma spp.* grew faster than *Fusarium*, with both strains completely covering the pathogens. This suggests that

competition for nutrients and mycoparasitism are important mechanisms in their antagonistic action. In conclusion, both *Trichoderma spp.* strains demonstrated effectiveness under controlled conditions, and further research on volatile compounds and enzymes is recommended to deepen understanding of their mechanisms of action and optimize their use as biological alternatives in the control of phytopathogenic diseases.

Keywords: Antagonism, *Trichoderma spp.*, *Fusarium spp.*, Mycoparasitism, Enzymatic activity

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la incidencia de enfermedades por hongos fitopatógenos asociadas a los cultivos se ha destacado (Rios-Velasco *et al.*, 2016), estas enfermedades representan un problema económico ya que este provoca grandes pérdidas al sector agrícola, del 10% al 15% es la pérdida anual de los principales cultivos del mundo, esto representa una cifra de miles de millones de dólares (Peng *et al.*, 2021), sin embargo, la agricultura “convencional” ha optado por controlar este tipo de plagas con fungicidas, estos favorecen la degradación del suelo y la acumulación de metales pesados, afectan a las comunidades microbianas presentes en el suelo y la salud humana (Sánchez-Navarrate *et al.*, 2021), además de generar resistencia a los fungicidas sintéticos (Rios-Velasco *et al.*, 2016). El uso desmedido de agroquímicos ha llevado a la búsqueda de nuevas alternativas para reducir el uso de fungicidas, que se encuentren al alcance de los productores y el impacto al medio ambiente sea considerablemente menor (Rios-Velasco *et al.*, 2016), una alternativa para disminuir el uso de estos productos es el género de *Trichoderma* (Hernández-Melchor *et al.*, 2019), el cual es considerado una herramienta de biocontrol para contrarrestar el crecimiento de hongos fitopatógenos, esto se les atribuye a diferentes mecanismos complejos, como micoparasitismo, competencia por espacio y nutrientes, producción de antibióticos, inactivación de enzimas patogénicas e inducción de respuesta de defensa vegetal (Rios-Velasco *et al.*, 2016). La finalidad del presente trabajo fue comparar el potencial fitopatógeno de *Trichoderma spp.* contra diferentes cepas de *Fusarium spp.*

MATERIALES Y MÉTODOS

Las cepas que se empelaron en el presente trabajo se obtuvieron del campo experimental de los Altos de Jalisco. Identificación morfológica: los hongos fueron identificados mediante la técnica de cinta pegante y se observaron en el microscopio a 40X, en donde se buscaron diferentes estructuras para inferir el género (*Cubillos et al.*, 2014).

Preparación del inóculo: se colocaron discos con crecimiento de los hongos en tween 80 al 0.1% (Gómez-Ramírez, 2013), se dio vortex durante 1 minuto, se hicieron conteos en cámara de Naubauer (Ríos-Velasco *et al.*, 2016) y se ajustaron las alícuotas (10^6 esporas/ml).

Prueba de antagonismo: las confrontaciones se realizaron en cajas de PDA, se evaluaron dos cepas de *Trichoderma* spp., con tres cepas de *Fusarium* spp., se colocaron tres réplicas de cada confrontación con testigos negativos y positivos, se colocaron 10 µl del fitopatógeno al centro, 24 horas después de colocaron 10 µl del *Trichoderma* spp. en cuatro puntos alrededor del fitopatógeno, 6 días después se tomaron las medidas de los radios de crecimiento del fitopatógeno en confrontación y el testigo, se calculó el porcentaje del crecimiento radial (PICR) (Gómez-Ramírez, 2013).

$$PICR = \frac{(R1-R2)}{R1} * 100$$

Las pruebas de antagonismo fueron descritas del 1 al 5 de acuerdo con la escala de Bell *et al.* (1982); donde 1) *Trichoderma* spp. crece sobre el patógeno y cubre completamente el medio y 5) el patógeno crece sobre *Trichoderma* spp. y cubre la superficie total del medio (Michel *et al.*, 2019).

Análisis estadístico: los datos del porcentaje de inhibición del crecimiento radial se realizaron aplicando un análisis de varianza de Kruskal-Wallis, los grupos se compararon usando la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) mediante el programa SigmaPlot 11.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Trichoderma spp. tiene un crecimiento más acelerado que otros hongos, en este caso, el patógeno se colocó con 24 horas de ventaja, sin embargo, *Trichoderma* spp. creció en el nivel 1 sobre la escala de Bell *et al.*, (1982) en el trabajo de Andrade-Hoyos (2019) los patógenos se colocaron con 48 horas de ventaja, tomando en cuenta este comportamiento se obtuvieron resultados similares de este autor, de acuerdo con Andrade-Hoyos (2020) este género presenta un desarrollo más acelerado que otros hongos debido a la producción de sustancias como proteasas pectinasas xilanasas entre otras por lo que sugerimos que el modo de acción de las cepas evaluadas de *Trichoderma* spp. puede ser por competencia de nutrientes y espacio, al igual que por micoparasitismo, como se infiere en el trabajo de Babalola (2022), donde hay una fuerte competencia por recursos entre los aislados de *Trichoderma* spp. versus los aislados de *Fusarium* spp.

En la Fig. 1 Bos21-3 es más eficiente que Bos19-6 aunque no hay una diferencia significativa en la gráfica 1, se puede observar que la cepa Bos21-3 cubre completamente el fitopatógeno mientras que en el mismo periodo de tiempo Bos19-6 no alcanza dicha cobertura sobre el patógeno, véase ilustración 1.

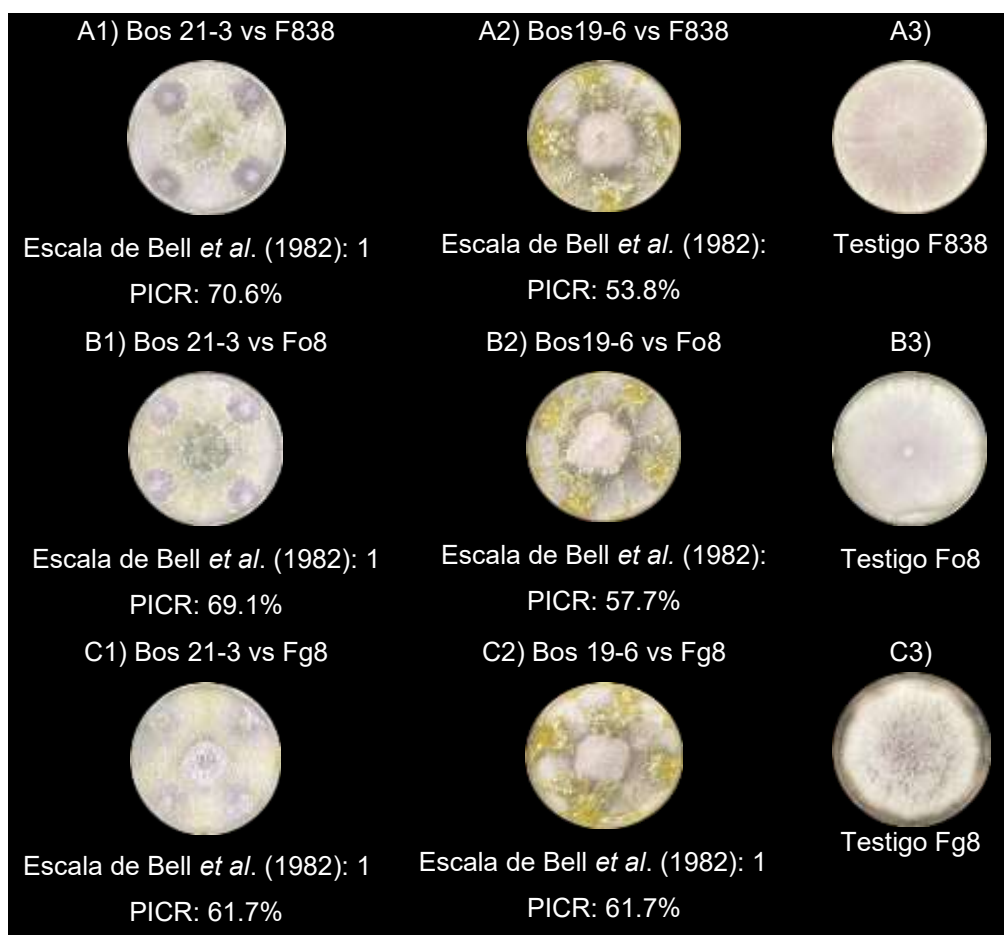


Fig. 1. A1) Confrontación de la cepa Bos21-3 vs F838, se explica el PICR y la clasificación de Bell, A2) Confrontación de la cepa Bos19-6 vs F838, se explica el PICR y la clasificación de Bell, A3) Testigo de F838, B1) Confrontación de la cepa Bos21-3 vs Fo8, se explica el PICR y la clasificación de Bell, B2) Confrontación de la cepa Bos19-6 vs Fo8, se explica el PICR y la clasificación de Bell, B3) Testigo de Fo8, C1) Confrontación de la cepa Bos21-3 vs Fg8, se explica el PICR y la clasificación de Bell, C2) Confrontación de la cepa Bos21-3 vs Fg8, se explica el PICR y la clasificación de Bell, C3) Testigo de Fg8.

Se promedió el crecimiento radial de los patógenos, y se promedió el crecimiento radial de los patógenos en las confrontaciones con las cepas de *Trichoderma* spp., en esta grafica se evidencia que el crecimiento de los patógenos se reduce significativamente con los tratamientos, véase Fig. 2.

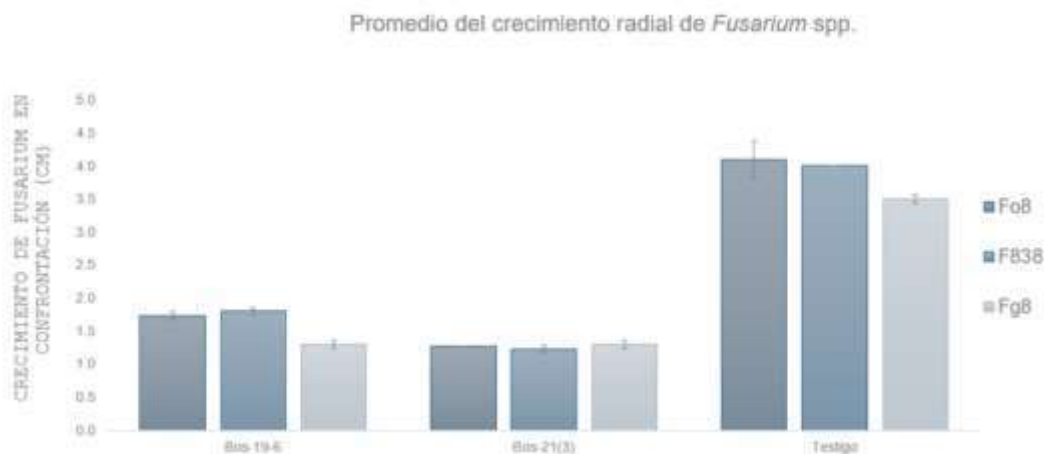


Figura 2. Promedio de crecimiento radial de *Fusarium* spp. A partir de los promedios de cada tratamiento se realizó un ANOVA de Kruskal-Wallis del cual se obtuvo el valor de ($P < 0.001$), con una prueba de Tukey se obtuvo el valor de ($P < 0.05$).

En la gráfica 1 se observa que los tratamientos de *Trichoderma* spp. no presentaron diferencias representativas entre sí, pero si hay diferencias significativas con respecto a los testigos.

CONCLUSIÓN

Este estudio se realizó para conocer el efecto antagónico de dos cepas de *Trichoderma* spp. los resultados indican que ambas cepas de *Trichoderma* spp. tienen efectos antagónicos eficientes bajo condiciones controladas, sin embargo, realizar pruebas de producción de compuestos volátiles y de enzimas nos serian de utilidad para describir de manera más completa los mecanismos de acción de estas cepas.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue posible gracias al INIFAP; Centro Nacional de Recursos Genéticos y al proyecto Estrategia de Acompañamiento Técnico como fuente financiera.

LITERATURA CITADA

- Andrade-Hoyos, P., Luna-Cruz, A., Osorio-Hernández, E., Molina-Gayosso, E., Landero-Valenzuela, N., & Barrales-Cureño, H. J. (2019). Antagonismo de *Trichoderma spp.* vs hongos asociados a la marchitez de chile. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(6), 1259-1272.
- Olowe, O. M., Nicola, L., Asemoloye, M. D., Akanmu, A. O., Sobowale, A. A., & Babalola, O. O. (2022). Characterization and antagonistic potentials of selected rhizosphere *Trichoderma* species against some *Fusarium* species. *Frontiers in Microbiology*, 13, 985874.
- Bell, D; Well, H; Markham, C. 1982. "In vitro" antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Phytopathology* 72:379-382.
- Cubillos, C. Á., Ramírez, M. G., & Toledo, R. L. (2014). Aislamiento de *Trichoderma sp.*, en las unidades productivas agrícolas del Centro de Formación Agroindustrial La Angostura de Campoalegre (Huila). *Revista Agropecuaria y Agroindustrial La Angostura*, 1(1), 15-20.
- Gómez, B., Ramírez, J., Veloz, R., Gasca, J., & Herrera, I. (2014). Aislamiento y caracterización de bacterias de la rizósfera de guayaba con capacidad promotora de crecimiento de las plantas. *de Cuerpos Académicos*, 42.
- Hernández-Melchor, D. J., Ferrera-Cerrato, R., & Alarcón, A. (2019). *Trichoderma*: importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 35(1), 98-112.
- Peng, Y., Li, S. J., Yan, J., Tang, Y., Cheng, J. P., Gao, A. J., ... & Xu, B. L. (2021). Research progress on phytopathogenic fungi and their role as biocontrol agents. *Frontiers in Microbiology*, 12, 670135.
- Ríos Velasco, C., Caro Cisneros, J. M., Berlanga Reyes, D. I., Ruiz Cisneros, M. F., Ornelas Paz, J. J., Salas Marina, M. Á., & Guerrero Prieto, V. M. (2016). Identificación y actividad antagónica in vitro de aislados de *Bacillus spp.* y

Trichoderma spp. contra hongos fitopatógenos comunes. Revista mexicana de fitopatología, 34(1), 85-99.

Sánchez-Navarrete, E. T., Castañeda-Antonio, M. D., Baez, A., & Morales-García, Y. E. (2021). Rizobacterias para el mejoramiento del cultivo de maíz (*Zea mays*). Una tecnología prometedora para la producción de maíces criollos. *Alianzas y tendencias BUAP*, 6(23), 72-92.

ADAPTACIÓN DE MAICES NATIVOS PIGMENTADOS TIPO CÓNICO NORTEÑO DE XICHÚ GUANAJUATO ESTABLECIDAS EN EL TecNM-ROQUE

Luís Felipe Nava González¹, J. Guadalupe García Rodríguez², Jesús Frías Pizano², Enrique Andrio Enríquez², Francisco Cervantes Ortiz², Francisco Chablé Moreno²

¹Estudiante de Agronomía TecNM-Roque, ²Profr-Investig. TecNM-Roque

RESUMEN

Los maíces nativos en México son una fuente de germoplasma, su devenir se debe a la tradición cultural, aunque con baja productividad, se mantienen en esta condición ambiental. Este estudio se realizó con la finalidad de evaluar el comportamiento productivo de maíces nativos de la raza cónico norteño con semillas pigmentados. Las colectas se realizaron en el ejido Puerto de pilón, en el municipio de Xichú, Guanajuato, el cultivo se estableció en los terrenos del TecNM-Roque, en el ciclo (P-V, 2024), la preparación del terreno, fertilización y labores culturales fue de acuerdo con la agenda técnica agrícola de Guanajuato. Se establecieron 4 surcos de 5 metros de largo y 0.80 m de ancho, con distancia entre planta de 22 cm. El diseño experimental fue en bloques completos al azar, con cinco tratamientos, las variables evaluadas fueron: Altura de planta, número de hojas 32 dds, número de hijuelos, número de hojas debajo de la mazorca, número de hojas después de mazorca, longitud de espiga, número de espiguillas, rendimiento de grano. Se realizó un ANAVA con el paquete SAS y prueba de comparación de medias (Duncan). Los resultados se obtuvieron diferencias estadísticas entre los tratamientos, donde se obtuvieron plantas de mayor altura en el maíz negro y amarillo tardío, se identificó un material amarillo precoz de 59 dds a antesis, y el más tardío a 77 dds a la antesis. La altura de la mazorca fue contrastante desde 171 hasta los 65 cm, el rendimiento de grano más alto de 1.14 y 1.04 tha⁻¹, con el maíz rojo y amarillo tardío, los otros no superaron la tonelada por hectárea.

Palabras clave: Maíz pigmentado, Cónico norteño, Raza, Carotenoides, Antocianinas

ABSTRACT

Native maize in Mexico represents biodiversity, a source of germplasm. Their evolution is due to the traditional culture, with low productivity, but they remain in this environmental condition. This study was carried out in order to evaluate the productive behavior of native maize of the northern conical breed with pigmented grain types. The collections were made in the ejido Puerto de pilón, in the municipality of Xichú, Guanajuato, the crop was established on the grounds of the TecNM-Roque, in the cycle (P-V, 2024), the preparation of the land, fertilization and cultural work was carried out in accordance with the agricultural technical agenda of Guanajuato. 4 furrows were established, 5 meters long and 0.80 m wide, with a distance between plants of 22 cm. The experimental design was in complete blocks randomized, with five treatments, the variables evaluated were: Plant height, number of leaves 32 dds, number of offshoots, number of leaves under the cob, number of leaves after cob, ear length, number of spikelet's, grain yield. An ANAVA was performed with the SAS package and mean comparison test (Duncan). The predominant results were statistical differences between the treatments, where taller plants were obtained in the black and late yellow maize, an early yellow material of 59 dds was identified, and the latest at 77 dds at anthesis. The height of the cob was contrasting from 171 to 65 cm, the highest grain yield of 1.14 and 1.04 tha⁻¹, with the late red and yellow corn, the others not exceeding one ton per hectare.

Keywords: *Pigmented corn, Northern conical, Race, Carotenoids, anthocyanins*

INTRODUCCIÓN

El maíz nativo en México es una fuente para el mejoramiento genético, al ser centro de origen, domesticación y diversificación del maíz (Ramírez-Díaz *et al.*, 2015), existen 59 razas de acuerdo con la clasificación morfológicas e isoenzimáticas (Sánchez *et al.*, 2000). En el Norte de Guanajuato se encuentra raza de maíz tipo cónico norteño (CONABIO, 2020; Preciado *et al.*, 2009). Una raza es un conjunto de plantas que comparten características en particular Wellhausen *et al.* (1951),

entre los maíces nativos se encuentran diferentes colores de granos: blanco, amarillo, rojo, morado y azul (Ortega *et al.*, 1991; Acevedo, 2005; SIAP, 2021).

Esta diversidad se conserva por las prácticas agrícolas tradicionales de los pueblos indígenas de México, custodios y mejoradores del germoplasma nativo (Turrent *et al.*, 2010; Preciado *et al.*, 2009). El maíz nativo se conserva por razones sociales, económicas y culturales, su comportamiento agronómico y rendimiento son superiores a las variedades mejoradas en esos ambientes, con defectos agronómicos importantes (Hellín *et al.*, 2013; Ramírez-Díaz *et al.*, 2015) que sobreviven a la escasa precipitación pluvial, provocando bajos rendimientos en temporal (SIAP, 2020).

El consumo *per capita* de maíz en México es de 335,2 kg anual (grano blanco), este cereal cubre la mitad de la superficie agrícola sembrada (SIAP, 2020). Los principales productores son: Sinaloa, Jalisco, Estado de México, Guanajuato y Michoacán, en 2021 su producción fue de más de 27 millones de t, y su participación en la producción nacional de granos es del 88.2% (SADER, 2023). Las variedades nativas presentan mazorcas pequeñas y con menos granos, se siembran en unidades pequeñas del área rural, es un cultivo de autoconsumo rural (Cortez y Ayala, 2020), su endogamia provoca serios problemas en el rendimiento. Los maíces pigmentados como los amarillos y naranjas son debido a la presencia de carotenoides, el color negro, morados y rojos se deben a las antocianinas (Salinas, 2000), pigmentos que benefician nuestra salud (Wang *et al.*, 1997). Las temperaturas de 20 a 32 °C, incrementan la producción, pero temperaturas superiores a los 40° C provocan problemas de absorción de nutrientes y una baja polinización (Cruz, 2017). El objetivo de este trabajo fue evaluar la adaptación de la raza cónico norteño de granos pigmentados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se desarrolló en el campo experimental agrícola del TecNM-Roque, ubicado en el Km 8 carretera Celaya-JR, en las coordenadas 20°34'57.7" N

de latitud Norte y 100°49'47.3" W de latitud Oeste (Google maps 2024) con una altitud de 1775 msnm, en Celaya, Guanajuato, la temperatura media es de 21°C y la precipitación pluvial que varía de 600 hasta 1,000 mm anuales (García, 1973). Los suelos predominantes en la región son vertisol pelico crómico, son de textura arcillosa, planos de relación ligeramente alcalina, fértiles y aptos para una gran variedad de cultivos. Los maíces nativos cultivados fueron la raza cónico norteño de la comunidad de San Miguel de las Casitas y el Ocotero ambas del Ejido Puerto de Pilón del municipio de Xichú, los custodios de maíces nativos de esta raza cultivan semillas blancas y pigmentados (granos pigmentados en este trabajo), los cuales se colectaron y se trasladó al TecNM-Roque para su evaluación de rendimiento en el área experimental, donde se clasificaron como: 1) Negro, 2) Pinto, 3) Amarillo tardío, 4) Rojo, 5) Amarillo precoz. En condiciones in situ, se caracterizan por su gran adaptabilidad, tolerancia a sequía, tolerancia al acame, madurez "pronto" y tardía, altura de planta 250-365 cm, altura a mazorca 160-185 cm, grano con pericarpio negro, rojo, amarillo y pinto. Entre las semillas pigmentadas se pueden diferenciar agronómicas y de rendimiento.

La preparación del terreno se llevó de acuerdo con la información señalada por agenda Técnica Agrícola de Guanajuato (SAGARPA, 2015). La siembra se estableció 22 de marzo (P-V, 2024). La fertilización fue al momento de la siembra (120 - 40 - 00), como fuente de nitrógeno se empleó urea realizando un 50% a siembra y de P hidrosoluble MAP (12-61-00), la segunda aplicación fue el 50 % de N, debido a problemas de deficiencias se realizó una aplicación de fertilizante foliar a los 48 días dds (Micro-min 20-30-10®). El control de maleza se realizó a los 18 días después de la siembra con el herbicida selectivo Sansón® (i.a. Nicosulfuron: 2-(4,6-dimetoxipirimidin-2-ilcarbomoilsulfamoil)-N, Ndimetilnicotinamida) 1 Lha⁻¹, la segunda aplicación fue con el herbicida Diquat® (9,10-dihidro-8a, 10a-diazoniafenantrénico dibromuro). Para el control de Trips y Gusano cogollero se aplicó Malatión® (dietil (dimetoxitiofosforiltio) succinato) 1 Lha⁻¹ y dos aplicaciones con Lorsban granulado al 3% (i.a. Clorpirifos etil: O, O-dietil O-(3,5,6-tricloro 2-

pirinidil) fosorotioato), en dosis de 10 kgha⁻¹. La precipitación pluvial inicio el 15 de junio prolongándose hasta 18 de agosto de 2024.

El diseño experimental fue en bloques completos al azar, donde se realizaron cinco tratamientos (maíces pigmentados) y 2 repeticiones, cada tratamiento estuvo constituido por cuatro surcos a una distancia 0.80 m y de cinco metros de largo, así como 22 cm entre plantas (50 mil plantas ha⁻¹). Las variables evaluadas fueron: Altura de planta (AltPI), número de hojas 32 dds (NoHj32), número de hijuelos (NoHij), número de hojas debajo de la mazorca (NoHjDMz), número de hojas después de mazorca (NoHjDMz), longitud de espiga (LongEsp), número de espiguillas (NoEsp). Para rendimiento de grano (RG) por parcela se realizó con un 14 de % de humedad del grano y se aplicó la fórmula:

$$R = (PC * D * MS) / AP * 0.80 * 10,000$$

Donde:

PC = Peso de campo

D = Porcentaje de grano, expresado en forma decimal

MS = Materia seca (100 - % de humedad) en forma decimal

AP = Área de la parcela neta

Los datos muestreados fueron sometidos a un ANAVA con el paquete estadístico SAS (v. 9.1) de Microsoft para Windows, los tratamientos que presentaron diferencias estadísticas se les aplicó una prueba de comparación de medias (Duncan α 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del ANAVA para el cultivo de semillas de maíces pigmentados establecidos en el TecNM-Roque, se obtuvo en la fuente de variación Bloques diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$), con excepción en el número de hojas a los 32 dds donde no se obtuvo diferencia estadística ($P \geq 0.05$). En los tratamientos en todas las variables se obtuvieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$). Durante la emergencia se observó en general uniformidad y una variación de 1-2 días, en el maíz de color negro presentó heterogeneidad y

bajo porcentaje de emergencia (70%), en el número de hijuelos, aunque el promedio es bajo, existe plantas que pueden llegar a presentar hasta 6 hijuelos, pero con poca frecuencia, la antesis si presentó una pronunciada diferencia, dado que uno de los maíces pigmentados inicio la antesis a los 59 dds, y el amarillo tardó a los 77 dds. La prueba de comparación de medias se determinó que el T1, 2 y 3 presentaron en promedio 8 días a emergencia, mientras que T4 y 5 fue más precoz su emergencia. En la altura de planta los T5, 4 y 3 se agrupan en un solo grupo estadístico, con un rango de valor promedio de 66 a 69 cm y sobresale en número de hojas el T5 al presentar el mayor promedio de hojas con 8.58 hojas por planta a los 32 dds. Se observó que los maíces negros y rojos (T1 y 4) presentaron mayor número de hijuelos en promedio, pero las observaciones de campo existen plantas que pueden presentar desde 2 hasta 6 hijuelos, con baja frecuencia en la población (Cuadro 1).

Cuadro 1. Prueba de comparación de medias (Duncan α 0.05), de variables agronómicas de maíz nativo pigmentado de la raza cónico norteño, establecida en el TecNM-Roque, ciclo (P-V, 2024).

Trat	Emer	AltPI32	NoHj32	NoHij	DFE	DFM
1	8.0 a	58.75 c	6.58 c	2.50 a	75.0 a	78.00 a
2	8.0 a	60.66 bc	7.16 bc	1.50 b	62.50 c	64.50 c
3	8.0 a	66.83 ab	7.83 b	1.41 b	70.00 d	71.00 d
5	7.5 b	69.41 a	8.58 a	1.08 b	57.50 d	59.50 d
4	7.0 c	66.58 ab	6.83 c	2.75 a	70.0 b	71.00 b

Los valores de la misma columna con la misma letra son estadísticamente iguales, Emer = Emergencia, AltPI32=Altura de planta a 32 días, NoHj32= Numero de hojas a 32 días, NoHjul =Numero de hijuelos, DFE= Días a floración femenina, DFM= Días a floración masculina.

En el ANAVA durante la etapa productiva del cultivo de maíces pigmentados de la raza cónico norteño se observó que en bloques las variables altura de planta, longitud de espiga, y número de espiguillas no presentaron diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$); mientras que el número de hojas abajo y arriba debajo de la mazorca no presentaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$). La fuente de tratamientos todas las variables evaluadas se obtuvieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$). Al respecto se identificó uno de maíces evaluados de la raza cónico norteño de color amarillo resultó ser precoz, este mismo genotipo resultó contrastante en todas las variables al compararse con los otros maíces pigmentados en evaluación. En la

prueba de comparación de medias se determinó que la altura de planta en el T1, 2 y 4 fueron los de mayor altura promedio, en el número de hojas debajo de la mazorca presentaron los promedios más altos. Es destacable que todas las variables en los promedios más bajos fueron para el genotipo amarillo precoz, La altura de mazorca fue el T4 con mayor cantidad de hojas debajo de la mazorca, en la longitud de espigas y espiguillas se observaron reducidas espiguillas, pero fue una característica más notable en el maíz amarillo de tipo precoz (Cuadro 2).

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias (Duncan α 0.05), de variables de la etapa productiva de maíz nativo pigmentado de la raza cónico norteño, establecida en el TecNM-Roque, ciclo (P-V, 2024).

Trat	AltPl	NoHjAbMz	NoHjarrMz	AltMz	LongEsp	NoEsp
1	278.91 a	7.83 a	4.25 b	164.16 a	47.83 b	8.33 d
2	266.83 ab	6.91 b	4.33 b	137.25 b	52.25 a	10.41 cd
3	254.00 b	7.25 b	5.25 a	134.00 b	43.33 c	23.00 a
5	112.91 c	3.75 c	3.08 c	65.08 c	41.33 c	12.08 c
4	277.50 a	8.16 a	4.00 b	171.33 a	47.50 b	18.75 b

Los valores de la misma columna con la misma letra son estadísticamente iguales, ColGra = Color de grano, AltPl = Altura de plantas, NoHjAbMz= número de hojas debajo de la mazorca, NoHjarrMz = número de hojas después de la mazorca, AltMz = Altura de mazorca, LongEsp = longitud de espiga, NoEsp = número de espiguillas.

El ANAVA en la fase productiva se obtuvieron en la fuente de bloques con valores estadísticos no significativos ($P \geq 0.05$), con excepción del peso de olote donde presentó valor estadístico significativo ($P \leq 0.01$). Los resultados de los tratamientos todos presentaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.05$). Durante la cosecha, se observó un alto grado de pudrición de las mazorcas debido a la que durante el llenado de grano se presentó una alta precipitación pluvial. La prueba de comparación de medias se determinó que en el peso de la mazorca fue el T3 (amarillo tardío) con valor promedio de 152.60 g, y el menor peso el tipo pinto, en la longitud de mazorca son varios de los tipos que coinciden T2, 3 y 4 con el grupo de valor promedio estadísticamente superior con valor promedio de 14.8 a 15.6 cm. En el número y granos por hilera el maíz nativo rojo y amarillo tardío fueron los que presentaron los valores promedios más altos, este comportamiento se ve reflejado en los rendimientos estimados ya fueron los que presentaron los rendimientos más

altos con 1.14 y 1.04 tha^{-1} . Durante el llenado de mazorcas de los maíces pigmentados y establecidos en el TecNm-Roque y con una precipitación de atípica gran parte de las mazorcas (50%) presentaron fuerte presencia de pudrición de la mazorca (*Ustilago maydis*), lo que provocó serios problemas durante el llenado y al momento de la cosecha una excesiva cantidad de mazorcas con presencia de hongos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Prueba de comparación de medias (Duncan α 0.05), de variables agronómicas de maíz nativo pigmentado de la raza cónico norteño, establecida en el TecNM-Roque, ciclo (P-V, 2024).

Trat	PesoMz	LongMz	NoHil	NoGraHil	PesoOlt	PE tha^{-1}
1	52.58 d	13.05 b	13.25 a	22.83 c	5.50 c	0.86
2	66.93 c	14.89 a	14.41 a	24.25 c	8.33 b	0.12
3	152.60 a	15.60 a	14.41 a	36.41 a	11.46 a	1.14
5	83.15 b	12.96 b	11.50 b	21.66 c	5.31 c	0.58
4	88.55 b	14.64 ab	14.41 a	30.25 b	12.25 a	1.04

Los valores de la misma columna con la misma letra son estadísticamente iguales, ColGra = color del grano, PeMz = Peso de mazorca, LongMz = longitud de mazorca, NoHil = número de hileras, NoGraHil = número de granos por hilera, PeOlot = Peso de Olote, PE = Producción estimada, PE = Producción estimada.

En estudios realizados por Rangel et al. (2021) al realizar la caracterización de 90 accesiones en 12 razas de maíz nativo, para seleccionar las de mayor adaptación en el Bajío de México, logró identificar accesiones Gto-101, Dgo-18 y Jal-554 de la raza Celaya y Jal-633 de Elotes Occidentales y accesiones de las razas de maíz Bofo, Celaya y Elotes Occidentales como prometedoras para esta región del Bajío, al respecto en esta evaluación de maíces pigmentados de la raza cónico norteño, fue el tipo rojo y amarillo tardío los que mostraron mejor rendimiento al establecer en el Bajío Guanajuatense. Investigaciones de Sánchez-Hernández et al. (2021) al realizar un estudio de maíces nativo comparado con una variedad mejorada, en producción de forraje, los maíces nativos no lograron superar al testigo, demostrando que, aunque la variabilidad genética es importante se requiere de proponer metodologías de mejoramiento en los maíces nativos que se cultivan y conservan en diversas regiones del país. (Estudios de Conceição et al. (2019) al evaluar 12 colectas de maíces nativos de la región del Sureste Mexicano, lograron identificar maíces nativos que superaron los rendimientos promedios de la región,

así como colectas precoces y tardías, resultados que concuerdan con este estudio de maíces de color de granos pigmentados de la raza cónico norteño.

La introducción de materiales nativos y sometidos a estudios del comportamiento en la pudrición de mazorca se evaluó por (Briones-Reyes et al. (2015), observaron que existen colectas de maíces nativos más tolerantes dependiendo de su región de origen e identificaron algunos tipos de maíces pigmentados con mayor tolerancia a la infección natural, es este estudio se observaron comportamientos similares. La diversidad de razas de maíz mexicano constituye una riqueza invaluable para el país, es una historia coevolutiva entre el maíz y las poblaciones indígenas, en sistemas de producción de ambientes naturales donde se cultivan. El proceso de selección de semillas por los custodios de maíces nativos es un factor que determina la conservación de las razas de maíz.

CONCLUSIONES

Los maíces nativos representan una fuente importante para el mejoramiento genético, con serios problemas agronómicos y de producción al ser establecido fuera de su área de cultivo *in situ*.

La amplia variabilidad genética, puede permitir seleccionar y realizar mejoramiento entre los individuos de la misma población.

La selección de plantas y uniformizando los tipos dentro de la misma raza, se logró identificar un maíz pigmentado amarillo precoz y uno tardío. Sus bajos rendimientos se deben a la alta endogamia que se presenta en los maíces nativos.

Se requiere de un programa de mejoramiento con los maíces nativos para asegurar semilla de calidad, durante varios ciclos de selección e incrementar los rendimientos por unidad de superficie.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece ampliamente a la SADER-SAGARPA, por el apoyo proporcionado para el desarrollo del proyecto, en el Puerto de Pílon del Municipio de Xichú.

LITERATURA CITADA

- Briones-Reyes D., Castillo-González F., Chávez-Servia J.L. Aguilar-Rincón V.H., de León García-de Alba C., Ramírez-Hernández A. (2015). Respuesta del maíz nativo del Altiplano mexicano a pudrición de mazorca, bajo infección natural. *Agron. Mesoam.* 26(1):73-85.
- Conceição S.L.F., Garruña R., Andueza-Noh R.H., Latounerie-Moreno L., Mijangos-Cortés J.O., Pineda-Doporto A. (2019). Agronomic and physiological behavior of maize native to southeastern México. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas* 10 (6): 1247-1258.
- Navarro-Garza, Hermilo, Hernández-Flores, Martin, Castillo-González, Fernando, & Pérez-Olvera, Ma. Antonia. (2012). Diversidad y caracterización de maíces criollos: Estudio de caso en sistemas de cultivo en la Costa Chica de Guerrero, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 9(2), 149-165. Recuperado en 03 de octubre de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722012000200004&lng=es&tlng=es.
- Saldaña F.M.I. (2012). La producción de maíz en México con énfasis en el estado/Guanajuato.
- Salinas M. Y., Cruz, C. F.J., Díaz O.S.A., y Castillo G.F. (2012). Granos de maíces pigmentados de Chiapas, características físicas, contenido de antocianinas y valor nutraceutico. *Revista fitotecnia mexicana*, 35(1): 33-41. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802012000100006&lng=es&tlng=es.
- Sánchez-Hernández M.A., Morales-Terán G., Mendoza-Pedroza SI., Hernández-Bautista J., Fraire-Cordero S y Rivas-Jacobo M.A. (2021). Caracterización productiva de maíces nativos con aptitud forrajera en La Cuenca Baja del Papaloapan. *Rev. Fitotec. Mex.* 44 (4A): 755–764.
- Cruz, O. (2013). El cultivo del maíz. Manual para el cultivo del maíz en Honduras.
- CONABIO. (2020). Razas de maíz de México <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz>. Cd. de México. México.

- Cortez, A.M. J. y Ayala, C.D. (2020). Contenido de proteína, hierro y zinc en maíces criollos salvadoreños. *Realidad y Reflexión* 51:25-35, <https://doi.org/10.5377/ryr.v51i0.9842>
- Ramírez-Díaz, J. L.; Ledesma-Miramontes A., Vidal-Martínez V. A., Gómez -Montiel N.O., Ruiz-Corral J.A., Velázquez-Cardelas, G.A., Ron-Parra, J., Salinas-Moreno, Y., Nájera-Calvo L.A. (2015). Selección de maíces nativos como donadores de características agronómicas útiles en híbridos comerciales. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38 (2): 119-131.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2023). Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Junio 2023).
- Wellhausen E. J., L. M. Roberts y E. Hernández X. (1951). En colaboración con P C Mangelsdorf (1951) Razas de Maíz en México. Su Origen, Características y Distribución. SAG, OEE. Folleto Técnico 5, México. 237 p.
- Rangel-Lucio J.A., Santacruz-Varela A., Córdova-Téllez L., García-Rodríguez J.G., Cervantes-Ortíz F., Vaquera-Huerta H., Cuenca-Salgado J.A. (2015). Adaptación y selección de maíces nativos en la región Del Bajío de México por su caracterización morfológica. *Rev. Fitotec. Mex.* 44 (2): 241 – 250.
- Preciado O.R.E., Terrón I.A.D., Aguirre G.A., Noriega G.L.A. Cruz M.A.S. (2009) Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México, segunda etapa 2008-2009. Informe final de los estados de Guanajuato, Querétaro y Michoacán. CONABIO, INIFAP, Ine. 34 p.

ADOPCIÓN DEL MANEJO DE MALEZA EN EL CULTIVO DE GIRASOL EN GUANAJUATO

Miguel Hernández Martínez

Campo Experimental Bajío, INIFAP; E-mail: inifap.miguel@gmail.com

RESUMEN

En México para el control de maleza en el cultivo de girasol, no existe recomendaciones de herbicidas comerciales específicos, para el control de maleza de hoja ancha y de hoja angosta, por lo que el productor que siembra girasol, realiza un control combinado de control mecánico y control manual, los cuales realiza a los primeros 20 y 35 días respectivamente, después de la siembra, lo cual representa un alto costo de la inversión en mano de obra. La nueva tecnología consiste en la aplicación del herbicida trifluralina en su nueva fórmula denominada Premierlin 600 CE, que es insensible a la foto degradación solar, aplicando en pre-emergencia la dosis comercial de 2.0 L/ha, diluidos en 200 L de agua y en seguida aplicar el riego de nacencia y bajo condiciones de temporal aplicar el herbicida en los primeros 5 días después de la siembra y antes de que nazca el cultivo, siempre que el suelo tenga buena humedad. Para la adopción de la tecnología se aplicó la recomendación en tres parcelas en los municipios de Comonfort, Salvatierra e Irapuato en el estado de Guanajuato. Los resultados del control de maleza promedio de las localidades fueron, para hoja ancha fue de 91% y para hoja angosta del 92%. Lo anterior resulta más económico para el productor de girasol del estado de Guanajuato que el control combinado de mecánico y manual.

Palabras Clave: *Helianthus annuus, control químico, rentabilidad, ahorro de mano de obra.*

ABSTRAC

In Mexico, for weed control in sunflower cultivation, there are no recommendations for specific commercial herbicides for the control of broadleaf and narrowleaf weeds, so the producer who sows sunflower carries out a combined control of mechanical control. and manual control, which is carried out in the first 20 and 35 days respectively, after planting, which represents a high cost of investment in labor. The

new technology consists of the application of the herbicide trifluralin in its new formula called Premierlin 600 CE, which is insensitive to solar photodegradation, applying in pre-emergence the commercial dose of 2.0 L/ha, diluted in 200 L of water and in Then apply irrigation at birth and under rainfed conditions apply the herbicide in the first 5 days after sowing and before the crop is born, as long as the soil has good humidity. For the adoption of the technology, the recommendation was applied in three plots in the municipalities of Comonfort, Salvatierra and Irapuato in the state of Guanajuato. The results of the average weed control of the localities were, for broadleaf it was 91% and for narrowleaf it was 92%. The above is more economical for the sunflower producer in the state of Guanajuato than the combined mechanical and manual control.

Keywords. *Helianthus annuus*, chemical control, profitability, labor savings.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial los principales países que destacan por la superficie sembrada y cosechada de girasol son: Rusia con el 29%, Ucrania 29%, Argentina 9%, Rumania 9% y China 8% (Bye et al., 2009). México es parte del centro de origen del girasol (*Helianthus annuus*) (Lentz et. al., 2001). Se considera que el girasol fue llevado de América a Europa (Heiser, 1998), por colonizadores españoles, ingleses y franceses. Todas las subespecies son naturales de América (Harter, 2004), sin embargo, se le ha dado poca o nula importancia al cultivo en México (Rieseberg y Seiler, 1990). En México la superficie sembrada en 2020 de 2,779 ha y una producción de 4,950 t de grano, con rendimiento promedio de 1.79 tha⁻¹. México no es autosuficiente, por lo que el grano de aceite es importado de E.U.A. y de Argentina, ya que no existe programa de mejoramiento en México (CONASIPRO, 2014; Márquez, 1988). El Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos, considera que solo se ha colectado el 25% de la diversidad genética del girasol silvestre (Lentz et. al., 2008). Los principales estados productores son: Guanajuato 30%, Zacatecas 22%, Sonora 20%, Jalisco 18% y Tamaulipas 10%. Desde el 2013 se ha promovido la siembra de girasol en el estado de Guanajuato, a través de la Secretaría de Desarrollo Agroalimentario y Rural (SDAyR, 2020) y a partir del 2015, se ofrece

agricultura por contrato (AC), para la siembra de girasol alto oleico. Las empresas que ofrecen AC son las siguientes: Aceites Especiales Tron Hermanos de Morelia, AK de Jalisco; PepsiCo y Aceites el Mayo. En 2018-19 se sembró y cosecho 1,300 hectáreas de girasol Alto Oleico en AC, en Guanajuato (INEGI, 2022).

Actualmente el cultivo de girasol, es una alternativa bajo temporal que mejora el ingreso de los productores agrícolas, que están interesados en el cultivo de girasol (Bukasov, 1981), debido a que se minimiza la pérdida por sequía, presenta mayor tolerancia a las heladas, superando al maíz y al frijol, por lo que el girasol, es considerado como un cultivo estratégico ante los escenarios provocados por el cambio climático (Rincón y Hernández, 2000).

Actualmente no existe en el mercado herbicidas específicos para el control de hoja ancha y angosta para este cultivo, por lo que el productor realiza un control combinado de mecánico y deshierbe manual a los 20 y 35 días después de la siembra, cuyo gasto consiste en el pago de 15 jornales (\$ 250/jornal), una o dos escardas (\$ 700/escarda), da un costo total de \$ 5,150.00/hectárea. Esto representa un costo alto e imprescindible, ya que, de no controlar la maleza, el rendimiento de grano disminuye fuertemente hasta en un 80%, es decir disminuye en 2,400 kg/ha el rendimiento bajo condiciones de riego, de un promedio de rendimiento esperado de 3,000 kg/ha y bajo condiciones de temporal disminuye 1,600 kg/ha de un total esperado de 2,000 kg/ha (Hernández, 2011). Para resolver la problemática de la maleza de hoja ancha y angosta, en el Campo Experimental Bajío se probó 14 formulaciones y/o productos para el control de maleza y se encontró que el producto denominado Premerling 600 CE (Trifluralina) insensible a la foto degradación aplicado en pre-emergencia antes del riego de siembra controla cerca del 90% la maleza y que bajo condiciones de temporal se pudo aplicar en los primeros 5 a 6 días antes de que nazca el cultivo controlando la maleza de hoja ancha y angosta. El objetivo fue transferir la adopción del manejo de maleza mediante el control químico con Premerling 600 CE en el cultivo de girasol aplicando la dosis comercial recomendada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El INIFAP recomendó la aplicación en pre-emergencia, de trifluralina en su nueva presentación Premierling 600 CE, en la dosis recomendada comercialmente 2.0 L/ha diluida en 200 L de agua. En el caso de la siembra bajo condiciones de temporal debe tener humedad en por lo menos 10 cm de profundidad en el fondo del surco, para poder el herbicida, teniendo una ventana de oportunidad de 5 días antes de la nacencia de la plántula, lo que representa una tecnología eficiente y rentable para el productor de girasol. Para promover y transferir la tecnología entre los productores de girasol, se dispuso de sembrar parcelas de transferencia con los productores cooperantes y con asesoría de técnicos de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Rural (SDAyR) del estado de Guanajuato en coordinación con el INIFAP.

Las parcelas de transferencia establecidas fueron tres, una con el productor Luciano Espinoza Razo en la localidad de Neutla del municipio de Comonfort; otra en el ejido Los García en Urireo de Salvatierra, Gto., con el productor Sr. Francisco Rodríguez Pérez; y la tercera en las instalaciones del Distrito de Riego No. 11 “Alto Lerma” en Irapuato. El híbrido de girasol sembrado fue Syngenta 3950, en una superficie de 1.0 ha en cada localidad, bajo condiciones de riego, con un manejo agronómico de fertilización todo a la siembra, la fórmula 80-40-00 (N-P-K), aplicando el herbicida en pre-emergencia una vez que se sembró, enseguida se aplicó el riego de nacencia y posteriormente tres riegos de auxilio con calendario a los 35, 70 y 110 días después de la siembra.

Variables registradas en cada localidad fueron: 1) Frecuencia de cada especie de maleza presente en los surcos testigos en cada módulo, para lo cual se dejó 4 surcos sin aplicar herbicida para referencia de la presencia de maleza, haciendo el conteo de especies y su frecuencia a los 20 días (posteriores a la siembra) en 4 repeticiones a lo largo de los surcos; 2) Frecuencia de maleza presente en cada módulo a los 20 días después de que se aplicó el control químico; lo anterior se expresó en porcentaje, se analizó previa transformación de los datos a arcoseno; 3) Rendimiento de grano al 12% de humedad, en toneladas por hectárea en la parcela sin control y con control químico tomando 4 muestras de 10 m de longitud (ancho

de surco 0.80 m). Se realizó la prueba de t (Student) para las comparaciones del testigo sin aplicación vs, con aplicación química.

Los eventos de capacitación a los productores fueron referentes a la calibración de equipo aspersor, conteo y frecuencia de cada especie y tipo de maleza, realizándose en las tres localidades es decir con el productor Luciano Espinoza Razo en la localidad de Neutla del municipio de Comonfort, otra en el ejido Los García en Urireo de Salvatierra, Gto., con el productor Sr. Francisco Rodríguez Pérez y la tercera en las instalaciones del Distrito de Riego No. 11 “Alto Lerma” en Irapuato, Guanajuato.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las parcelas se establecieron en la segunda quincena del mes de junio, en los municipios de Comonfort, Salvatierra e Irapuato, en una superficie de 1.0 hectárea, se aplicó el herbicida Premerlin 600 CE en dosis de 2.0 L/ha diluidos en 200 litros de agua y a cuatro surcos, no se les aplicó herbicida para representar el testigo sin aplicar, enseguida se dio el riego de nacencia. A los 20 días se evaluó el control químico en realizando conteos de la maleza controlada en comparación a los conteos de la maleza presente en los surcos sin control químico. Lo anterior se realizó en cada localidad usando para el muestreo un cuadrante de 25 x 25 cm en ocho repeticiones.

Localidad de Neutla municipio de Comonfort, Guanajuato. En el Cuadro 1, se muestra la frecuencia de cada especie de maleza que se presentó en el muestreo, que en general fueron 8 en el testigo sin aplicar, en comparación al muestreo donde sí se aplicó el control químico con Premerlin 600 CE en la dosis recomendada, así como el porcentaje promedio de control químico para cada especie de maleza. También se observa los resultados de las comparaciones realizadas mediante la prueba de Student al 5%, al comparar las diferencias entre conteos entre el testigo sin aplicar contra tratamiento con control químico.

Cuadro 1. Localidad Neutla en el municipio de Comonfort, Guanajuato, promedio de la frecuencia de especies de maleza muestreadas sin control químico y con control químico y el porcentaje promedio de control de cada especie.

Especie de maleza	Frecuencia Testigo sin control	Frecuencia con control químico	% de control de maleza
Verdolaga <i>Portulaca oleracea</i>	21	0	100
Malva <i>Malva parviflora</i>	15	1	93
Quelite bleo <i>Amaranthus</i> sp.	26	2	92
Zacate Johnson <i>Sorghum halepense</i>	35	5	86
Zacate azul <i>Poa annua</i>	8	0	100
Zacate pinto <i>Echinochloa colona</i>	24	2	92
Zacate bermuda <i>Cynodon dactylon</i>	26	2	92
Zacate agua <i>Ixophorus unisetus</i>	15	1	93
Pasto pelillo <i>Eragrostis mexicana</i>	8	1	87
t de Student 5%	b	a	

Localidad de Acámbaro, Guanajuato. En el Cuadro 2, se muestra la frecuencia de cada especie de maleza que se presentó en el muestreo, que en general fueron 9 en el testigo sin aplicar, en comparación al muestreo donde sí se aplicó el control químico con Premerlin 600 CE en la dosis recomendada comercialmente 2.0 L/ha diluida en 200 L de agua, así como el porcentaje promedio de control químico para cada especie de maleza. También se observa los resultados de las comparaciones realizadas mediante la prueba de Student al 5%, al comparar las diferencias entre conteos entre el testigo sin aplicar contra tratamiento con control químico.

Cuadro 2. Localidad Urireo en el municipio de Acámbaro, Guanajuato, frecuencia de especies de maleza muestreadas sin control químico y con control químico y porcentaje promedio de control de cada especie.

Especie de maleza	Frecuencia Testigo sin aplicar	Frecuencia con Control químico	% de control de maleza
Verdolaga <i>Portulaca oleracea</i>	15	0	100
Malva <i>Malva parviflora</i>	21	2	90
Quelite bleo <i>Amaranthus</i> sp.	14	1	93
Zacate Johnson <i>Sorghum halepense</i>	21	2	90
Zacate azul <i>Poa annua</i>	5	0	100
Zacate pinto <i>Echinochloa colona</i>	18	1	94
Zacate bermuda <i>Cynodon dactylon</i>	14	1	93
Zacate agua <i>Ixophorus unisetus</i>	12	2	83
Pasto pelillo <i>Eragrostis mexicana</i>	14	1	93
t de Student 5%	b	a	

Localidad en el Distrito de Riego No. 11 en Irapuato, Guanajuato. En el Cuadro 3, se muestra la frecuencia de cada especie de maleza que se presentó en el muestreo, que en general prácticamente fueron las mismas especies en las tres localidades, en el testigo sin aplicar, en comparación al muestreo donde sí se aplicó el control químico con Premerlin 600 CE en la dosis recomendada comercialmente 2.0 L/ha diluida en 200 L de agua, así como el porcentaje promedio de control químico para cada especie de maleza. También se observa los resultados de las comparaciones realizadas mediante la prueba de Student al 5%, al comparar las diferencias entre conteos entre el testigo sin aplicar contra tratamiento con control químico.

Cuadro 3. Localidad Distrito de Riego No. 11 “Alto Lerma” en el municipio de Irapuato, Guanajuato, frecuencia de especies de maleza muestreadas sin control químico y con control químico y porcentaje promedio de control de cada especie.

Especie de maleza	Frecuencia Testigo sin aplicar	Frecuencia con Control químico	% de control de maleza
Verdolaga <i>Portulaca oleracea</i>	24	2	92
Malva <i>Malva parviflora</i>	23	3	87
Quelite bleado <i>Amaranthus</i> sp.	22	2	91
Zacate Johnson <i>Sorghum halepense</i>	20	3	85
Zacate azul <i>Poa annua</i>	2	0	100
Zacate pinto <i>Echinochloa colona</i>	20	2	90
Zacate bermuda <i>Cynodon dactylon</i>	28	3	89
Zacate agua <i>Ixophorus unisetus</i>	8	0	100
Pasto pelillo <i>Eragrostis mexicana</i>	4	0	100
t de Student 5%	b	a	

Se puede observar al analizar los tres cuadros, que la localidad de Comonfort, presento la mayor cantidad de maleza, seguida por la localidad de Irapuato y por último la localidad de Acámbaro. Al analizar los porcentajes de control en general de las tres localidades se obtuvo que en general el porcentaje de control para la maleza de hoja ancha fue de 92% y de maleza de hoja angosta fue arriba del 91% y con un menor costo al productor que por lo general da un cultivo a los 20 días de nacido el cultivo y un deshierbe manual a los 35 días.

Se muestra en el Cuadro 4, el rendimiento de grano de girasol obtenido por hectárea en las diferentes localidades bajo riego a las cuales se les aplicó el herbicida

Premierlin, así como también el rendimiento muestreado de los cuatro surcos que representaron al testigo sin control químico y el porcentaje de disminución del rendimiento, que en promedio de las tres localidades fluctuó de 79% a 84%. Lo anterior refleja la importancia del manejo de control de maleza en el cultivo, beneficiando al productor.

Cuadro 4. Rendimiento de grano de girasol por localidad, con control químico y sin control químico y porcentaje de disminución del rendimiento. si no se hubiera controlado.

Módulo / Rendimiento	Control químico Kg/ha	Sin control químico Kg/ha	% disminución del rendimiento
Loc. Comonfort	3,120	485	-84.4
Loc. Salvatierra	3,280	681	-79.2
Loc. Irapuato	2,970	542	-80.0

Los eventos de capacitación-demostrativos en general en las localidades o módulos se realizaron a los 50 a 60 días posteriores a la siembra, cerca de la etapa de inicio de botón floral, invitando a los productores interesados en el cultivo de girasol, con una asistencia media de 26 productores interesados por localidad.

La nueva tecnología recomendada, la cual está enfocada en el control de la maleza en el cultivo de girasol tiene un costo de \$ 2,350.00 y la del productor tiene un costo de entre \$ 4,450.00 a \$ 5,150.00. Lo anterior resulta en beneficio del productor, ya que esta tecnología permite al productor de girasol, ahorrar entre el 47% al 54%.

CONCLUSIONES

La aplicación de Premierling 600 CE 2.0 Lha⁻¹ en pre-emergencia permitió el control de la maleza de hoja angosta que fue de un 91% y el control de la maleza de hoja ancha fue de un 92%.

El control químico de la maleza de hoja angosta y ancha con Premierling en el cultivo de girasol, permitió mejorar la rentabilidad del cultivo, al ahorrar el productor poco más del 47% de total que invierte para controlar la maleza.

LITERATURA CITADA

- Bye, R., E. Linares y D. L. Lentz. 2009. México: Centro de origen de la domesticación del Girasol. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, UNAM.12(1):5-12.
- Bukasov, S. M. 1981. Las Plantas Cultivadas de Mexico, Guatemala y Colombia. CATIE GTZ, Turrialba, Costa Rica.
- Harter, A.V. 2004. Origin of extant domesticated sunflowers in eastern North America. Nature 430, 201-205.
- Heiser, B. C. 1998. The domesticated sunflowers in old Mexico? Genetic Resources and Crop Evolution 45:447-449.
- Hernández, M., M. 2011. Cultivos Alternativos para Guanajuato. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias. CIRCE. Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato. Libro Técnico No. 4.
- INEGI, 2022. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Gobierno de la República de México. 158p.
- Lentz, D.L., Pohl, M.E.D., Pope, K.O. & Wyatt, A.R. 2001. Preshistoric sunflower (*Helianthus annuus* L.) domestication in México. Economic Botany 55:370-376.
- Lentz, D.L., Pohl, M.E.D., Alvarado, J.L., Tarighat, S. & Bye, R. 2008. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) as a pre-Columbian domesticate in México. Proceeding of the National Academy of Science 105:6232-6237.
- Márquez. S. F, 1988. Genotecnia Vegetal II. AGT Editor, S.A. México. 665p.
- Rieseberg, L. H. & Seiler, G. 1990. Molecular evidence and the origin and development of the domesticated sunflower (*Helianthus annuus*). Econ. Bot. 44S, 79–91.
- SDAyR. 2020 Secretaria de Desarrollo Agroalimentario y Rural: Análisis de la productividad y rentabilidad de las unidades de producción agroalimentarias del estado de Guanajuato. SDAyR-Gobierno del Estado de Guanajuato. 156p.

Rincón, S. F., y J. M. Hernández C. 2000. Conservación de recursos fitogenéticos en México. En: P. Ramírez V., R. Ortega P., A López H., F, Castillo G., M. Livera M., F. Rincón S. y Zavala G. (eds.) Recursos Fitogenéticos de México para la alimentación y la agricultura, Informe Nacional. SNICS y SOMEFI A. C. Chapingo México.

AISLAMIENTO DE 4 CEPAS DE *Fusarium* spp

Karina Hernández-Zarate¹; Pablo Gasca-Olivares¹; César L. Aguirre-Mancilla¹;
Juan C. Raya-Pérez, Juan G. Ramírez-Pimentel¹; Erika Cañada- Coyote¹.

¹Instituto Tecnológico de Roque. Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Apartado Postal 508, C.
P. 38110 Celaya, Guanajuato. Autor para correspondencia: ericka.cact@gmail.com.

RESUMEN

Uno de los principales problemas para los productores agrícolas son las enfermedades causadas por microorganismos fitopatógenos como el género *Fusarium* el cual causa marchitamiento y daños en diferentes partes de la planta. La identificación de estos microorganismos es de vital ayuda para trabajos futuros en el control y prevención. En este proyecto se aislaron y purificaron 4 cepas de *Fusarium* provenientes de semilla de maíz, las cuales fueron purificadas, estas fueron clasificadas de acuerdo sus características morfológicas y microscópicas, para lo cual, se consideró la coloración del micelio, forma de crecimiento, la capacidad de pigmentar el medio de cultivo PDA. Para la identificación taxonómica de los hongos se utilizó el medio clavel para poder observar sus estructuras. Las características son distintivas de cada especie y nos dan un diagnóstico preliminar de las 4 especies presente en la semilla.

Palabras clave: monospórico, microscópico, conidios, fiálides, tonalidades

ABSTRACT

One of the main problems for agricultural producers are diseases caused by phytopathogenic microorganisms such as the *Fusarium* genus, which causes wilting and damage to different parts of the plant. The identification of these microorganisms is of vital help for future work in control and prevention. In this project, 4 strains of *Fusarium* were isolated and purified from corn seeds. These were purified and classified according to their morphological and microscopic characteristics, for which the color of the mycelium, growth form, and the ability to pigment the PDA culture medium were considered. For the taxonomic identification of the fungi, the carnation

medium was used to observe their structures. The characteristics are distinctive for each species and give us a preliminary diagnosis of the 4 species present in the seed.

Keywords: *monosporic, microscopic, conidia, phialides, shades*

INTRODUCCIÓN

La marchitez causada por *Fusarium* o también llamada podredumbre de raíz, es una de las principales enfermedades en cultivos de suma importancia alimenticia como el maíz en el cual se genera daño en cualquier etapa y parte de la planta, provocando manchas foliares, marchitamiento y pudrición. La pudrición de la mazorca y del tallo por lo general se le atribuye a *Fusarium verticillioides* y *Fusarium graminearum*. (DGSV-CNRF. 2020)

Este género pertenece a los mohos filamentosos que se encuentran distribuidos a nivel mundial en los diferentes tipos de suelo y una gran cantidad de especies son causantes de enfermedades en plantas, animales y humanos. Las especies fitopatógenas afectan gran variedad de cultivos como el maíz, trigo, avena, cebada, frijol, soya, calabaza, melón, sandía, así como algunas semillas oleaginosas, girasol, y linaza, entre muchos más. (Pérez *et al.* 2021)

Para la clasificación macroscópica del género *Fusarium* se considera el crecimiento, coloración del micelio, color de la colonia y pigmentación. (Martínez *et al.* 2018). El color que presenta depende de la especie y va desde un blanquecino, crema, anaranjado, rosa, rojizo, púrpura, además, que el micelio aéreo presenta un aspecto algodonoso. (Pérez *et al.* 2021)

MATERIALES Y METODOS

Para la elaboración de este proyecto se utilizaron 4 cepas de *Fusarium spp* las cuales fueron obtenidas de semillas de maíz con síntomas de la enfermedad aisladas en el Instituto Tecnológico de Roque, Carretera, Juventino Rosas-Celaya

Km.8, 38110, en el laboratorio de biología molecular agroalimentaria del departamento de Posgrado.

Aislamiento de *Fusarium*

Se realizó muestreo en campo de mazorcas de maíz con sintomatología de hongos en INIFAP Campo experimental Bajío, Carretera Celaya San Miguel de Allende Kilómetro 6.5, posteriormente las muestras fueron colocadas en bolsas y etiquetadas para ser trasladadas a laboratorio para su procesamiento.

El proceso de desinfección de la superficie de las semillas se inició con un lavado con agua estéril esto para eliminar impurezas como suelo, posteriormente un lavado con cloro al 2% durante un minuto para después realizar dos enjuagues con agua estéril, consecutivamente se realizó un lavado con etanol al 70% durante un minuto para finalmente lavar dos veces con agua estéril.

Los granos de maíz sanitizados se colocaron en medio de cultivo Agar Papa Dextrosa con un total de 5 granos por caja. Cuando se observó crecimiento de hongos se realizó subcultivo de las morfologías similares a *Fusarium*.

Purificación de cepas de *Fusarium*

Para la purificación de cepas de *Fusarium* se subcutivaron las cepas hasta su esporulación, posteriormente se realizaron diluciones seriadas hasta la 10^{-4} , de la dilución 10^{-3} y 10^{-4} se tomaron 50 μ L y se sembraron por extensión con varilla y las 24 horas de incubación con ayuda de un microscopio se tomaron esporas con el tubo germinativo desarrollado y se subcultivaron en cajas de Agar Papa Dextrosa.

Identificación taxonómica

Para la identificación taxonómica se realizaron subcultivos en Agar Hojas Clavel. (CLA), incubándose durante dos semanas a 28 °C. Cuando el crecimiento llegó a las hojas de clavel se realizaron preparados microscópicos en portaobjetos al cual se colocó una gota de azul de metileno para teñir las estructuras de los hongos. Posteriormente se observó en un microscopio, se tomaron fotografías 40X de las

estructuras y se clasificaron dependiendo el tipo de conidios, fiálides y clamidosporas presentes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aislamiento de cepas de *Fusarium*

Tanto en los granos aparentemente enfermos como los sanos se encontró crecimiento de hongos en la siembra en Agar Papa Dextrosa, los hongos con morfología de *Fusarium* fueron subcultivados y se codificaron como, F20, F21 y F22 y F23.

Descripción morfológica y taxonómica

La cepa de *Fusarium* spp codificada como F20 presentó crecimiento del micelio de textura algodonosa con algunos relieves de color blanco, presentando en el fondo un tono purpura, en la parte posterior de la caja Petri presenta una coloración café rojizo que pigmenta el medio de cultivo como se observa en la figura 1(A). En sus estructuras microscópicas tienes macroconidios con 3 divisiones en forma de canoa, la parte basal de la célula es en forma de pie y presenta monofiálides en forma de roseta como se indica en la figura 1 inciso E. La cepa de *Fusarium* spp codificada como F21 presentó un micelio de apariencia algodonosa, color blanco con rosa, además presenta microconidios ovales pequeños, y polifiálides como se puede observar en la figura 1 (B y F).

La cepa de *Fusarium* spp codificada como F22 tiene crecimiento del micelio en forma algodonosa de color lila y blanco, mientras que en la parte posterior de la caja Petri presenta un color morado como se puede observar en la figura1 (C). En sus estructuras presenta microconidios de dos divisiones, en forma de cadena larga y presenta monofiálides como se puede observar en la figura 1 inciso G. La cepa de *Fusarium* spp F22 presentó un crecimiento algodonoso de color blanco y presenta un relieve en forma de aro de color guinda, en la parte posterior presenta un color morado intenso, casi negro que pigmenta el medio de cultivo, en cuanto a sus

estructuras taxonómicas presenta microconidios de dos divisiones, a la vez que tienen monofiálides como se puede observar en la figura incisos D y H.

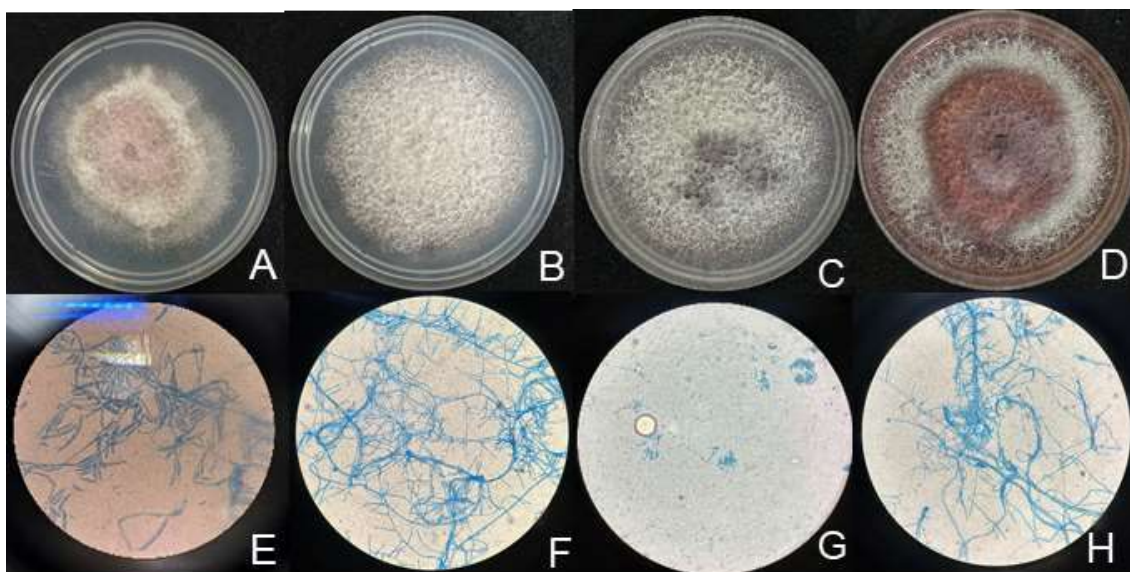


Figura 1. Macromorfología de *Fusarium* aisladas de semilla de maíz con coloración en el micelio de colores morado, blanco y rosa, en medio de cultivo PDA, (F20-A, F21-B, F22-C, F23-D). Estructuras microscópicas como macroconidios y microconidios (F20-E, F21-F, F22-G, F23-)

Se encontró diferencias en las tonalidades del micelio que van desde tonos blancos, morados, lilas o rosas que concuerda con lo encontrado por López-Bautista en 2019 en la caracterización morfológica y molecular de *Fusarium* spp en agave tequilero, además de encontrar tanto macro como microconidios tomando en cuenta lo redactado por Leslie-Summerell (2006) en *The Fusarium laboratory manual*. Por otra parte, Renteria-Martinez (2018) en la descripción y comparación entre morfotipos de *Fusarium* patogénicos en sandía obtuvo una cepa con la capacidad de pigmentar el medio de cultivo PDA el cual se codificó como Fb-67 que coincide tanto características de color como de estructuras microscópicas con la cepa F23 de este trabajo.

CONCLUSIONES

En este trabajo se encontró presencia de *Fusarium* en semilla de maíz el cual es parte fundamental de la alimentación en México. Tomando en cuenta sus características macroscópicas como el color o la forma de crecimiento al igual que

sus características microscópicas se puede clasificar, aunque es necesario realizar la identificación molecular para complementar la información.

LITERATURA CITADA

- Butrago Espinosa, M.C. (2018) Identificación morfológica y molecular de *Fusarium*, aislados del cultivo de piña de la provincia de Panama oeste. Tesis de licenciatura, Universidad de Panama]
- DGSV-CNRF. 2020. Podredumbre de raíces *Fusarium* spp. (*Hypocreales: Nectriaceae*) en trigo. Sader-Senasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha técnica. Tecámac, Estado de México, 18 p
- DGSV-CNRF. 2020. Podredumbre de raíces por *Fusarium* spp (*Hypocreales: Nectriaceae*) en maíz. Sader-Senasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha técnica. Tecámac, Estado de México, 15 p
- DGSV-DCNRF. 2023. Marchitez por fusarium. (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical, Foc R4T). Sader-Senasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Dirección del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha Técnica. Tecámac, Estado de México. 10 p.
- Figueroa-Rivera, M. R.G.A.C.H.B.P.E.E. (2010). Caracterizacion de especies de *Fusarium* asociados a la pudricion de raiz de maiz en Guanajuato, México. Revista mexicana de fotopatologia , 11
- Islam, M.N.; Tabassum, M.; Banik, M.; Daayf, F.; Fernando, W.G.D.; Harris, L.J.;Sura, S.; Wang, X. Naturally Occurring *Fusarium* Species and Mycotoxins in Oat Grains from Manitoba, Canada. Toxins 2021, 13, 670. <https://doi.org/10.3390/toxins13090670>
- John F. Leslie, B. A. (2006). The *Fusarium* Laboratory Manual. Australia: Blackwell.

- Lopez-Bautista, V. M.A.E.R.B.C.S.P. (2019). Caracterización morfológica y molecular de *Fusarium* spp. asociado a la ocurrencia regional de marchitez y pudrición seca del cogollo en Agave tequilana. Revista mexicana de fitopatología, 28.
- Martínez, M. E. (21 de Septiembre de 2018). Descripción y comparación entre morfotipos de *Fusarium brachygibbosum*, *F. falciforme* y *F. oxysporum* patogénicos en sandía cultivada en Sonora, México. Revista mexicana de fitopatología, 10.
- María Cristina Julia Pérez Reyes, Gabriela Sánchez Hernández, Rebeca Martínez Flores, José Luís Garza Rivera, Juan Espinoza Rodríguez. (01 de Enero de 2021). Masam.cuautitlan, de UNAM: https://masam.cuautitlan.unam.mx/mohos_toxigenos_unigras/fusarium.html#:~:text=Formas%20t%C3%ADpicas%20de%20los%20macroconidios,basal%20tiene%20forma%20de%20pie. Fecha de consulta: . Recuperado el 07 de Octubre de 2014
- Morales Palacio, M. E. (2014). Caracterización morfológica y evaluación de resistencia a *Fusarium oxysporum* en especies silvestres de género *Solanum* sección *Lycopersicon*. Colomb. Biotecnol, 62-73.
- Renteria-Martinez, m. G.-C.-M.-S. (2019). Description and comparison among morphotypes of *Fusarium brachygibbosum*, *F. falciforme* and *F. oxysporum* pathogenic to watermelon in Sonora, México. Revista mexicana de fitopatología, 16-34.
- Scherm, b. B. (2011). *Fusarium culmorum*: casual agent of foot and root rot and head blight on wheat. Molecular Plant Pathology, 19.

AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL (BPCV)

Arleth Stephanie Arias Negrete¹, María Fernanda Vázquez Ramírez², Jonatan Carmen Rangel Núñez³, Patricia González Granados¹, Oscar Jesús Ortiz Arrazola¹

¹Tecnológico Nacional de México/ITS Abasolo. Blvd. Cuitzeo de los Naranjos #401, Col. Cuitzeo de los Naranjos Abasolo, Guanajuato, C.P 36976. Correspondencia: oscar.oa@abasolo.tecnm.mx.

²Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato. Av. Camino Real 1156, Residencial Los Sauces, C.P. 36547 Irapuato, Gto. ³Investigador postdoctoral CONAHCyT, Departamento de Alimentos, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato.

RESUMEN

El objetivo de este proyecto consistió en aislar y caracterizar bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV) a través de pruebas bioquímicas. Primero, se tomaron muestras de suelo de cinco diferentes parcelas con cultivo de agave del municipio de Abasolo, Guanajuato. Se les realizó dilución seriada y fueron sembradas en medio selectivo Burk. Se seleccionaron 40 colonias por cada muestra de suelo agrícola. Estas se inocularon individualmente en medio líquido Ty y, posteriormente, cada una fue sembrada en medios enriquecidos con fósforo, potasio y zinc para medir su potencial de solubilización. Las placas se incubaron por 48 h identificando el halo de crecimiento. Se aislaron 28 colonias con potencial de solubilización de zinc, 42 colonias solubilizadoras de potasio y 82 colonias solubilizadoras de fósforo. En M1S1 se identificaron 13 colonias bacterianas solubilizadoras de zinc y fósforo y solo 2 colonias solubilizadoras de potasio. En el M2S2, 1 colonia solubilizadora de zinc, 2 colonias solubilizadoras de potasio y 6 solubilizadoras de fósforo. En el M3S3, 11 colonias solubilizadoras de zinc, 8 colonias solubilizadoras de potasio y 16 solubilizadoras de fósforo. En el M4S4, 15 colonias solubilizadoras de potasio y 33 solubilizadoras de fósforo. En el M5S5, 3 colonias solubilizadoras de zinc, 11 colonias solubilizadoras de potasio y 14 solubilizadoras de fósforo. Con ello se concluye que en los suelos agrícolas del municipio de Abasolo existe una amplia diversidad de bacterias rizosféricas con

potencial de solubilización de zinc, fósforo y potasio presentes. Por lo tanto, las colonias aisladas en esta investigación deben ser estudiadas más profundamente.

Palabras Clave: *Fósforo, Potasio, Zinc, Nutriente, Suelo, Agave*

ABSTRACT

The objective of this project was to isolate and characterize plant growth-promoting bacteria (PGPB) through biochemical tests. First, soil samples were taken from five different agricultural fields cultivated with agave in Abasolo, Guanajuato. Serial dilution was carried out and they were inoculated in Burk selective medium. 40 colonies were selected for each agricultural soil sample. These were inoculated individually in Ty liquid medium and, subsequently, each one was inoculated in medium enriched with phosphorus, potassium and zinc medium to measure its solubilization potential. The plates were incubated for 48 h. We were identifying the growth Edge, 28 colonies with zinc solubilization potential, 42 potassium solubilizing colonies and 82 phosphorus solubilizing colonies were isolated. In M1S1, 13 zinc and phosphorus solubilizing bacterial colonies and only 2 potassium solubilizing colonies were identified. In M2S2, 1 zinc solubilizing colony, 2 potassium solubilizing colonies and 6 phosphorus solubilizing colonies. In M3S3, 11 zinc-solubilizing colonies, 8 potassium-solubilizing colonies and 16 phosphorus-solubilizing colonies. In M4S4, 15 potassium-solubilizing colonies and 33 phosphorus-solubilizing colonies. In M5S5, 3 zinc-solubilizing colonies, 11 potassium-solubilizing colonies and 14 phosphorus-solubilizing colonies. This concludes that in the agricultural soils of Abasolo there is a wide diversity of rhizospheric bacteria with the potential to solubilize the zinc, phosphorus and potassium present. Therefore, the isolated colonies in this research should be studied further.

Keywords: *Phosphorus, Potassium, Zinc, Nutrient, Soil, Agave*

INTRODUCCIÓN

Las bacterias promotoras de crecimiento vegetal y la interacción que tienen con las raíces de las plantas han jugado un papel importante en la adaptación y productividad de las especies, siendo de gran interés para el área agrícola debido

a las actividades que realizan en el suelo. Por ejemplo, facilitan la fertilización y con ello, los sistemas de cultivo obteniendo una mejor producción, además, aminoran el impacto en los suelos por el uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos. Se ha demostrado que estas bacterias han mejorado el crecimiento, la producción y la salud de las plantas de una forma directa mediante mecanismos que incluyen la asimilación de nutrientes esenciales mediante diversos procesos como la fijación de nitrógeno, solubilización del fósforo, potasio y zinc (Velasco-Jiménez et al., 2020).

El fósforo es un elemento esencial para el desarrollo y funcionamiento vegetal. Se involucra en el desarrollo de la raíz, el crecimiento y la floración cumpliendo con el proceso de la fotosíntesis (Corrales-Ramírez et. al, 2014). Algunos microorganismos del suelo, dentro de las denominadas bacterias promotoras de crecimiento vegetal, tienen la capacidad de solubilizar el fósforo hacia formas disponibles para que la planta pueda aprovecharlo y así satisfacer sus requerimientos mediante la mineralización y solubilización de compuestos secundarios. Los géneros de bacterias solubilizadoras de fósforo son *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobiu* y *Burkholferia* (Martínez y Ortega, 2021).

El zinc es un micronutriente presente en el suelo. Las plantas lo adquieren a través de las raíces como ion divalente y lo utilizan para desarrollar los brotes y hojas (Ojeda-Barrios et al., 2010). Como menciona Ghevariya y Desai (2014), el zinc es un micronutriente esencial que está presente en el sistema enzimático como cofactor o activador metálico de muchos organismos, incluidas las plantas.

Por su parte, el potasio es el séptimo elemento más abundante en la corteza terrestre y es de suma importancia en el desarrollo de las plantas ya que favorece el crecimiento, nodulación y su adaptación hacia cambios ambientales (Arias et al., 2020).

Se han realizado numerosas investigaciones sobre la función de las rizobacterias en diversas gramíneas como caña de azúcar, trigo, cebada entre otros cultivos como el frijol. En el presente trabajo se tuvo como objetivo aislar y caracterizar

bacterias solubilizadoras de zinc, fósforo y potasio a partir de suelos agrícolas con cultivo de agave del municipio de Abasolo, Guanajuato.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras fueron tomadas a partir de suelo rizosférico de cultivo de agave (*Agave tequilana Weber*) de diferentes localidades del municipio de Abasolo, Guanajuato con la técnica de cinco de oros (Florencio, 2024). La nomenclatura de cada muestra, así como datos referentes a su lugar de origen se observa en la Cuadro 1.

Cuadro 1: Ubicación de los cultivos de agave.

Código	Coordenadas	Comunidad	Tipo de cultivo
M1S1	20°27'49"N 101°28'55" W	La peña	Agave
M2S2	20°23'37." N 101°34'44" W	El novillero	Agave
M3S3	20°23'14.8" N 101°34'07.2" W	Ojos de Agua	Agave
M4S4	20°28'42" N 101°28'26" W	San Gregorio	Agave
M5S5	20°27'44" N 101°28'27" W	Ejido San Telmo de Roa	Agave

Aislamiento de bacterias

Para el procesamiento de las muestras se tomó 1 g de cada muestra de suelo rizosférico y se realizó dilución seriada 10⁴. Se tomaron 100 µl de cada suspensión y se sembraron en el medio de cultivo selectivo Burk (0.1 g de sulfato de magnesio, 0.0025 g de sulfato de hierro, 0.01 g de fosfato monopotásico, 0.4 g de fosfato bipotásico, 0.0012 g de molibdato sódico, 2.5 g de glucosa, 0.00425 g de cloruro de calcio y 8g de agar) para aislar bacterias fijadoras de nitrógeno. Se seleccionaron 40 colonias por cada muestra de suelo (200 colonias aisladas en total) (Buchanan y Gibbonns,1994).

Prueba de solubilización en medio zinc

Las 40 colonias de cada muestra de suelo se sembraron individualmente en medio líquido Ty. Posteriormente, se tomaron 100 μ L y se colocaron en medio Pikovskaya suplementado con óxido de zinc para la solubilización de este mineral (0.025 g de extracto de levadura, 0.025 g de sulfato de amonio, 0.01 g de cloruro de potasio, 0.005 g de sulfato de magnesio, 0.000005 g de sulfato de hierro, 0.000005 g de sulfato de manganeso, 0.6 g de óxido de zinc, 0.125 g de azul de bromocresol y 7.5 g de agar).

Prueba de solubilización en medio de potasio

Las 40 colonias de cada muestra de suelo se sembraron individualmente en medio líquido Ty y, posteriormente, se tomaron 100 μ L y se colocaron en medio para la solubilización de potasio (0.25 g de levadura, 5 g de glucosa, 0.25 g de nitrato de potasio, 0.25 g de sulfato de amonio, 0.1 g de cloruro de potasio, 0.05 g sulfato de magnesio, 0.005 g de sulfato de manganeso, 0.00005 g de sulfato de hierro, 8 g de levadura y 0.001 g de azul de bromocresol para la tinción). Se ajustó el pH a 7.2.

Prueba de solubilización en medio de fósforo

Las 40 colonias de cada muestra de suelo se sembraron individualmente en medio líquido Ty y, posteriormente, se tomaron 100 μ L y se colocaron en medio para la solubilización de fósforo (0.25 g de levadura, 5 g de glucosa, 2.5 g de fosfato de calcio, 0.25 g de sulfato de amonio, 0.1 g de cloruro de potasio, 0.05 g de sulfato de magnesio, 0.00005 g de sulfato de manganeso, 0.00005 g sulfato de hierro, 0.005 g de purpura de bromocresol para la coloración y 7.5 g de agar). Se ajustó el pH a 7.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Colonias en medio Burk

Se analizaron cinco puntos de muestreo de suelos agrícolas para el aislamiento de colonias bacterianas. Las muestras diluidas se sembraron en medio Burk. Se realizó el conteo de colonias con la aplicación “Colony Counter” (versión 3.0). De M1S1 se

obtuvieron 167 colonias; M2S2, 153 colonias; M3S3, 78 colonias aisladas; M4S4, 68 colonias y de M5S5, 144 colonias. Del total de colonias aisladas únicamente seleccionaron y analizaron 40 colonias de cada muestra, es decir, 200 en total.

Prueba de solubilización de zinc

De acuerdo con las pruebas realizadas, de las 200 colonias analizadas, se encontraron al menos 24 colonias de bacterias solubilizadoras de zinc. Esto fue corroborado mediante observación. Cuando la colonia era positiva, se observó un cambio de color en medio circundante: amarillo en el centro con un halo de un color más claro alrededor de la colonia (figura 1). En M1S1 se obtuvieron 13 colonias bacterianas solubilizadoras de zinc; en M2S2, 1 colonia; en M3S3, 11 colonias y en M5S5, 3 colonias. En M4S4 no se aisló ninguna colonia bacteriana solubilizadora de zinc.

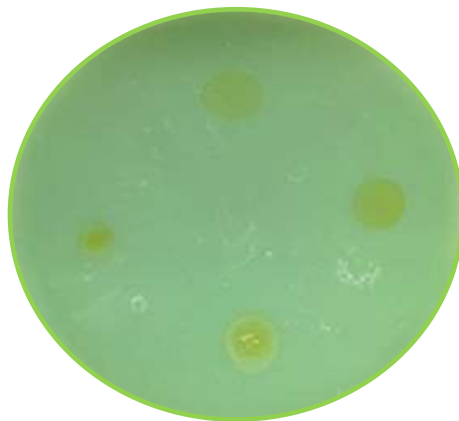


Figura 1. Colonias bacterianas positivas a la solubilización de zinc. Se observa el cambio de color en el medio de cultivo conforme la colonia crece (amarillo).

Como hace mención Pira-López (2020), el zinc se presenta en el suelo como un mineral que, al cambiar su composición, libera iones para que así las plantas puedan aprovecharlo y desarrollarse plenamente. Esta solubilización sucede gracias a los microorganismos como las bacterias presentes en la rizósfera del suelo, que al realizar sus procesos metabólicos facilitan que el zinc se encuentre de forma soluble y asimilable para las plantas. Por otro lado, García et al., (2015), en su investigación sobre bioabsorción de zinc y el uso de bacterias promotoras de

crecimiento vegetal, indica que las bacterias que son positivas a la solubilización de zinc se tornan con una mancha en la solución de agar nutriente con un color amarillento intenso como se hizo mención en el presente proyecto.

Prueba de solubilización de potasio

De las 200 muestras analizadas se obtuvieron 42 colonias de bacterias solubilizadoras de potasio. La prueba se considera positiva si hay un cambio de color y crecimiento de la colonia, dando un color verde claro en el centro y un color blanco o verde oscuro alrededor de la colonia, como se muestra en la figura 2.

En M1S1 se encontraron 2 colonias positivas a la solubilización de potasio; M2S2, 6 colonias; M3S3, 8 colonias positivas; M4S4, 15 colonias y M5S5, 11 colonias positivas para potasio.

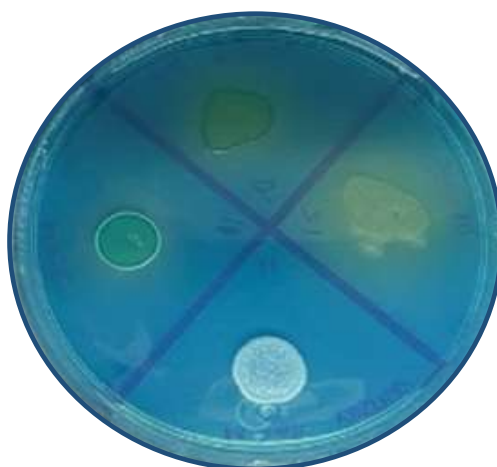


Figura 2. Colonias bacterianas positivas a la solubilización de potasio. Se observa el cambio de color en el medio de cultivo conforme la colonia crece (verde y blanco).

Como hace mención Arias et al., (2020), el potasio es de suma importancia en la nutrición vegetal, ya que determina diferentes procesos fisiológicos y metabólicos, como el crecimiento, nodulación, apertura del estoma y también la adaptación de la planta a los cambios ambientales. Por otro lado, Pérez et al., (2021), comenta que,

las bacterias solubilizadoras de potasio desarrollan un halo a las 48 horas de haberse inoculado en el medio selectivo, tal como se demostró en este trabajo.

Prueba de solubilización de fósforo

De las 200 muestras analizadas, se encontraron 82 colonias de bacterias solubilizadoras de fósforo. La prueba se considera positiva si hay un cambio de color y crecimiento de la colonia, dando un tono amarillo en medio del cultivo seguido de un tono verde oscuro en el centro de la colonia y un halo color blanco, como se muestra en la figura 3.

En M1S1, se encontraron 13 colonias positivas para fósforo; M2S2, 6 colonias; M3S3, 16 colonias; M4S4, 33 colonias y M5S5, se encontraron 14 colonias positivas para la solubilización de fósforo.

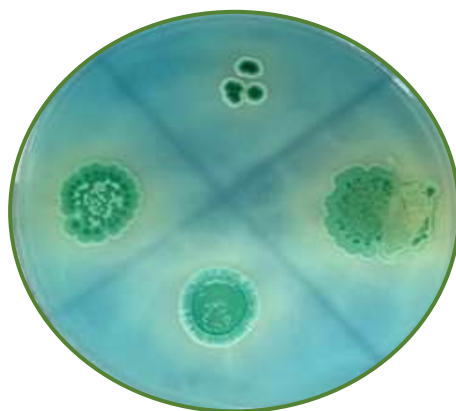


Figura 3. Colonias bacterianas positivas a la solubilización de fósforo. Se observa el cambio de color en el medio de cultivo conforme la colonia crece (verde oscuro con halo blanco).

Como refiere Villegas-Espinoza et. al, (2014), en el suelo el fósforo es un elemento esencial debido a que ayuda al crecimiento de las plantas. Estas lo adquieren a partir del suelo en forma inorgánica y en estado soluble como fosfato mono y dibásico. Algunos microorganismos como las bacterias van asociadas directo a las raíces, tienen la habilidad de incrementar el crecimiento de las plantas y su productividad.

CONCLUSIONES

De las cinco muestras tomadas de suelos agrícolas con cultivo de agave de diferentes comunidades del municipio de Abasolo, Guanajuato se obtuvieron 28 colonias positivas para solubilización de zinc, 42 aislados positivos para solubilización de potasio y 82 colonias positivas para fósforo.

El S4M4 fue el suelo en el que mayor número de colonias solubilizadoras de potasio y fósforo se aislaron, pero ninguna colonia solubilizadora de zinc (48 en total). Mientras que S2M2 fue en dónde menos colonias se aislaron (13 en total entre solubilizadoras de zinc, potasio y fósforo). El M3S3 fue en el que se obtuvo un número de colonias similar para los tres tipos de solubilización (zinc, potasio y fósforo) con un total de 35.

La variabilidad de los resultados es interesante de analizar en un futuro próximo, pues se podría suponer que las condiciones particulares de cada parcela influyen en el número y propiedades de las colonias bacterianas presentes. Todos estos aislados tienen un potencial para ser utilizados como bacterias promotoras de crecimiento vegetal en el sentido de facilitadoras en la obtención de nutrientes esenciales.

LITERATURA CITADA

- Arias, D., López, V. G., & Rodríguez, D. A. L. (2020). Análisis bioinformático de D-glicerato deshidrogenasa de *Paenibacillus mucilaginosus* K02 implicada en la solubilización de potasio. *Microciencia*, (9), 10-22.
- Buchanan, R.E. and Gibbons, N.E. (1974) *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 8th Edition, Williams and Wilkins, Baltimore, 1268 p.
- Corrales Ramírez, L. C., Arévalo Gálvez, Z. Y., y Moreno Burbano, V. E. (2014). Solubilización de fosfatos: una función microbiana importante en el desarrollo vegetal. *Nova*, 12(21), 68-79.

- Florencio, J. (2024) Manual de muestreo programa de vigilancia epidemiológica fitosanitaria. SENASICA, versión 2.0, 1-46.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/895962/MANUAL_DE_MUESTREO_2024.pdf
- García, R. A., Lovaisa, N. C., y Ulla, E. L. (2015). Aislamiento y caracterización de bacterias solubilizadoras de fosfatos del Noroeste Argentino y su efecto en la promoción de crecimiento en maíz (*Zea mays* L.). Revista Agronómica del Noroeste Argentino, 35(1), 13-28.
- Ghevariya, K., y Desai, P. (2014). Rhizobacteria of Sugarcane: *In vitro* Screening for Their Plant Growth Promoting Potentials. Research Journal of Recent Sciences, 3, 52–58.
- Martínez, M., y Ortega, R., (2021) Microorganismos que solubilizan el fósforo para que los cultivos puedan aprovecharlo. Mundoagro. <https://mundoagro.cl>
- Ojeda-Barrios, D. L., Perea Portillo, E., Hernández Rodríguez, O. A., Escudero-Almanza, D. J., Martínez-Téllez, J. J., y López-Ochoa, G. R. (2010). El zinc como promotor de crecimiento y fructificación en el nogal pecanero. Tecnociencia Chihuahua, 4(2), 64-71.
- Pira López, M. (2020). Identificación de posibles genes involucrados en la solubilización de zinc por proteobacterias de rizósfera de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) (Doctoral dissertation, Universidad del Valle de Guatemala).
- Velasco-Jiménez, A., Castellanos-Hernández, O., Acevedo-Hernández, G., Aarland, R. C., y Rodríguez-Sahagún, A. (2020). Bacterias rizosféricas con beneficios potenciales en la agricultura. Terra Latinoamericana, 38(2), 333-345.
- Villegas-Espinoza, J. A., Rueda-Puente, E. O., Murillo-Amador, B., Puente, M. E., Ruiz-Espinoza, F. H., Zamora-Salgado, S., & Beltrán Morales, F. A. (2014). Bacterias promotoras de crecimiento de plantas autóctonas y su efecto en *Prosopis chilensis* (Molina) Stunz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 5(6), 1041-1053.

AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE CEPAS DE *Trichoderma* spp. EN EL MUNICIPIO DE ABASOLO

¹Suleyma Yamileth Enriquez Salazar, ¹Laura Alejandra Mendoza Martínez. ²M.C.
Anabel Flores Lee.

¹Estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Abasolo. ²Docente del Instituto Tecnológico
Superior de Abasolo

RESUMEN

La practicidad de *Trichoderma* es importante para el sector agrícola por su alta versatilidad y adaptabilidad a condiciones climáticas, debido a que poseen resistencia a una amplia variedad de agroquímicos, destacándose como agente de biocontrol y promotor de crecimiento en el desarrollo de las plantas. La presente investigación se realizó con el objetivo de aislar y caracterizar cepas nativas de *Trichoderma* spp. de muestras de suelo provenientes del municipio de Abasolo, con el fin de investigar la biodiversidad de *Trichoderma* haciendo una colecta de suelo agrícola en la zona de la comunidad de San Isidro. Los tratamientos se elaboraron a base de arroz con diferentes sustratos como el champiñón, maíz y sorgo. Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. El trabajo se comprendió en dos fases: la primera fue la de campo, donde se utilizó la metodología de muestreo de suelos y trampeo utilizando como sustrato el arroz, para ello se hicieron excavaciones de 30 cm de profundidad en un área total de 9 m², con la finalidad de que las trampas llegaran a un punto de descomposición para identificar y/u observar cuál de las trampas funciona mejor como atrayente para la captura de la especie de *Trichoderma* spp. en la segunda fase, que contempló el trabajo de laboratorio, se llevaron las muestras, para posteriormente realizar siembras de diluciones seriadas en base 10. Como resultado de la investigación se obtuvieron un total de nueve cepas aisladas y fueron identificadas en el microscopio VELAB VE-BC3PLUS en objetivo de 40x, destacando al Tratamiento 1 de arroz con champiñón como el más efectivo puesto

que se presentaron más aislados del hongo en cuestión, y el Testigo siendo el tratamiento que tuvo menor número de aislados.

Palabras clave: hongos, sustratos, esporulación, micoparasitismo, disolución.

ABSTRACT

"The practicality of *Trichoderma* is crucial for the agricultural sector due to its high versatility and adaptability to climatic conditions, as it exhibits resistance to a wide range of agrochemicals, standing out as a biocontrol agent and plant growth promoter. This research aimed to isolate and characterize native *Trichoderma* spp. strains from soil samples collected in the municipality of Abasolo, in order to investigate *Trichoderma* biodiversity through agricultural soil sampling in the San Isidro community area. Treatments were prepared using rice-based substrates with mushroom, corn, and sorghum. A Completely Randomized Block Design (CRBD) with four treatments and four replications was employed. The study consisted of two phases: the first was fieldwork, where soil sampling and trapping methodologies were used with rice as the substrate. Excavations of 30 cm depth were made in a total area of 9 m² to allow traps to reach a decomposition point and identify which trap worked best as an attractant for capturing *Trichoderma* spp. In the second phase, laboratory work involved taking samples and performing serial dilutions in base 10. As a result of the investigation, a total of nine isolated strains were identified using the VELAB VE-BC3PLUS microscope at 40x objective. Treatment 1 (rice with mushroom) proved to be the most effective, yielding the highest number of *Trichoderma* isolates, while the control treatment had the lowest number of isolates."

Keywords: fungi, substrates, sporulation, mycoparasitism, dissolution.

INTRODUCCIÓN

Las especies del género *Trichoderma* se destacan dentro de las más empleadas como agentes de control fúngico, actuando como antagonistas de hongos y bacterias fitopatógenas (Cubillos et al., 2014). Naturalmente sobrevive en suelos con diferentes cantidades de materia orgánica debido a la alta capacidad enzimática que posee para degradar sustratos y su resistencia a inhibidores microbianos, lo

que produce como consecuencia la descomposición de la materia orgánica (Infante et al., 2009).

El uso de sustratos orgánicos para la reproducción de *Trichoderma* spp. resulta ser económico y de fácil adquisición, en los cuales este hongo tenga un buen desarrollo y una alta producción de esporas (Michel-Aceves et al., 2008). El uso de sustratos orgánicos permite capturar y propagar a *Trichoderma* spp. pues funcionan como fuente de alimento de este hongo (Nugra, 2018). Por lo que la presente investigación tuvo como principal objetivo la captura de cepas nativas de *Trichoderma* spp con diferentes tipos de sustratos con granos de arroz precocido adicionados con otros materiales orgánicos, con el fin de observar cuál de ellos representa una alternativa viable para la captura de este hongo y del mismo modo poder identificarlos morfológica y microscópicamente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras fueron extraídas de un suelo limoso, en un área de cultivo ubicada en Balneario “La Crucita” en la localidad de San Isidro de Abasolo, Guanajuato.

El estudio consta de tres tratamientos y un testigo, con la elaboración de trampas de sustratos de arroz, sorgo, maíz y arroz con champiñones, tal como se describen en la Tabla 1. Contando con un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento, dando un total de 16 unidades experimentales, distribuido en un área total de 4 m².

Tabla 1 - Tratamientos.

Tratamiento	Descripción	Cantidad
T ₁	Arroz con champiñón	30 g de arroz + 30 g de champiñón
T ₂	Maíz	55 g
T ₃	Sorgo	55 g
Testigo	Arroz	30 g

La investigación se llevó a cabo en dos fases dando como primer lugar a la elaboración de trampas, se emplearon materiales como: arroz cocido, champiñón

rayado, maíz y sorgo ligeramente molido, además de algunos otros implementos como báscula, espátula, vasos desechables y bolsas. Para la preparación de los tratamientos, se pesaron las cantidades con base en la metodología implementada por Michel-Aceves et al. (2008).

Fase de campo: para la implementación de trampas, se seleccionó el sitio de muestreo donde se encontró una mayor concentración de materia orgánica, realizándose perforaciones de 30 cm de profundidad, para posteriormente en cada orificio colocar el vaso desechable con los tratamientos. Cubriendo las trampas con esquilmo para evitar la interferencia de fauna local, se incubó por una semana y posteriormente pasado ese lapso de tiempo se tomaron muestras de 20 g de suelo con ayuda de una cuchara de metal, raspando los costados del orificio y colocando la muestra en tubos falcón de 15 ml.

Fase de laboratorio: Las muestras recolectadas se sometieron a diluciones seriadas realizando tres diluciones en tubos de ensayo de la siguiente manera: un gramo de suelo fue depositado en un tubo falcón con 9 ml de agua destilada estéril y posteriormente se procedió a agitar con ayuda de un vortex para obtener una dilución homogénea y esto se realizó hasta completar una dilución de 10^{-3} . Esta última disolución fue depositada en una caja Petri con PDA sellándolas con Parafilm, para etiquetarlas e incubarlas a temperatura ambiente por 24 horas.

Pasadas 48 horas después de la siembra, se observó que en cada uno de los tratamientos se encontraron crecimientos fúngicos que presentaban características similares como micelio y esporulación propias de *Trichoderma* (Figura 1). Una vez desarrolladas las cepas en los medios de cultivo, se procedió a purificar las colonias, para lo cual se seccionó un pequeño fragmento de cada medio de cultivo con crecimiento fúngico en las cajas Petri, para posteriormente colocarlo en un nuevo medio de cultivo y someterlo a un periodo de incubación de 7 días a una temperatura ambiente que osciló entre los 24-28°C, obteniéndose crecimientos monospóricos, para trabajarse la posterior identificación de las cepas fúngicas.

Después de obtener las cepas purificadas, se realizó su caracterización morfológica macroscópica, siguiendo la guía de Cubillos et al. (2014), considerando características como: textura del micelio, formación de anillos concéntricos y la pigmentación de los conidios como se observa en la Figura 2.

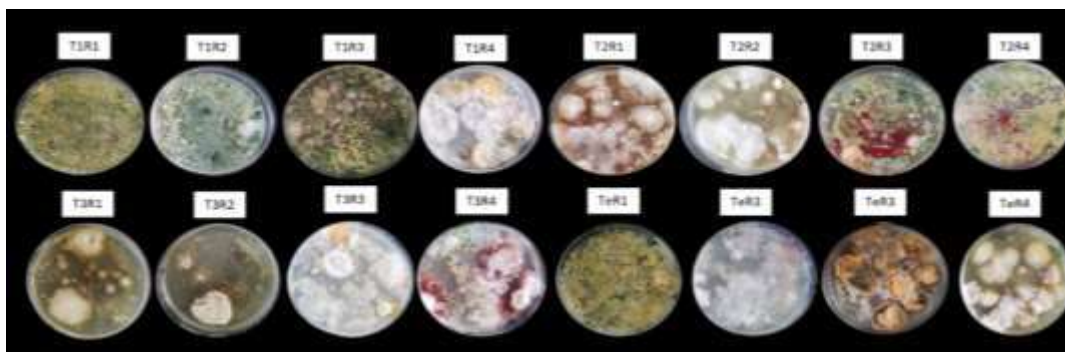


Figura 1 - Crecimiento de micelio obtenido en las primeras trampas implementadas: T1: Tratamiento champiñón más arroz, T2: tratamiento con maíz, T3: tratamiento con sorgo y Te: testigo arroz cocido.

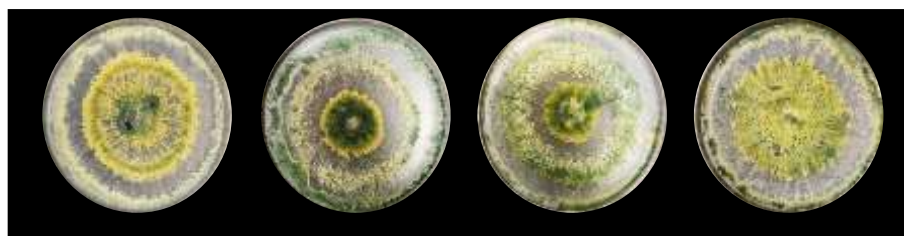


Figura 2 – Crecimientos fúngicos identificados de acuerdo a su desarrollo morfológico macroscópico.

RESULTADOS

Efectividad de sustratos evaluados para la captura de *Trichoderma* spp.

La respuesta en relación a las trampas evaluadas destaca al T1 (arroz con champiñones) como el sustrato con mayor cantidad de aislados de *Trichoderma*. Esta trampa funciona como un buen atrayente de este hongo, puesto que el arroz

contiene una gran cantidad de almidones, en cambio, los champiñones no contienen altas cantidades de carbohidratos, pero estos son ricos en potasio, hierro, cobre y selenio de los cuales las especies de *Trichoderma* spp se alimentan.

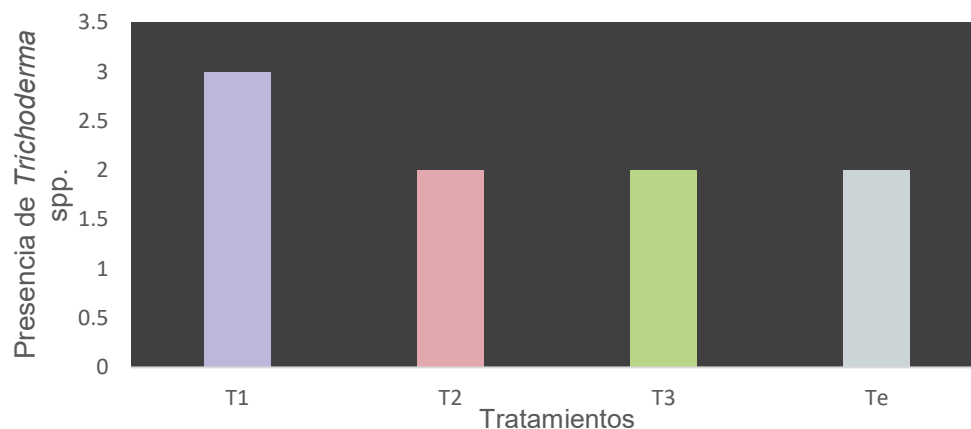


Figura 3 - Comparación de crecimiento de cepas de *Trichoderma* spp en los diferentes sustratos.

De acuerdo con Michel-Aceves et al. (2008) mencionan que entre los 15 sustratos evaluados en su investigación para la captura de *Trichoderma* donde obtuvo mejores resultados en la producción de esporas fue el olote con un 99.0%. Es importante mencionar que en todos los tratamientos el porcentaje de viabilidad es alto, lo que significa que en ningún sustrato genera sustancias que afecten negativamente la germinación del hongo. Por otro lado, en la investigación realizada por Nugra (2018), el uso de arroz como sustrato permitió capturar y propagar a *Trichoderma* spp. pues tiene un 96.94% de viabilidad para su reproducción, por el alto contenido de almidón por lo que se demostró ser la mejor trampa evaluada por la preferencia nutricional del hongo.

Caracterización morfológica de las cepas fúngicas aisladas

La caracterización de las cepas de *Trichoderma* spp. se basó en las siguientes observaciones: la forma de los anillos, el color de los conidios, las fiálides, ramificaciones e hifas que les caracteriza. Estas características se identificaron en un periodo de 15 días después de su crecimiento (Cubillos et al., 2014). En la Figura 4 se describen los crecimientos de *Trichoderma* aislados de los tratamientos, donde

se muestra que el crecimiento fúngico fue uniforme teniendo formación de anillos concéntricos, además de que en algunos casos se muestra mucha esporulación y una coloración desde un verde pálido hasta un tono amarillento, lo que representa los antibióticos y metabolitos secundarios. También se observó una capa algodonosa blanquecina que corresponde a los micelios. De acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación de García-Núñez et al. (2017), las cepas nativas de *Trichoderma* presentaron micelio de consistencia esponjosa abundante (Figura 5) de dos a tres anillos concéntricos bien definidos, blancos (micelio) y verdes (conidios), mientras tanto en otras no se observaron los anillos y el micelio se extendió de manera homogénea en las placas.

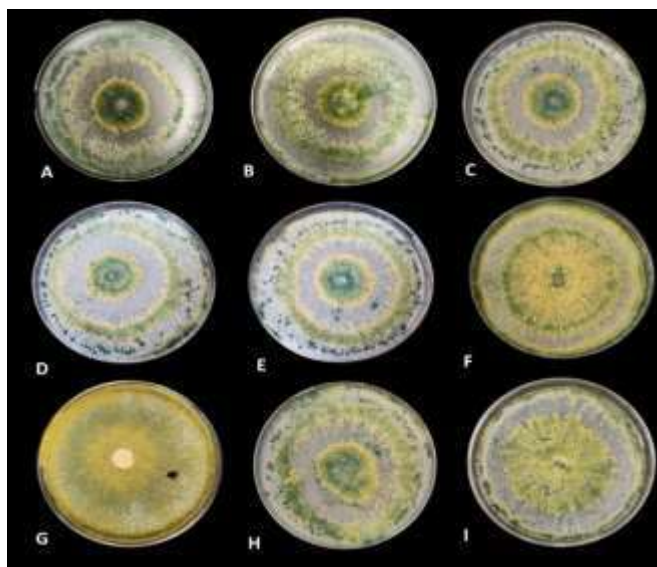


Figura 4- Aislamiento y purificación de cepas: A) T1R1, B) T1R2, C) T1R4, D) T2R3, E) T2R4, F) T3R1, G) T3R4, H) TeR1 y I) TeR3.

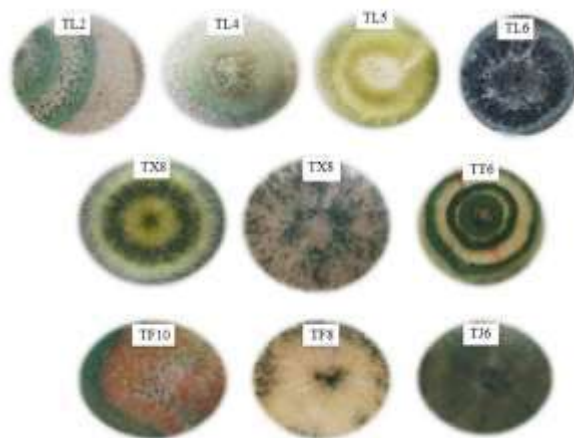


Figura 5 – Caracterización por fuente bibliográfica. Colonias de las 10 cepas nativas de *Trichoderma* spp. en medio de cultivo PDA (García-Núñez et al., 2017).

Caracterización morfológica microscópica de las cepas aisladas

De las 16 trampas dispuestas en las cuatro repeticiones del experimento, se evidenció la presencia de *Trichoderma* spp, dada la aparición del crecimiento de algunas colonias aterciopeladas de color blanco verdoso que se tornaba verde oliva con el tiempo, característica macroscópica descrita por Arias y Piñeros (2008). A continuación, se observan las estructuras captadas al microscopio en el objetivo 40x (Figura 6).

De acuerdo con lo descrito por Qiao et al. (2018) la estructura de *Trichoderma* identificada como *T. kunmingense*, presenta conidióforos bien definidos, ramificados, con las ramas más largas verticiladas en el eje principal discreto, fiálides que surgen generalmente con 1 a 3 repeticiones en cada rama y conidios de paredes lisas, ampliamente redondeados, en la base ligeramente estrechos y que están relacionados en el árbol filogenético de *T. yunnanense*. Esta información concuerda con las estructuras fúngicas obtenidas en la presente investigación y observadas al microscopio, donde pueden apreciarse hifas delgadas septadas, fiálides largas con la producción de conidios en forma ovoide.

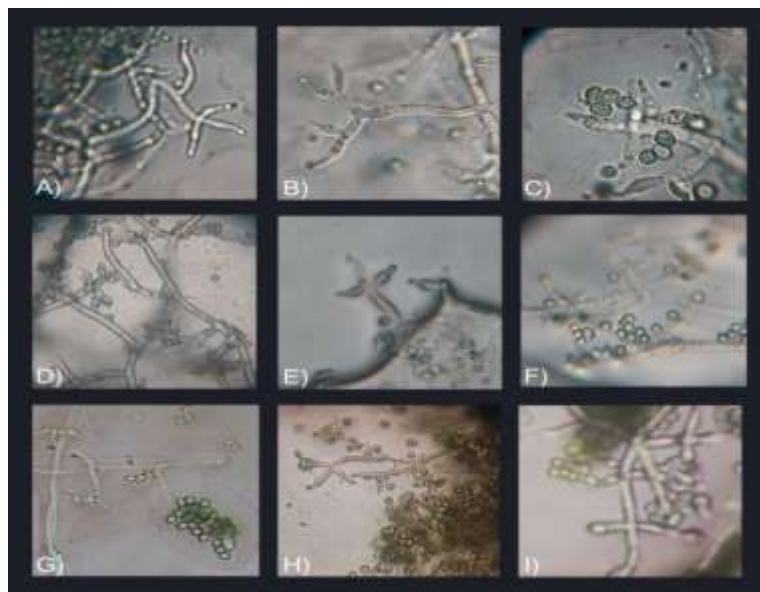


Figura 6 – Identificación morfológica de cepas de *Trichoderma* spp.: A) Aislamiento fúngico T1R1, B) Aislamiento fúngico T1R2, C) Aislamiento fúngico T1R4, D) Aislamiento fúngico T2R3, E) Aislamiento fúngico T2R4, F) Aislamiento fúngico T3R1, G) Aislamiento fúngico T3R4, H) Aislamiento fúngico TeR1, I) Aislamiento fúngico TeR3.

CONCLUSIÓN

El estudio demuestra que el uso de trampas con arroz y champiñón es una metodología eficiente para la captura y aislamiento de *Trichoderma* spp. en suelos agrícolas. Las cepas aisladas y caracterizadas tienen un potencial significativo para aplicaciones agrícolas, especialmente en el control biológico de patógenos y la mejora del crecimiento de plantas.

LITERATURA CITADA

- Arias, C. E. L., & Piñeros, E. P. A. (2007). *Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestra de suelo de los páramos de Guasca y Cruz Verde* [Trabajo de grado]. Pontificia Universidad Javeriana.
- Cubillos, A. C., Ramírez, M. G., y Toledo, R. L. (2014). Aislamiento de *Trichoderma* sp., en las unidades productivas agrícolas del centro de formación agroindustrial

- la angostura de campoalegre (huila). *Agropecuaria y Agroindustrial la Angostura*, 1(1), 15-19.
- García-Núñez, H. G., Martínez-Campos, R. Á., Hermosa-Prieto, M. R., Monte-Vázquez, E., Aguilar-Ortigoza, C. J., y González-Esquivel, C. E. (2017). Caracterización morfológica y molecular de cepas nativas de *Trichoderma* y su potencial de biocontrol sobre *Phytophthora infestans*. *Revista mexicana de Fitopatología*, 35 (1), 1-22.
- Infante, D., Martínez, B., González, N., y Reyes, Y. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Revista de Protección Vegetal*, 24(1), 14-21.
- Michel-Aceves, A. C., Otero-Sánchez, M. A., Martínez-Rojero, R. D., Rodríguez-Morán, N. L., Ariza-Flores, R., y Barrios-Ayala, A. (2008). Producción masiva de *Trichoderma harzianum* rifai en diferentes sustratos orgánicos. *Serie Horticultura*, 14(2), 185-191.
- Nugra, N. A. (2018). Evaluación de sustratos orgánicos para la propagación de *Trichoderma* spp. [*Trabajo experimental*]. Universidad Politécnica Salesiana.
- Qiao M, Du X, Zhang Z, Xu JP, Yu ZF (2018) Three new species of soil-inhabiting *Trichoderma* from southwest China. *MycoKeys* 44: 63–80. <https://doi.org/10.3897/mycokeys.44.30295>

AISLAMIENTO, PURIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS

Yahaira D. Magdaleno-Soria¹; Juan G. Ramírez-Pimentel¹; Cesar L. Aguirre-Mancilla¹; Juan C. Raya-Pérez; Guadalupe López-Buenabad²; Erika Cañada-Coyote¹

¹Instituto Tecnológico de Roque. Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Apartado Postal 508, C. P. 38110 Celaya, Guanajuato. ²Universidad Tecnológica de Tehuacán Puebla.

Autor responsable: erika.cc@roque.tecnm.mx

RESUMEN

Los hongos entomopatógenos son aquellos organismos que son capaces de infectar, parasitar, o bien, dañar la salud de un organismo, estos hongos son de vital importancia en la agricultura ya que son usados como control biológico que ayuda a disminuir el uso de insecticidas químicos que generan resistencia en los insectos, contaminación en el medio ambiente y problemas de salud en el hombre, algunos de los hongos más usados para experimentación son el género *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces* entre algunos otros. Los hongos entomopatógenos son un conjunto de microorganismos con características particulares, como lo es la diversidad filogenética, heterótrofos, de tipo eucariontes, unicelulares o filamentosos con una reproducción que se hace por esporas sexuales o asexuales, los hongos considerados verdaderos se subdividen en Deuteromycota, Zygomycota, Ascomycota y Basidiomycota, estos microorganismos infectan en todas las etapas de la vida de los insectos que se encuentran en hábitats acuáticos, terrestres y subterráneos e invaden al insecto por vías cutánea, siendo los únicos patógenos que dañan a insectos con aparato bucal picador y chupador, por todo lo antes mencionado el objetivo del presente trabajo fue el aislamiento, purificación e identificación taxonómica de hongos entomopatógenos de muestras de suelo del estado de Guanajuato.

Palabras clave: *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces*, parasitar, control biológico

ABSTRACT

Entomopathogenic fungi are those organisms that are capable of infecting, parasitizing, or damaging the health of an organism. These fungi are of vital importance in agriculture since they are used as a biological control that helps reduce the use of chemical insecticides that generate resistance in insects, pollution in the environment and health problems in humans, some of the most used fungi for experimentation are the genus *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces* among some others, entomopathogenic fungi are a set of microorganisms with particular characteristics, such as phylogenetic diversity, heterotrophs, eukaryotic type, unicellular or filaments with reproduction that is done by sexual or asexual spores, the fungi considered true are subdivided into Deuteromycota, Zygomycota, Ascomycota and Basidiomycota, These microorganisms infect all stages of insect life and are found in aquatic, terrestrial and underground habitats. and invade the insect through the skin, being the only pathogens that damage insects with biting and sucking mouthparts. For all the reasons mentioned above, the objective of this work was the isolation, purification and taxonomic identification of entomopathogenic fungi from soil samples from the state. from Guanajuato.

Keywords: *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces*, parasitize, biological control

INTRODUCCIÓN

Debido al uso desmedido de productos químicos utilizados para el control de plagas en los cultivos de interés agronómico ha generado problemas en el medio ambiente, como el desequilibrio en los agroecosistemas derivado de la resistencia generada en los insectos plaga por las malas aplicaciones de dichos productos y problemas de salud en el hombre inherentes a la producción y aplicación de estos productos (Cabrera *et al.*, 2016).

Los microorganismos entomopatógenos son cepas de hongos, bacterias y virus virulentos a especies de plaga, han sido usados en el control biológico como

alternativas sostenibles; algunas especies más usadas son *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Nomuraea rileyi*, *Lecanicillium lecanii* y *Paecilomyces fumosoroseus* (Zelaya-Molina *et al.*, 2022).

Beauveria bassiana es un hongo filamentoso de la clase Hyphomycete, es heterótrofo, de células quitinizadas que parasita a otros insectos, morfológicamente está conformada por hifas de 2,5 a 25 micrómetros de diámetro, de donde se forman conidióforos simples, raramente agrupados, los cuales sostienen a los conidios de forma simpodial o acrópeta, dando una apariencia en zigzag, las esporas son esféricas y levemente ovaladas en medios aerobios, pero más ovalados en medios anaerobios, llamadas blastósporas, tanto las esporas como las hifas no son pigmentadas (hialinas) por lo que su apariencia es blanca hasta su esporulación que se torna entonces crema a marrón (Echeverría-Beirute, 2006).

El género *Paecilomyces* se identifica sobre la base de su morfología, como la presencia de conidióforos ramificados, filides cilíndricas o globosas con conidios ovoides catenulados. En su morfología presenta colonias de crecimiento lento de color marrón que cambian a rosas con la esporulación (Chhipa *et al.*, 2024).

Para Hernández-Velázquez, *et al.* (2011) dentro de su investigación en primera instancia tomaron muestras de suelo con antecedentes de cultivo de maíz, se etiquetaron y colocaron en hielera para ser transportadas a laboratorio, para el aislamiento de hongos entomopatógenos se utilizó la técnica de insecto trampa (Zimmerman, 1986) donde usaron larvas de *Galleria mellonella* y la identificación se realizó en base a la coloración y crecimiento de los hongos sobre los insectos y se corroboró en microcultivos y observaciones en microscopio en contraste de fases, siguiendo las claves de Humber (1997).

Como justificación del presente trabajo, la investigación sobre el control biológico de plagas es crucial para desarrollar estrategias sostenibles y reducir la dependencia de insecticidas químicos. Los hongos entomopatógenos ofrecen una alternativa prometedora para controlar diversas plagas de los cultivos que son portadoras de enfermedades. Como objetivo del presente trabajo de investigación,

es el aislamiento, purificación e identificación taxonómica de hongos entomopatógenos de muestras de suelo del estado de Guanajuato.

MATERIALES Y MÉTODOS

Toma de muestras de suelo

Se tomó muestra de suelos en el municipio de Celaya, de cada sitio muestreado se tomaron 5 submuestras, se extrajeron plantas, raíces, piedras y se tamizó para realizar una muestra compuesta. Las muestras se colocaron en bolsas negras y se etiquetaron para ser trasladados al laboratorio

Aislamiento de cepas

De las muestras compuestas se pesaron 10 g de suelo y se colocaron en 100 mL de agua estéril, posteriormente se prepararon diluciones seriadas hasta 1×10^{-5} . De las diluciones 10^{-4} y 10^{-5} se tomaron 300 μ L y se sembraron en cajas de Agar Papa Dextrosa suplementadas con 20 gotas de ácido láctico, la siembra se realizó por extensión con varilla y se incubaron a 28 ± 1 °C. Las cajas se revisaron cada 24 horas y el crecimiento de hongos se subcultivo en cajas individuales.

Purificación de hongos

Para el proceso de purificación de las cepas aisladas se realizaron cultivos monospóricos, para lo cual se subcultivaron los hongos hasta su esporulación. Cuando se observó que los hongos tenían esporas se tomaron muestras raspando su superficie y colocándola en tubos Eppendorf con 1 mL de agua y tween como agente dispersante al 0.05 %, posteriormente se realizaron diluciones seriadas, de la dilución 10^{-3} se tomaron 50 μ L y se sembraron por extensión con varilla en Agar Papa Dextrosa incubándose a 28 °C. Se realizó monitoreo del cultivo a partir de las 24 horas de incubación con el objetivo 10X de un microscopio óptico para localizar esporas germinadas y subcultivarlas en cajas individuales.

Caracterización morfológica y taxonómica de aislados

Para la descripción taxonómica de los hongos entomopatógenos se subcultivaron en Agar Papa Dextrosa y se incubaron a 28 °C durante 14 días, considerándose para su descripción macroscópica el color de la colonia, textura, pigmentación del medio de cultivo y el tiempo requerido para su esporulación. Para la caracterización taxonómica se realizaron preparados microscópicos y se colocaron en portabojetos con una gota de azul de lactofenol observándose en el objetivo 40X en un microscopio óptico, para la identificación de las estructuras taxonómicas del hongo se basó en las descripciones de Barnet y Hunter (1978).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del procesamiento de las muestras se logró aislar y purificar dos hongos entomopatógenos, el primero identificado como *Beauveria* spp, donde se pudo observar crecimiento de color blanco que cambia a crema durante su esporulación, textura del micelio aterciopelada que se torna de apariencia polvosa a su esporulación, no pigmentación del medio de cultivo (figura 1), en cuanto a las estructuras taxonómicas se encontró micelio hialino septado, conidios aéreos, células conidiogénicas con el raquis en zig-zag y conidióforos formando cinemas típicos de *Beauveria* como se puede observar en la figura 1 en los incisos c, d y e, estos caracteres concuerdan con las consideradas para el aislamiento de cepas de *Beauveria* por Kobmoo y colaboradores en el 2021.

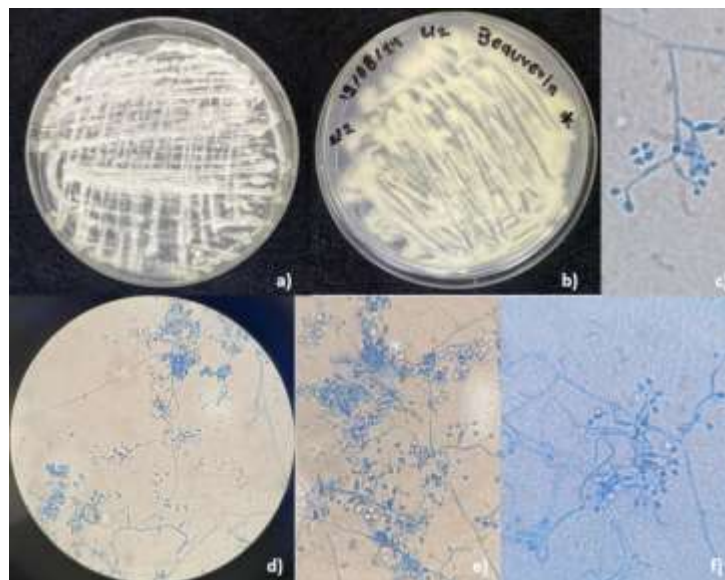


Figura 1. Descripción morfológica y taxonómica de *Beauveria* spp. a y b) Morfología de *Beauveria* spp en Agar Papa Dextrosa; c) Micelio hialino, conidios aéreos y fiálides subglobosas; f) Cinemas; e y f) Células conidiogénicas con raquis en forma de zig-zag.

El segundo hongo entomopatógeno aislado corresponde taxonómicamente a *Paecilomyces* spp, donde se observó crecimiento filamentoso, color blanco que se torna rosa intenso conforme avanza la esporulación, pigmentación color purpura intenso al reverso de la caja como se puede observar en los incisos a y b de la figura 2, las características taxonómicas encontradas son micelio hialino septado, fiálides subglobosas con conidios ovoides catenulados que se muestran en la figura 2, que concuerda con lo reportado por Moreno y colaboradores en el aislamiento de cepas de *Paecilomyces* en el 2020.

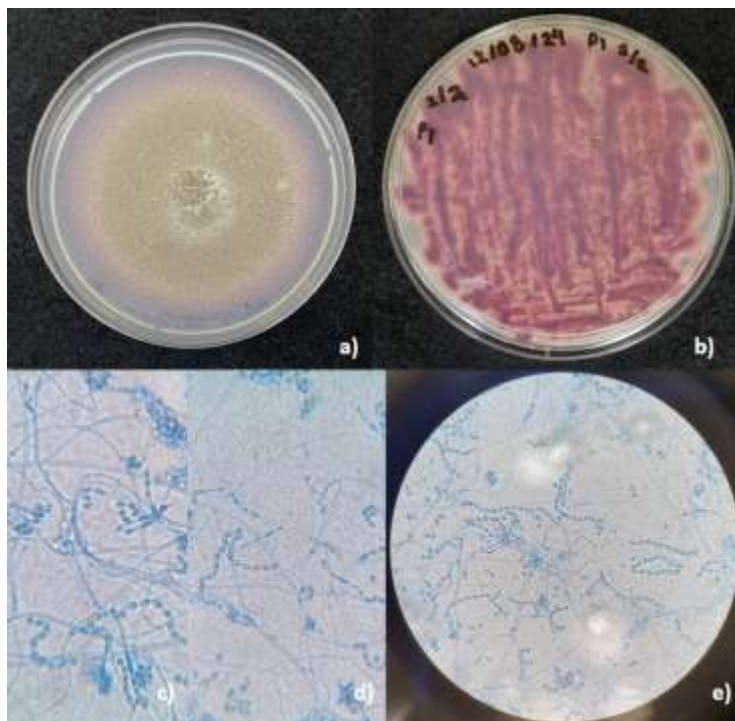


Figura 2. Descripción morfológica y taxonómica de *Paecilomyces* spp. a y b) Morfología de *Paecilomyces* spp en Agar Papa Dextrosa; c) Micelio hialino, conidios aéreos y fialides subglobosas; d y e) Conidios en cadena

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se logró el aislamiento una cepa de *Beauveria* spp y *Paecilomyces* spp, con ello podremos trabajar en un futuro el uso de material biológico como control para plagas, evaluar ese aspecto desarrollando algún producto y podemos evitar el uso de químicos en los cultivos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al del Instituto Tecnológico de Roque, por su apoyo en la presente investigación, así como quiero expresar mi gratitud a la Dra. Erika Cañada Coyote por su orientación y guía en este proyecto.

LITERATURA CITADA

- Cabrera R. P., Morán J. J., Mora B. J., Molina H. M., Moncayo O. F., Díaz E., Meza G. A., Cabrera C. A. (2016). Evaluación de dos insecticidas naturales y un químico en el control de plagas en el cultivo de frijol en el litoral ecuatoriano. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292016005000025>
- Chhipa, H., Singh, H., Deshmukh, (2024). S. K. Paecilomyces: An Eco-Friendly Approach to Control Agricultural Pests. *Entomopathogenic Fungi: Prospects and Challenges* (pp. 359-378). Singapore: Springer Nature Singapore. DOI:10.1007/978-981-97-5991-0_14
- Dannon, H. F., Dannon, A. E., Douro-Kpindou, O. K., Zinsou, A. V., Houndete, A. T., Toffa-Mehinto, J., Tamo, M. (2020). Toward the efficient use of *Beauveria bassiana* in integrated cotton insect pest management. *Journal of Cotton Research*, 3, 1-21. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42397-020-00061-5>
- Echeverría-Beirute F. (2006). Caracterización biológica y molecular de aislamiento del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuillemin.
- Hernández-Velázquez V. M., Cervantes Z., Villalobos F. J., Lina L., Peña G. (2011). Aislamiento de hongos entomopatógenos en suelo y sobre gallinas ciegas (Coleoptera: Melolonthidae) en agroecosistemas de maíz. *Acta zoológica mexicana*, 27(3), 591-599.
- Mascarin, G. M., Jaronski, S. T. (2016). The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 32, 1.26. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-016-2131-3>
- Moreno-Gavira A., Huertas V., Diánez F., Sánchez-Montesinos B., Santos M. (2020). Paecilomyces and Its Importance in the Biological Control of Agricultural Pests and Diseases. *MDPI plants*. Plants | An Open Access Journal from MDPI.
- Ortiz-Urquiza, A., Keyhani, N. O. (2016). Molecular genetics of *Beauveria bassiana* infection of insects. *Advance in Genetics*, 94, 165-249.
- Ownely, B. H., Griffin, M. R., Klingeman, W. E., Gwinn, K. D., Moulton, J. K., Pereira, R. M. (2008). *Beauveria bassiana*: endophytic colonization and plant disease control. *Journal of invertebrate pathology*, 93(3), 267-270.

- Kobmoo N., Arnamnart N., Pootakham W., Sonthirod C., Khonsanit A., Kuephadungphan W., Suntivich R., Mosunova OV., Giraud T., & Luangsa-Ard J. J. (2021). The integrative taxonomy of *Beauveria asiatica* and *B. bassiana* species complexes with whole-genome sequencing, morphometric and chemical analyses. *Persoonia*. DOI: <https://doi.org/10.3767/persoonia.2021.47.04>
- Warner, B. L., Lewis, L. C. (2000). Colonization of corn, *Zea mays*, by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(8), 3468-3473.
- Ze-Bao D., Xin W., Guo-Hong L. (2020). Secondary Metabolites and Their Bioactivities Produced by *Paecilomyces*. *MDPI molecules*. [Molecules | An Open Access Journal from MDPI](https://doi.org/10.3390/molecules21040541)
- Zelaya-Molina L. X., Chávez-Díaz I. F., Santos-Villalobos S., Cruz-Cárdenas C. I., Ruíz-Ramírez S., Rojas-Anaya E. (2022). Control biológico de plagas en la agricultura mexicana. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas* 13 (27). México, ME:69-79. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i27.3251>.

ANÁLISIS DE LA MICROBIOTA DE SUELOS EN PLANTAS DE CÍTRICOS SANAS Y ENFERMAS DE HLB

María Guadalupe Quintos Cortes¹; Lorena Jaqueline Gómez-Godínez^{1*}; Pedro Cadena Iñiguez²; Rafael Ariza Flores³ y Letzia Jimena Guerrero-Quirarte⁴

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ¹CNRG, ²CIRPAS Campo experimental: Centro Chiapas, ³CIRPAS Campo Experimental Valles Centrales Oaxaca,

⁴Universidad Autónoma de Campeche. *Autor para correspondencia: gomez.lorena@inifap.gob.mx

RESUMEN

Con la finalidad de determinar el impacto que tiene la enfermedad de HLB sobre la microbiota en el suelo de cítricos, se analizó la microbiota asociada a 3 muestras de suelo de cítricos sanas vs 3 enfermas de Huanglongbing (HLB) provenientes de la región de Veracruz, México. Se usó la técnica de diluciones seriadas en agua peptonada, plaqueando en los medios TSA, PDA, CZapeck Dox Agar para bacterias, hongos y actinomicetos, respectivamente. Se realizó el aislamiento de los diferentes microorganismos, llevando a cabo la caracterización morfológica de cada uno. Se asignaron posibles géneros con base en técnicas bioquímicas como lo son oxidasa, catalasa, O/F y la caracterización microscópica mediante tinciones. Los resultados mostraron en las 3 muestras sanas los géneros bacterianos *Bacillus spp.*, *Enterobacter spp.*, *Pseudomonas spp.* y *Brevibacillus*. Para las muestras enfermas *Bacillus spp.*, *Enterobacter spp.*, *Staphylococcus spp.*, *Clostridium spp.* y *Pseudomonas spp.* Para hongos en muestras sanas: *Trichoderma spp.*, *Aspergillus spp.*, *Rhizopus spp.*, *Penicilium spp.*, mientras que en enfermas *Aspergillus spp.*, *Rhizopus spp.*, *Mucor spp.*, *Colletotrichum spp.*, *Penicilium spp.*, *Paecilomyces spp.*, *Fusarium spp.*, y *Cladosporium spp.*, estos dos últimos fitopatógenos. Para actinos los principales géneros encontrados en las 3 muestras tanto sanas como enfermas fueron *Terrabacter spp.*, *Nocardia spp.* y *Streptomyces spp.* Concluyendo que HLB altera las comunidades presentes en el suelo de los cítricos, además de encontrar en las muestras enfermas otros fitopatógenos asociados, lo que sugiere que esta enfermedad vuelve susceptible a la planta a infecciones secundarias.

Palabras clave: Cítricos, suelo, HLB, microbiota, microorganismos.

ABSTRACT

With the purpose of determinate, the impact of Huanglongbing (HLB) disease on citrus soil microbiota six soil samples from Veracruz, Mexico were analyzed where three were healthy and three were infected by HLB. Using the technique serial dilutions with peptone water the samples were processed and cultivated on media TSA (Trypticasein Soy Agar), PDA (Potato Dextrose Agar), CZapeck Dox Agar to bacteria, fungus and actinomycetes repectively. Different microorganisms were isolated, morphologically characterized and also possible genera were assigned by biochemistry techniques wich were test oxidase, catalase, Oxidation/Fermentation and microscopy characterization. The results shown on healthy samples bacterial genera: *Bacillus spp.*, *Enterobacter spp.*, *Pseudomonas spp.* & *Brevibacillus*. While on infected samples were *Bacillus spp.*, *Enterobacter spp.*, *Staphylococcus spp.*, *Clostridium spp.* & *Pseudomonas spp.* The fungus genera in healthy samples were *Trichoderma spp.*, *Aspergillus spp.*, *Rhizopus spp.*, *Penicilium spp.*, on the other hand for infected samples *Aspergillus spp.*, *Rhizopus spp.*, *Mucor spp.*, *Colletotrichum spp.*, *Penicilium spp.*, *Paecielomyces spp.*, *Fusarium spp.*, & *Cladosporium spp.*, where *Fusarium spp.*, and *Cladosporium spp.*, are well known as phytopathogens on several crops. Finally, actinomycetes genera found in the six samples were *Terrabacter spp.*, *Nocardia spp.* & *Streptomyces spp.* As conclusion HLB disease disturb microbiology communities presents in soil citrus and also we found other phytopathogens associated with the disease which suggest a susceptibility of the plant to secondary infections.

Keywords: Citrus, soil, HLB, microbiota, microorganisms.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de cítricos a nivel mundial para muchos países es una actividad rentable. La producción anual es de más de 143.7 millones de toneladas de estos frutos, cultivados principalmente en China, Brasil, India, México, EUA y España. En los últimos años según la SENASICA (2019) se reportan perdidas económicas del 42%

en naranja y 33% en limón mexicano por el establecimiento de la bacteria (*Candidatus Liberibacter spp.*) que causa la enfermedad de Huanglongbing (HLB). Las plantas enfermas presentan hojas moteadas, maduración irregular en los frutos, acumulación de almidón, colapso del floema y la reducción del tiempo de vida de las plantas. Se ha planteado que HLB también altera la microbiota de la rizosfera de las plantas de cítricos (Trivedi *et al.*, 2019) por lo que en este estudio se busca analizar el impacto que tiene esta enfermedad sobre la microbiota de suelos de cítricos, analizando 6 muestras de suelo, las cuales 3 provienen de plantas de cítricos enfermas de HLB y las otras 3 sanas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo: El muestreo de suelos se realizó mediante la norma NOM-021-RECNAT-2000. Para este trabajo se procesaron un total de 6 muestras de suelo provenientes de la región de Veracruz, 3 enfermas y 3 sanas. Las muestras fueron recibidas en el CNRG y analizadas en el Laboratorio de Recursos Genéticos Microbianos.

Diluciones seriadas y plaqueo: Se analizaron las muestras buscando bacterias, actinomicetos y hongos. Para ello a cada una de las muestras se realizó una dilución seriada con agua peptonada. Se colocaron 10gr de cada muestra en 90mL de agua peptonada (AP) estéril, considerando esta solución 10^{-1} , a partir de esta solución se tomaron 1000 μL y se colocaron en 9mL de AP, siendo esta la dilución 10^{-2} , repitiendo el proceso para la dilución 10^{-3} y 10^{-4} . Las diluciones se plaquearon por el método de goteo colocando 100 μL de cada dilución en cajas petri con los medios para bacterias (TSA), para hongos y levaduras (PDA) y para actinomicetos (CZapeck Dox Agar) dejando como periodos de incubación: 24h para bacterias, 72h para hongos y 120h para actinos.

Conteo de colonias y UFC: El conteo de microorganismos se realizó a las 24h para bacterias, 48-72h para hongos y para actinos entre 120h-240h. Se seleccionaron las cajas en donde el conteo de colonias estuviera dentro del rango 50-250. Posteriormente se calcularon las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) usando la siguiente fórmula:

$$UFC = \frac{(No.de colonias contadas)(Factor de dilución)}{(\mu L utilizados o plaqueados en la caja)}$$

Identificación y pruebas bioquímicas: Para la identificación de bacterias y actinos se realizaron pruebas bioquímicas de oxidasa, catalasa, tinción gram y O/F (Cuadro 1) buscando en literatura las características bioquímicas de microorganismos aislados en suelo.

Para hongos se realizó una tinción simple con azul de bromotimol; Así mismo, se realizó la descripción morfológica de colonias tanto de actinos, bacterias y hongos, los parámetros evaluados fueron forma, borde, color, elevación y consistencia.

Cuadro 1. Características bioquímicas de bacterias y actinos aislados de suelos. Tabla elaborada a partir de revisión bibliográfica (Zahr et al., 2022) (Méndoza-Hernández, 2016) (Trivedi et al., 2019)

CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA					
Género	Oxidasa	Catalasa	Gram	O/F	Espora
<i>Bacillus spp.</i>	-	+	Bacilos +	+/-	Central
<i>Brevibacillus spp.</i>	-	+	Bacilos +	-/-	Subterminal
<i>Clostridium spp.</i>	-	-	Bacilos +	-/+	Central-Subterminal
<i>Enterobacteria spp.</i>	-	+	Bacilos -	-/+	-
<i>Pseudomonas spp.</i>	+	+	Bacilos -	+/-	-
<i>Staphylococcus spp.</i>	-	+	Cocos +	-/+	-
<i>Nocardia spp.</i>	-	+	Ramificado +	-	-
<i>Actinomyces spp.</i>	-	+	Ramificado +	-	-
<i>Streptomyces spp.</i>	-	+	Ramificado +	-	Esporulado

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para bacterias los principales géneros identificados en las 3 muestras fueron: *Bacillus spp.*, *Enterobacter spp.*, *Pseudomonas spp.* y *Brevibacillus*. Para las muestras enfermas *Bacillus spp.*, *Enterobacter spp.*, *Staphylococcus spp.*, *Clostridium spp.* y *Pseudomonas spp.* Sin embargo, los aislamientos en las muestras enfermas fueron menores que en las sanas. Trivedi (2013) atribuye esta perturbación de comunidades bacterianas como consecuencia de la infección por CLAs, su trabajo también explica a nivel genético y vías metabólicas la alteración de genes involucrados en vías de asimilación de nutrientes, por lo que inferimos que

las bacterias que viven en la rizosfera de los cítricos han sido afectadas de alguna manera por la introducción de CLas al sistema de la planta.

Para hongos en la muestra 1 sana encontramos *Trichoderma spp.*, muestra 2 *Aspergillus spp.*, muestra 3 *Rhizopus spp.*, *Penicilium spp.* En las muestras enfermas 1: *Aspergillus spp.*, *Fusarium spp.*, *Rizhopus spp.*, y *Mucor spp.*, muestra 2: *Colletotrichum spp.*, *Penicilium spp.*, y *Paecielomyces spp.*, muestra 3: *Aspergillus spp.*, *Mucor spp.*, *Fusarium spp.*, *Cladosporium spp.*, estos dos últimos fitopatógenos. Para actinos los principales géneros encontrados en las 3 muestras tanto sanas como enfermas fueron *Terrabacter spp.*, *Nocardia spp* y *Streptomyces spp.*, este último es conocido por su capacidad de producir antibióticos (Zahr *et al.*, 2022). Un buen estado nutricional de la planta genera resistencia sistémica contra bacterias y hongos endófitos (Mendoza *et al.*, 2019) en otros trabajos se establece que una vez infectadas las plantas por HLB el floema colapsa y éstas son más susceptibles a una segunda infección por organismos fitopatógenos (Shen *et al.*, 2013).

Los resultados de este estudio son comparables a los descritos por otros autores (Mendoza-Hernández *et al.*, 2019) (Trivedi *et al.*, 2012), quienes encontraron una mayor diversidad de Actinomycetes, Firmicutes y Acidobacterias en plantas infectadas por la bacteria CLas, mientras que en plantas sanas encontraron géneros como *Pseudomonas spp.* y *Burkholderia spp* que fueron afectadas negativamente en plantas enfermas.

El promedio de UFC y su análisis estadístico se reportó en la Figura 1.



Figura 1. Se realizó un ANOVA para los conteos de UFC obteniendo para bacterias y hongos una $P=0.27$ y para actinos $P=0.0012628$. Se realizó una prueba de Tukey con valor $P=0.05$, donde se encontraron diferencias significativas únicamente en actinos. Los promedios de los cuadrados de error (CE) se graficaron en 2a: Promedio de los CE para UFC bacterianas, 2b: Promedio de los CE para UFC de hongos y 2c: Promedio de los CE para UFC de actinos.

En la Figura 2 se muestra la caracterización microscópica de los géneros más representativos de las 3 muestras, comparando las sanas (2a) con las enfermas (2b).

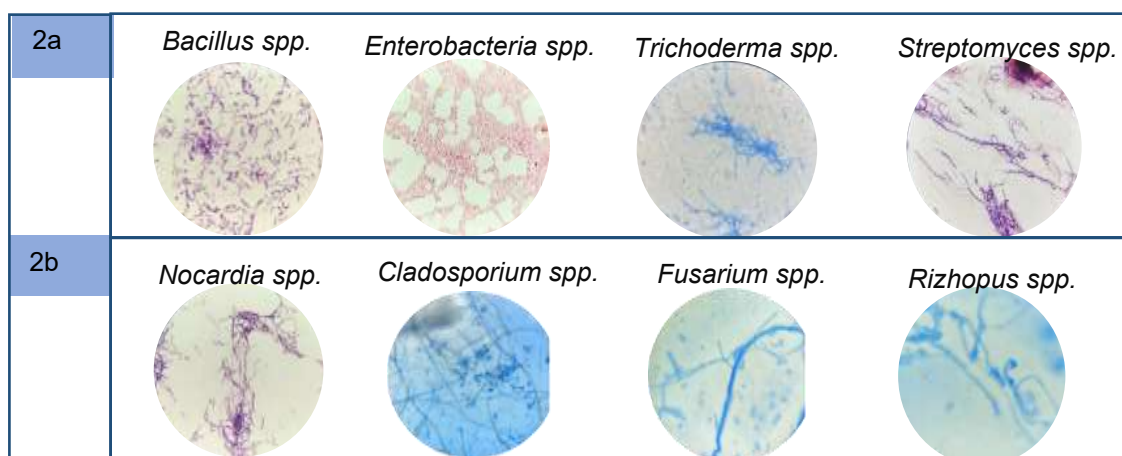


Figura 2. Principales microorganismos aislados e identificados obtenidos de muestras de suelo de cítricos. En el grupo 3a se muestran los aislamientos a partir de muestras sanas, mientras que en el grupo 3b microorganismos que se identificaron en muestras enfermas. Las bacterias y actinos se visualizaron mediante el objetivo de inmersión 100x del microscopio, mientras que los hongos se visualizaron con el objetivo a 40x.

En este estudio al analizar las UFC se encontró una diferencia significativa únicamente en actinos entre muestras sanas y enfermas, siendo mayor en las enfermas. Sin embargo, al realizar los aislamientos respectivos de bacterias, actinos, en las 3 muestras se observó un número de aislados mayor en muestras sanas que enfermas, mientras que para hongos se encontraron más aislamientos en las muestras enfermas. Esto podría explicarse debido a que la planta al estar enferma de HLB su sistema de defensa está comprometido por lo que es más susceptible a hongos fitopatógenos, como los encontrados en suelos de plantas enfermas *Fusarium spp.*, *Cladosporium spp.*, *Rizhopus spp.* (Trivedi *et al.*, 2012) (Shen *et al.*, 2013)

CONCLUSIONES

Los resultados indican que en las muestras de suelo infectadas por HLB existe un efecto negativo en 2 de 3 de los tipos de microorganismos analizados (actinos y bacterias). El número de aislados en bacterias se redujeron de 14 a 12, 18 a 11 y 12 a 10 en cada muestra, al igual que en actinos 10 a 5, 5 a 3 y 8 a 6. Así mismo, en las 3 muestras enfermas, se encontró una menor cantidad bacterias aisladas de los géneros *Pseudomonas spp.*, *Bacillus spp.*, y *Enterobacteria* como se había reportado en otros trabajos. Debido a la velocidad en la que actúa HLB, su alto impacto económico en la producción de cítricos y sus efectos en la dinámica de población de la microbiota de la rizosfera de este cultivo, es importante buscar estrategias que permitan hacerle frente. En estudios posteriores se pretende aunar sobre el efecto de organismos promotores de crecimiento sobre plantas enfermas de HLB, con el fin de mejorar la producción de este cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue posible gracias al INIFAP; Centro Nacional de Recursos Genéticos y al proyecto Estrategia de Acompañamiento Técnico como fuente financiera.

LITERATURA CITADA

- Mendoza Hernández, C. S, Quiñones Aguilar, E. E., López Ramírez, G. E., López-Pérez, L., & Rincón Enríquez, G. (2019). Densidad de microorganismos en rizósfera de limón mexicano con HuangLongBing e inoculado con hongos micorrízicos arbusculares y bacterias benéficas en invernadero. *Terra Latinoamericana*, 37(4), 379-389. <https://doi.org/10.28940/terra.v37i4.525>
- NOM-021-RECNAT-2000 (Norma Oficial Mexicana). (2002). Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. SEMARNAT. México, D. F. http://diariooficial.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=717582&fecha=31/12/2002
- SENASICA. (2019). Ficha técnica Huanglongbing '*Candidatus Liberibacter spp.*' SENASICA Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Con la colaboración del Laboratorio Nacional de Referencia Epidemiológica Fitosanitaria (LaNREF) Cd. de México. Ficha técnica 78 Última actualización: abril, 2019. 34p
- Shen, W., Cevallos-Cevallos, J. M., Da Rocha, U. N., Arevalo, H. A., Stansly, P. A., Roberts, P. D., & van Bruggen, A. H. C. (2013). Relation between plant nutrition, hormones, insecticide applications, bacterial endophytes, and *Candidatus Liberibacter* Ct values in citrus trees infected with Huanglongbing. *Eur. J. Plant Pathol.* 137:727-742. <https://doi.org/10.1007/s10658-013-0283-7>
- Trivedi, P., He, Z., J. D., Van Nostrand, J. D., Albrigo, G., Zhou, J., & Wang, N. (2012). Huanglongbing alters the structure and functional diversity of microbial communities associated with citrus rhizosphere. *ISME J.* 6: 363-383. <https://doi.org/10.1038/ismej.2011.100>
- Zahr R., Zahr S., Hajj R. E., & Khalil, M. (2022). Actinomycetes, Promising Therapeutic Agents: Characteristics and Active Metabolites. *J Biol Today's World*, 2022,11(6), 1-8. Obtenido de: <https://www.iomcworld.org/articles/actinomycetes-promising-therapeutic-agents-characteristics-and-active-metabolites.pdf>

ANÁLISIS DE LA TEORIA DE VENTAJA COMPARATIVA ECONÓMICA Y SU RELACIÓN CON EL PIB DE MÉXICO

Ana Camila Paloma García Hernández¹, Leslie Alexandra Cruz Coronel², Ximena
Montserrat Trejo Pérez³, Karina Wendolyn Nieto Castro⁴.

¹TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato

¹Estudiante de Ingeniería en Gestión Empresarial TecNM-campus Roque, Carretera Celaya –
Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato.

¹Autor de correspondencia: erick.rs@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El concepto de la ventaja comparativa es uno de los pilares fundamentales en la economía internacional, a pesar de que su teoría fue formulada hace más de dos siglos. Aunque puede parecer antigua, esta teoría se mantiene relevante y es ampliamente usada para explicar los beneficios del comercio internacional, guiar las políticas comerciales. El objetivo general de este trabajo de investigación es evaluar la comprensión y difusión de la teoría de la ventaja comparativa y su entendimiento como una ampliación a la ley de la ventaja absoluta propuesta por Adam Smith, el cual sostenía que los países se benefician al centrarse en la producción y exportación de bienes que pueden producir de manera más eficiente que otras naciones. Sin embargo, Ricardo cuestionó esta idea al observar que existen países que pueden ser menos eficientes en la producción de todos los bienes.

Palabras clave: Bienestar, economía, teoría, ventaja comparativa.

ABSTRACT

The concept of comparative advantage is one of the fundamental pillars in international economics, despite the fact that its theory was formulated more than two centuries ago. Although it may seem old, this theory remains relevant and is widely used to explain the benefits of international trade and guide trade policies. The general objective of this research work is to evaluate the understanding and

dissemination of the theory of comparative advantage and its understanding as an extension of the law of absolute advantage proposed by Adam Smith, which maintained that countries benefit by focusing on the production and export of goods that they can produce more efficiently than other nations. However, Ricardo questioned this idea by observing that there are countries that may be less efficient in the production of all goods.

Keywords: *Welfare, economics, theory, comparative advantage.*

INTRODUCCIÓN

Para responder a este interrogante planteando el concepto de ventaja comparativa, el cual radica en el hecho de que un país debería especializarse en la producción y exportación de aquellos bienes para los que tenga un menor costo de oportunidad relativo, y, aunque sea menos eficiente en términos absolutos que otros países, al especializarse y comerciar puede aumentar su bienestar.

El costo de oportunidad se refiere a lo que se sacrifica para producir un bien o servicio en particular. En términos de comercio internacional, se trata del monto de bienes que un país debe dejar de producir para elaborar otro tipo de bien. En este sentido, la ventaja comparativa sugiere que cada país debe especializarse en la producción de aquellos bienes y servicios para los cuales su costo de oportunidad sea menor comparado con otros países.

La teoría de la ventaja comparativa es un concepto fundamental en la economía internacional, formulado por el economista británico David Ricardo en el siglo XIX. Esta teoría sostiene que los países deben especializarse en la producción de aquellos bienes y servicios en los que tienen un costo de oportunidad más bajo, incluso si no son los más eficientes en su producción. Al hacerlo, los países pueden beneficiarse mutuamente a través del comercio, aumentando la eficiencia y el bienestar económico global. La ventaja comparativa, entonces, no se basa en la superioridad absoluta en la producción, si no en la eficiencia relativa de los países en comparación con otras opciones productivas.

Por otro lado, la elasticidad del Producto Interno Bruto (PIB) es una medida que indica cómo cambia el PIB en respuesta a variaciones en otros factores económicos, como la inversión, el consumo o las exportaciones. La elasticidad del PIB es crucial para entender la sensibilidad de la economía a estos cambios y cómo pueden influir en el crecimiento económico. Al relacionar la elasticidad del PIB con la ventaja comparativa, se puede evaluar como la especialización en ciertos sectores afecta el crecimiento económico y la estabilidad de un país. Este enfoque también permite evaluar los riesgos, ya que una alta dependencia de los sectores con baja elasticidad del PIB podría exponer a una economía a fluctuaciones en los precios internacionales o a cambio en la demanda global. Por lo tanto, el análisis de la elasticidad del PIB ofrece una perspectiva más matizada de los efectos de la especialización basada en la ventaja comparativa en el bienestar económico de los países.

La relación entre la teoría de la ventaja comparativa y la elasticidad del PIB es significativa. Un país con una alta elasticidad del PIB respecto a las exportaciones puede beneficiarse enormemente del comercio internacional, reforzando su ventaja comparativa en ciertos sectores. Este análisis permite a los países identificar áreas de especialización que maximicen su crecimiento económico y bienestar.

En América Latina, los factores que explican las fusiones y adquisiciones (M&A, 2020), analiza la evolución de las operaciones de M&A, su importancia relativa y los sectores económicos que han sido La influencia de las fusiones y adquisiciones en dieciséis economías latinoamericanas durante el período 1990-2014. Se desarrolla un modelo integral para evaluar el impacto de las fusiones y adquisiciones en el Producto Interno Bruto (PIB) y el vínculo entre el valor de las transacciones, adquisiciones y las ganancias, para determinar los efectos de los cambios en la participación de las utilidades sobre el consumo privado, la inversión privada, las exportaciones. Se llega a la conclusión de que la elasticidad del PIB respecto del valor de las fusiones o adquisiciones es negativa en países como Chile, Perú y México. Un mayor valor de las fusiones y adquisiciones tiende a ser negativo. redistribuir el ingreso hacia las utilidades y generar un impacto negativo en la

producción. Los 20 socios comerciales del continente americano y obtiene la elasticidad ingreso de los flujos comerciales bilaterales con base en el modelo gravitacional del comercio exterior en relación con el tamaño (masa) de las economías comerciales. El impacto para otras economías latinoamericanas en nuestra muestra es ligeramente positivo o incierto.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación utiliza la metodología cuantitativa descriptiva, y utiliza la información de datos abiertos publicados relacionados con la elasticidad del PIB, su afectación y conceptualización de la ventaja comparativa de un país en concreto. La comprensión es considerando la estructura productiva, la política comercial, la inversión extranjera.

El objetivo es evaluar, dentro de esta primera etapa para efectos de estudio se utilizarán dos técnicas de captura de información referente al equipo investigador recabará la información mediante una investigación documental de la elasticidad del PIB y como este afecta la ventaja comparativa en los países.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según las encuestas realizadas al 100% del séquito del Tecnológico de Roque, se obtuvieron los siguientes resultados sobre el conocimiento de la teoría de la ventaja comparativa. El procedimiento se realizará de la siguiente forma:

a. Analizar el tema. Tabla 1. Conocimiento general.

Conocimiento general de la Teoría de la Ventaja comparativa	
80.00% no conoce lo que es la teoría de la ventaja comparativa. 30.00% respondió correctamente, indicando que la teoría sostiene que los países deben especializarse en la producción de bienes y servicios en los que tienen un costo de producción más bajo, incluso si no son los más eficientes.	20.00% dio una respuesta errónea, afirmando que los países deben producir todos los bienes y servicios que consumen internamente para evitar el comercio internacional. 50.00% comentó que desconoce la respuesta.

Tabla 2. Relación del concepto.

Relación positiva que tiene el concepto de Ventaja Comparativa	
22.20% dio una respuesta errónea. 33.3% respondió correctamente.	44.40% indicó que desconoce la respuesta.

Tabla 3. Conocimiento de la elasticidad vs PIB.

Elasticidad del PIB	
60.00% desconoce la respuesta. 30.00% dio una respuesta errónea.	10.00% respondió correctamente.

Tabla 4. Conocimiento general de la teoría y su impacto.

Preguntas más relevantes	Respuestas	Porcentajes
1. Conoces el concepto de teoría de la ventaja comparativa	Se desconoce	73.30%
2. ¿Qué entiendes por...?		46.70%
3. Relevancia de la teoría de la ventaja comparativa en el comercio		50.00%
4. Conoces el concepto de elasticidad PIB		53.30%
5. Conoces el concepto la influencia de la elasticidad PIB en los países		53.00%
6. Conoces el concepto la existencia de la economía de un país debido al PIB		66.70%

b. El principal resultado que tendrá el establecimiento es:



Figura 1. Perspectiva de la teoría de ventaja comparativa.

- c. Necesidad significativa de mejorar la comprensión y difusión de la teoría de la ventaja comparativa entre los encuestados.

Tabla 1. Análisis a considerar.

Estrategia de mejora	Objetivo
a. Fomentar la aplicación práctica	Mejorar la capacidad de los encuestados para relacionar la teoría con situaciones prácticas y actuales del comercio internacional
b. Clarificar la relación con otros conceptos Económicos	Aumentar la comprensión de cómo la teoría de la ventaja comparativa se relaciona con otros conceptos económicos, como la elasticidad del PIB.
c. Promover la confianza en el conocimiento	Disminuir el porcentaje de encuestados que indican desconocer la respuesta, fomentando una mayor confianza en su conocimiento económico.

CONCLUSIONES

La combinación de la teoría de la ventaja comparativa con el concepto de elasticidad proporciona una visión más detallada del impacto del comercio en el PIB de un país. Un país puede maximizar su crecimiento económico especializándose en la producción de bienes donde tiene una ventaja comparativa, siempre que la

elasticidad de la demanda para esos bienes le permita aprovechar reducciones en los precios. Además, el análisis de la elasticidad tanto de las exportaciones como de las importaciones es esencial para comprender cómo el comercio afecta el PIB de un país.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que el comercio internacional no siempre es un juego de suma positiva. Las variaciones en la elasticidad de la demanda, la competencia global y los cambios en las políticas comerciales pueden alterar significativamente los beneficios que un país obtiene de su ventaja comparativa por lo tanto, su impacto positivo sobre la conceptualización del PIB.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BBVA. (2023). BBVA. Obtenido de bbva.com: <https://www.bbva.mx/educacion-financiera/s/superavit.html>
- Bloom, D., Couffinal, A., & Ozer, C. (2024). Impuestos saludables: Una política inteligente para avanzar en la salud pública y en la economía. Blogs del Banco Mundial: <https://blogs.worldbank.org/es/voices/impuestos-saludables-una-politica-inteligente-para-avanzar-en-la-salud-publica-y-en-la-economia->
- Cámara, C. G. (Junio de 2019). Comillas Universidad Pontificia. Obtenido de repositorio.comillas.edu:<https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/296069/retrieve>
- Chabat, J. (2020). Universidad de Guadalajara. Obtenido de redalyc.org: <https://www.redalyc.org/journal/4337/433753444001/htm>
- Maldonado, A. (2023). Descubre la teoría de las proporciones factoriales: guía completa Teoría online. Teoría Online. <https://teoriaonline.com/teoria-de-las-proporciones-factoriales/>
- Manzano, I., & Manzano, I. (2024). Modelos de Financiamiento Basados en Impuestos: ¿El Futuro de la Salud Pública? Ciencia y Salud. <https://uisys.es/modelos-de-financiamiento-basados-en-impuestos-el-futuro-de-la-salud-publica/>
- Montgomery, D. C. (2020). Design and analysis of experiments (10th ed.). Wiley.

- Morales, F. C. (2022). Modelo Heckscher-Ohlin Qué es, definición y concepto. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/modelo-heckscher-ohlin.html>
- Pablo, N. (2020). El teorema Heckscher-Ohlin y la economía mexicana. Una visión crítica de la economía neoliberal: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-718X2020000100099
- Rubio, P. (2024). El imparcial. Obtenido de elimparcial.com: <https://www.elimparcial.com/dinero/2024/11/05/como-el-peso-mexicano-seria-afectado-por-la-eleccion-entre-kamala-harris-y-trump-segun-especialistas/>
- Secretaria de Relaciones Exteriores (SRE). (30 de marzo de 2016). Gobierno de México: www.gob.mx: <https://www.gob.mx/sre/acciones-y-programas/mexico-y-estados-unidos-una-relacion-dinamica-multitematica-y-estrategica>

ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE COLOR DE LOS CÍTRICOS (ICC) PARA EL CLASIFICACIÓN DE LA NARANJA MADUREZ (*Citrus x sensel*) UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y TRATAMIENTO DE IMÁGENES

Marcos J. Villaseñor-Aguilar¹, Miroslava Cano-Lara¹, Gerardo Trejo-Caballero¹, José A. Padilla-Medina², Alejandro I. Barranco-Gutiérrez², Carlos G. Manríquez-Padilla³

¹Departamento de Ingeniería Mecatrónica, TecNM/ITS Irapuato, Irapuato 36821, México.

²Departamento de Ingeniería Electrónica, Tecnológico Nacional de México en Celaya, Celaya 38010, México. ³Facultad de Ingeniería de San Juan del Río, Universidad Autónoma de Querétaro, San Juan del Río 76807., México. correo: marcos.va@irapuato.tecnm.mx.

RESUMEN

La naranja es una de las principales frutas consumidas en México por sus diversas presentaciones como jugo, mermelada, aceites esenciales, fórmulas concentradas y pastas. Al mismo tiempo, este cítrico ha cobrado importancia en la industria alimentaria debido a su contenido en flavonoides, vitamina C, compuestos fenólicos, carotenoides y azúcares. Asimismo, la demanda de la naranja está relacionada con sus efectos protectores contra las enfermedades cardiovasculares, la hipertensión, la diabetes tipo 2, varios tipos de cáncer, el asma, la obesidad, el deterioro cognitivo y la depresión. El presente trabajo tiene como objetivo reportar una metodología que facilite la estimación de madurez, Grados Brix y firmeza de naranja. Esta propuesta se basó en cuatro fases con el fin de implementar un sistema clasificador neuronal. La primera fase es la determinación del conjunto de modelado. La segunda fase es la segmentación y la obtención de los descriptores CIE-L*a*b*. Los descriptores CIE-L*a*b*, a*/b* e Índice de Color Cítrico (ICC). La tercera fase es el diseño del clasificador neuronal utilizando la App Machine Learning y Deep Learning de Matlab® 2021 y la última fase es la evaluación de los modelos generados. Cabe destacar que la metodología propuesta logró una correlación de las variables: Madurez y grados brix mayores o iguales a 0.7.

Palabras Claves: *Índice de Color de los Cítricos (ICC), Clasificador, Naranja, Imagen, Red Neuronal Artificial (RNA).*

INTRODUCCIÓN

La naranja es un cítrico que pertenece a la familia de las rutáceas cuyo nombre científico es *Citrus x sinensis*. De acuerdo a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) reportó que México es el quinto productor mundial de naranja, con un volumen promedio de 4.2 millones de toneladas (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016; Escobedo-Avellaneda et al., 2014). Este fruto ha tomado importancia por su beneficio nutricionales de flavonoides, vitamina C, compuestos fenólicos, carotenoides y azúcares (Ayala et al., 2021). Conjuntamente, se ha reportado estudios que la ingesta de este alimento ayuda a prevenir enfermedades cardiovasculares, hipertensión, diabetes tipo 2, varios tipos de cáncer, asma, obesidad, deterioro cognitivo y depresión (Chen et al., 2017; Kowalska et al., 2023)

Por otra parte, la industria agroalimenticia se enfrenta a la necesidad de incorporar infraestructura y equipo técnico en su proceso de producción (Pathare et al., 2013). Además, uno de los principales criterios de calidad utilizado por los productores es la madurez de la naranja (Prasad et al., 2018). La determinación de la madurez está relacionada con la coloración presente epicarpio que puede tener matices de verde oscuro a naranja (Andrade-

Cuvi et al., 2015). La determinación de esta es un proceso complejo que involucra cambios en los tejidos y en su contenido de azúcares (Shewfelt, 2014). También, para la cuantificación de este tipo de propiedades nutricionales se requiere de personal y equipo especializado en el uso de equipos como son: Refractómetros, Penetrómetros, medidores de pH, durómetros y Cromatografía Líquida de Alto Eficiencia (HPLC) (Jaywant et al., 2022).

Por otra parte, ha tomado gran importancia el procesamiento digital de imágenes (PDI) e Inteligencia Artificial (IA) por su costo, flexibilidad de optimizar y automatizar proceso de producción en la industria alimenticia (Cubero et al., 2011; Castro et al., 2019). El PDI es una disciplina que con emplea imágenes mediante el uso de algoritmos puede mejorar, segmentar, obtener características y patrones de las muestras (Pérez and Medina, 2019). Así mismo, la Inteligencia Artificial (IA) es una disciplina computacional que busca emular el razonamiento humano, especialmente las Redes Neuronales Artificiales (ARNs). Estas son modelos matemáticos que tratan imitar el comportamiento de las redes neuronales biológicas, han sido aplicadas en tareas especializadas tales como detección, clasificación y determinadas de propiedades físico-químicas de los frutos (Villaseñor-Aguilar et al., 2020).

En la literatura, se han reportado diferentes investigaciones centradas en la clasificación de madurez de frutos. (Carolina and David, 2014) realizó un análisis de madurez de naranja empleando el estándar de CORDEX. Su metodología se basó en cuatro fases. La primera fase 1 en la adquisición de las imágenes (Binarizada y Escala de Grises), el procesamiento de la imagen con operadores morfológicos empleando dilatación y erosión, el filtrado y el manejo. De otra mano, (Castro Camacho et al., 2013) realizó un estudio en el que determino la madurez de la guayaba pera empleando imágenes. En su propuesta determinaron la madurez de la guayaba empleando la coloración de los exocarpios con los modelos de color RGB. CIE-L*a*b* y los indicadores pH, Grados Brix, acidez titulable y tasa de respiración. Otro trabajo similar fue el reportado por (Mota-Delfin et al., 2018), su propuesta se enfocó en determinar las variedades de manzanas Gala, Gold, Granny Smith y Red Delicious mediante el uso de redes neuronales convolucionales profundas (CNN por sus siglas en inglés de Convolutional Neural Network). Además, (Villares et al., 2024) analizaron tres grados de madurez de la naranja empleando las variables diámetro, color, peso total, sólidos solubles totales y la medición del color de la pulpa fue con el colorímetro KONICA Minolta Spectro Photo Meter CM-700d reportaron que es posible determinar la madurez de la naranja empleando el descriptor de madurez a/b.

En este trabajo se reporta la propuesta de un sistema clasificador de madurez de naranja. Para su implementación se utilizó la caja de herramientas de Redes Neuronales de Matlab® 2021. La principal aportación del presente trabajo es el método de clasificación de madurez de la naranja y la comparación de los descriptores a^*/b^* y $I_{CC}=1000*a/(L*b^*)$. Esta propuesta ayudará a contribuir a reducir la subjetividad y los tiempos de los procesos de clasificación y producción de la naranja.

MATERIALES Y METODOS

En la Figura 1 se presenta la metodología general para identificar la madurez de las naranjas. Es importante mencionar, que este trabajo se basó en la metodología reportada por (Villaseñor-Aguilar et al., 2020), debido a que utilizan como descriptores de color de las imágenes. La metodología está integrada por cuatro fases que son la obtención del conjunto de modelado, pre procesamiento de las imágenes, Generación de modelo neuronal y evaluación del modelo neuronal.

En la Fase 1 se seleccionaron 75 naranjas que se compraron en comercio local de la ciudad de Irapuato, Guanajuato. Los atributos de las muestras se seleccionaron en diferentes estadios de madurez y tamaños homogéneo como se muestra en la Figura 1. A esta se le capturó imágenes en formato JPG con dimensiones de 480 x 460 pixeles. El conjunto de modelado fue integrado por 75 imágenes, estas fueron divididas en el conjunto de entrenamiento, prueba y validación. La para el modelado de la red neuronal se emplearon 59 imágenes y para el caso de prueba y validación se emplearon 8 y 8 imágenes, respectivamente.

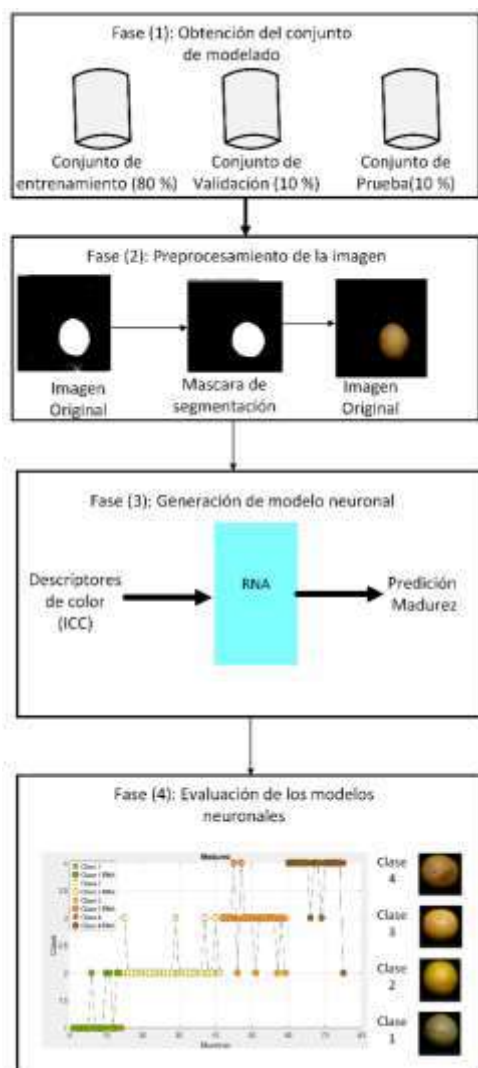


Figura 1. Método propuesto de clasificación de naranja.



Figur 2. Muestras de naranja en diferente estadio de madurez.

La Fase 2 de la metodología fue el proceso de segmentación de la naranja. En la Figuras 3 se muestra la imagen del fruto capturado en un fondo negro. La eliminación del ruido y del fondo se realizó con una máscara de segmentación, se implementó usando el modelo de espacio de color hsv como se muestra en la Figura 3b, esta es representada por las funciones valor (H), claridad (S) e intensidad (V). La segmentación del fondo se logró empleando sola función (H) en el rango de 0.182 a 0.471 y las demás funciones en el rango de 0 a 1. Posteriormente, a la imagen resultante de la máscara, se le aplicó el algoritmo de componentes conectados y etiquetados de componentes, esto con la finalidad de eliminar los blobs menores a 1000 pixeles como se muestra en la Figura 3c.

En la Fase 3 se eligió como modelo de predicción el uso de una red neuronal artificial (RNA). Esta técnica computacional presenta la ventaja de utilizar perceptrones que se caracterizan por tener una alta capacidad de aprendizaje y adaptarse a generar modelos no lineales. El diseño de modelos computacionales de las redes neuronales artificiales requiere de una capa de entrada, capas ocultas y capa de salida.

Para la implementación de la Fase 3, consistió en la creación del modelo de red neuronal con la app de Matlab® 2021 de Machine Learning y Deep Learning como se muestra en la Figura 4. Esta brinda la ventaja de diseñar una RNA presentando el conjunto de datos de modelado. Se procedió a diseñar tres variantes de los modelos clasificadores difusos como se muestran en la Tabla 1. Estos modelos fueron entrenados con el algoritmo Levenberg-Marquardt y con 10 neuronas en la capa oculta. Las principales diferencias entre ellos fue los descriptores empleados para predecir la madurez, grados Brix y firmeza.

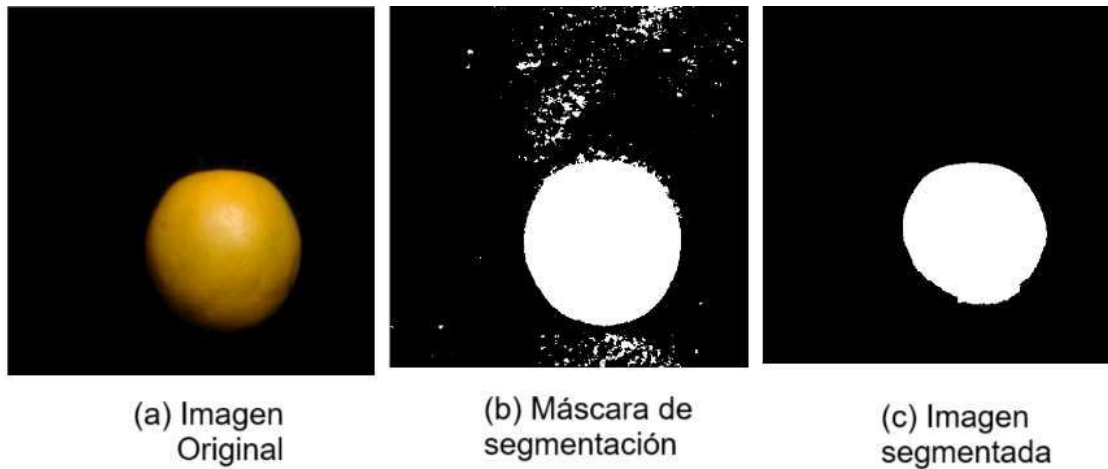


Figura 3. Proceso de segmentación de la naranja: (a) Imagen Original con fondo gris, (b) Mascara de segmentación utilizando el espacio hsv y (c) Imagen resultante de la segmentación.

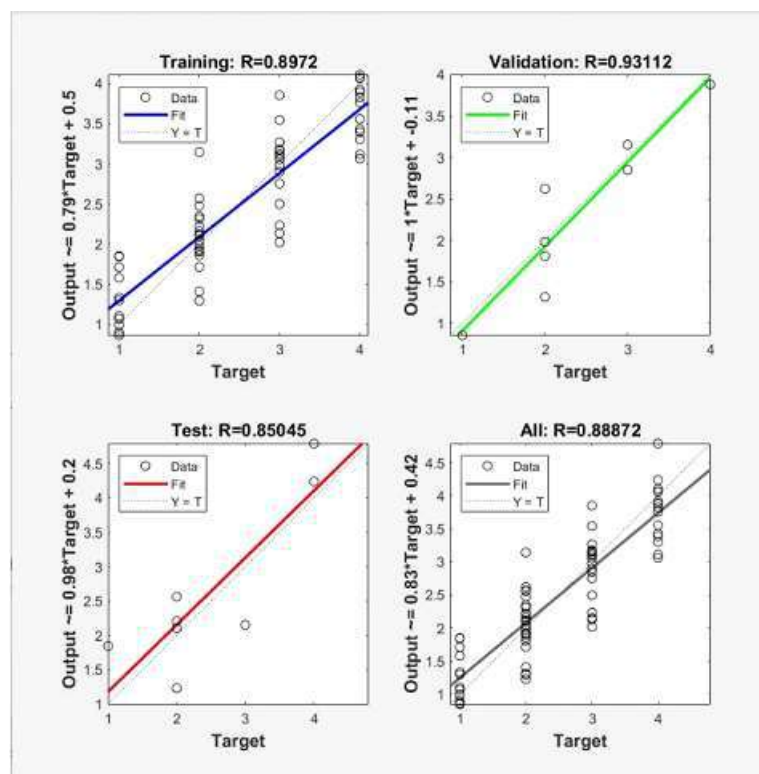


Figura 4. Diseño de sistema neuronal utilizando el app de Machine Learning y Deep Learning.

Tabla1. Características de los modelos propuestos.

Modelos RNA	Entrada	Salida	Error cuadrático medio (MSE)	Coefficiente de correlación (R)
1	L*, a* y b*	M	0.49	0.84
2	a*/b*	M	0.74	0.72
3	lcc	M	0.74	0.67
4	L*, a* y b*	GB	2.82	0.61
5	a*/b*	GB	6.57	0.70
6	lcc	GB	5.18	0.61
7	L*, a* y b*	F	1.19	0.46
8	a*/b*	F	1.7	0.47
9	lcc	F	1.9	0.36

M=Madurez, GB=% Grados Brix, F= Firmeza(Kg/cm²)

En la Figura 5 se muestra las arquitecturas propuestas de los modelos clasificador basado en RNA. El primer modelo cuenta con tres entradas correspondientes a las componentes del modelo de espacio de color CIE-L*a*b* de la imagen, una capa oculta con 10 neuronas y una salida correspondiente a la madurez. El segundo modelo se diferencia por emplear solo una entrada con el descriptor de color a*/b*. Para el caso del tercer modelo utiliza como entrada el índice de color de los cítricos (lcc).

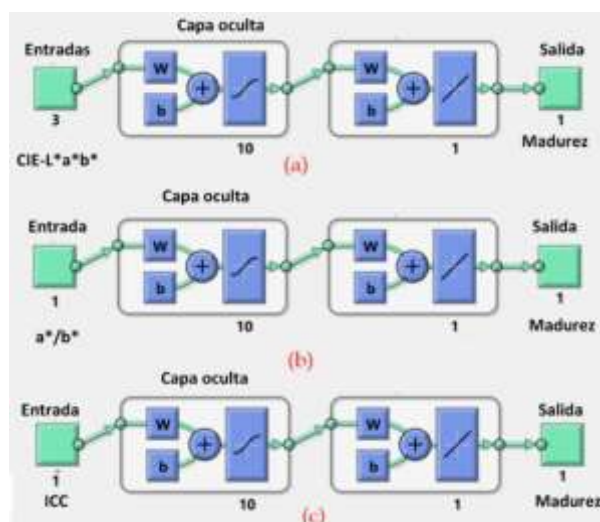


Figura 5. Arquitecturas del clasificador neuronal de naranja propuestos. (a) Arquitectura de predicción de madurez con descriptores de entradas modelo de espacio CIE-L*a*b*. (b) Arquitectura de predicción de madurez con descriptor de entrada a*/b*. (c) Arquitectura de predicción de madurez con descriptor de Índices de Color de los Cítricos (Icc).

RESULTADOS

En la Figura 6 y 7 se mapean las respuestas de clasificación y los errores de los Modelos 1, 2 y 3 para predicción de madurez. En donde se puede observar que el Modelo 1, este logró la mejor predicción de los modelos propuestos como se muestra en las Figura 5, Figura 6 y la Tabla 1. El modelo 1 logró una correlación de 0.84 y un error cuadrático medio de 0.49. Para el caso del Modelo 2 su correlación inferior de 0.70 y error de 0.74. En cambio, el Modelo 3 presentó el mismo error de Modelo 2 pero su correlación fue de 0.67.

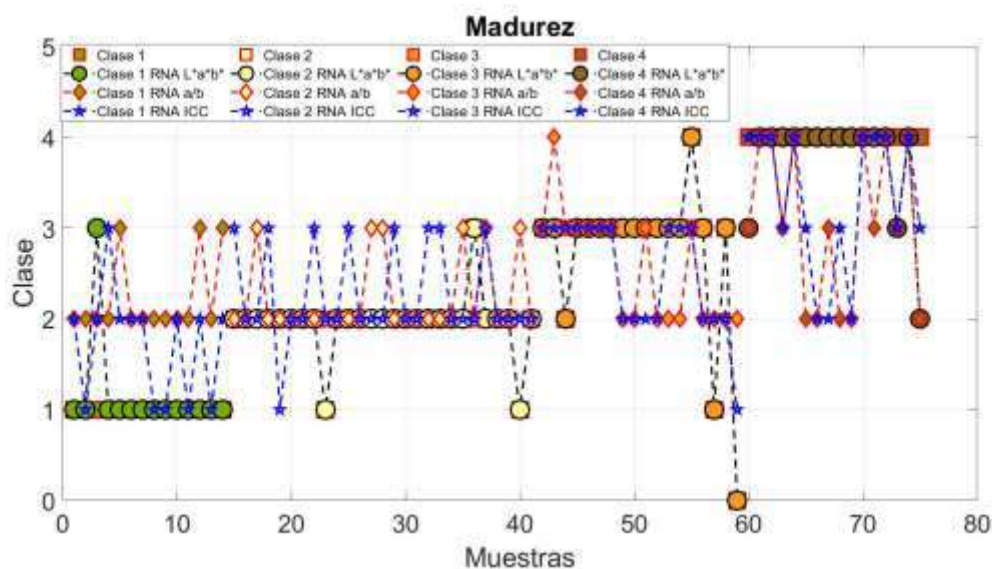


Figura 6. Comparación de modelos de predicción de madurez.

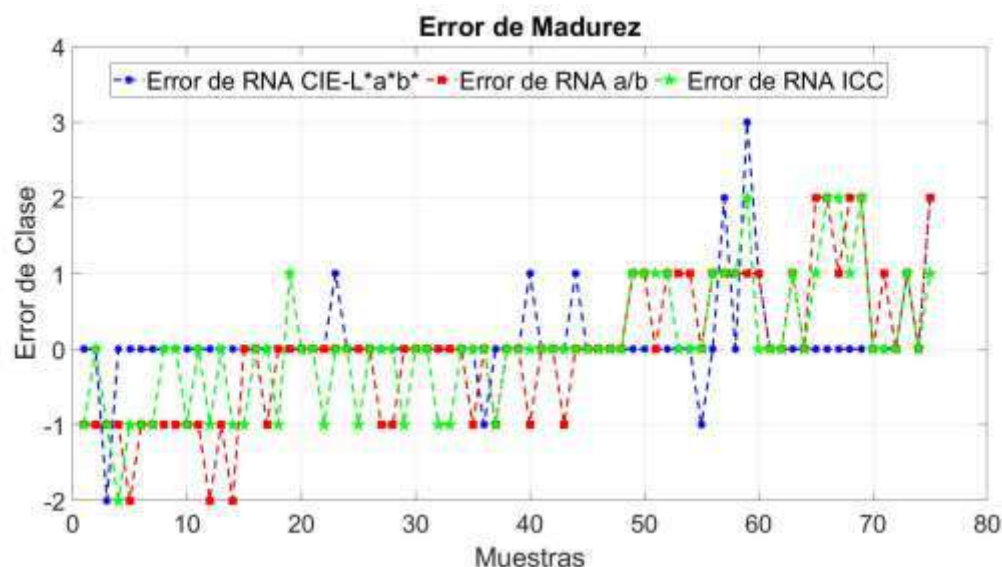


Figura 7. Comparación de error de los modelos de predicción de madurez.

En la Figura 8 y 9 muestra las respuestas de predicción y los errores de los Modelos 4, 5 y 6 para predicción de Grados Brix. Se puede observar que el mejor modelo de predicción fue el 5 que utilizó como descriptor el a^*/b^* . Este modelo logró una correlación de 0.70 y un error de 6.57. Los modelos 4 y 6 presentaron la misma correlación fue de 0.61, con errores de 2.82, 5.18 respectivamente.

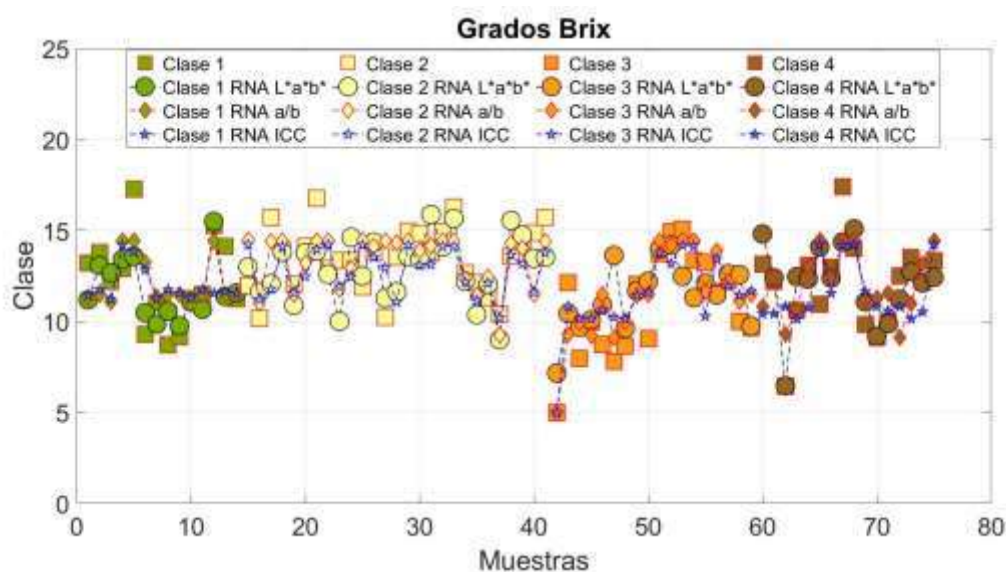


Figura 8. Comparación de modelos de predicción de Grados Brix.

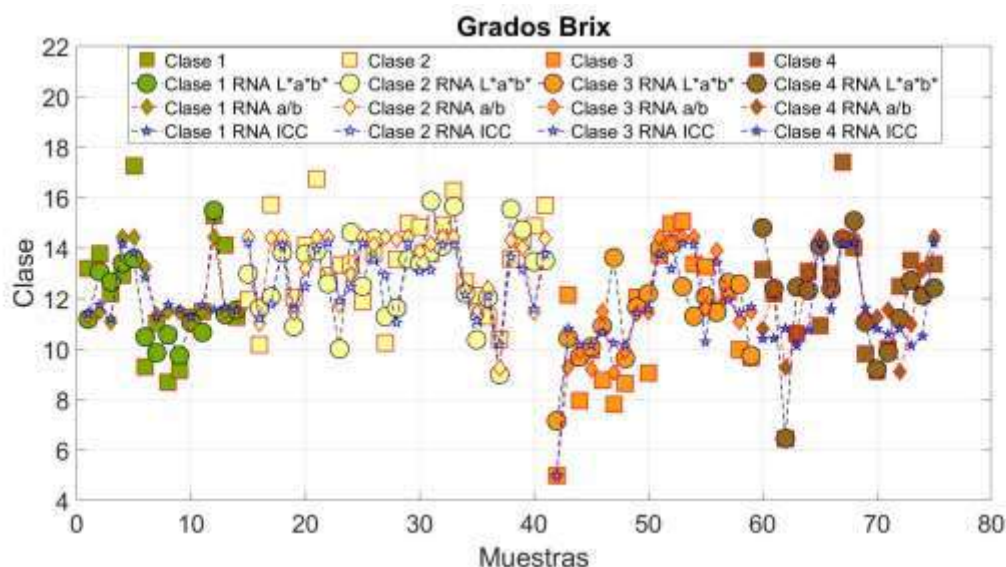


Figura 9. Comparación de error de los modelos de predicción de Grados Brix.

En la Figura 10 y 11 se muestra las respuestas de predicción y los errores de los Modelos 7, 8 y 9 para predicción de Firmeza. Se puede observar, que el mejor modelo de predicción fue el 8 que utilizó como descriptor el a^*/b^* de 0.47 y error de 1.7. Pero conviene resaltar que la correlación estadística es baja. Los errores de los Modelos 7, 8 y 9 fueron 0.46, 0.46 y 0.36 respectivamente.

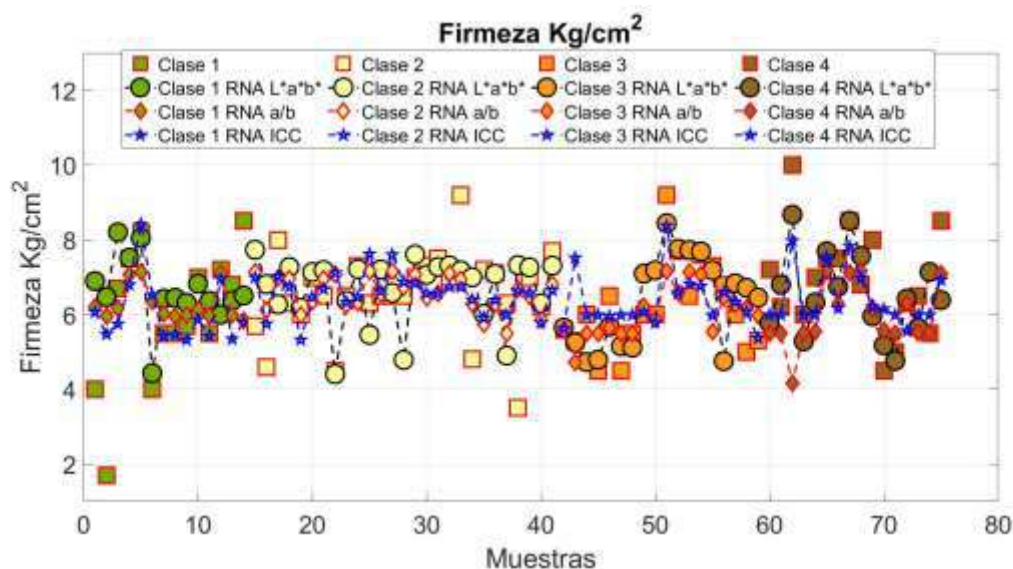


Figura 10. Comparación de modelos de predicción de Firmeza kg/cm^2 .

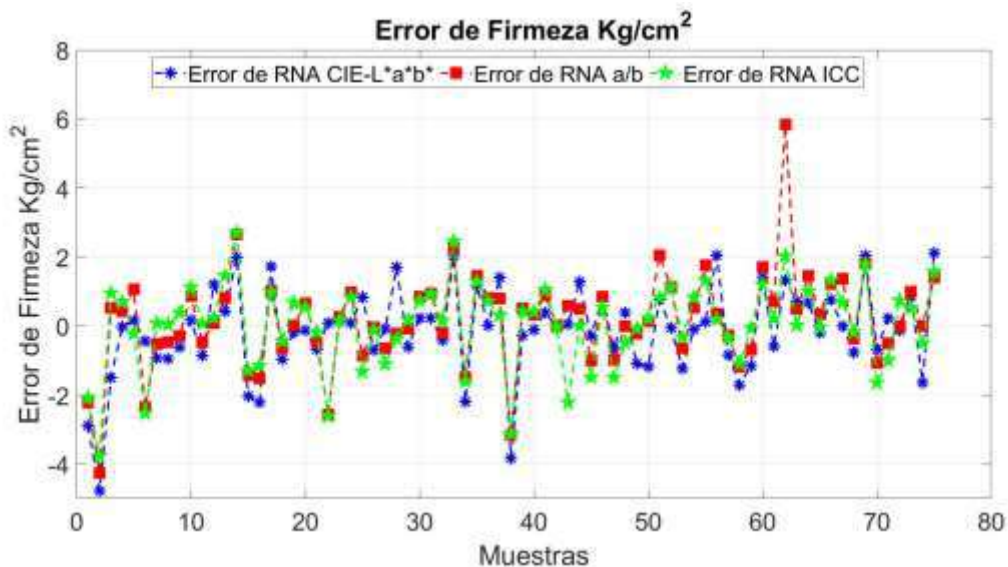


Figura 11. Comparación de error de los modelos de predicción de Firmeza kg/cm^2 .

DISCUSIÓN

La principal aportación de este trabajo es modelo de predicción de madurez de la naranja empleando modelos de redes neuronales artificiales. Este método ayudará a reducir la complejidad de análisis de pruebas de laboratorio sobre las propiedades fisicoquímicas de la naranja. En la Figura 12a se muestra la clasificación de las naranjas de acuerdo a la coloración presente en el epicarpio del fruto. Esta clasificación de madurez se ve reflejada en el comportamiento de las componentes del color CIE- $L^*a^*b^*$ en la Figura 12b. Para el caso de las componentes a^* y b^* tiene un incremento de la clase 1 a la clase 4. En cambio, la componente L^* se presentó un decremento, esto se relaciona con disminución del brillo del epicarpio de la naranja. Además, se identificó que los descriptores de color a^*/b^* e lcc incrementan su magnitud de acuerdo al estadio de madurez de la naranja. Estos resultados son similares a los reportados por (Castro Camacho et al., 2013). En cuanto a la precisión, conviene resaltar que en la clasificación de madurez fue menor que 95.36 % que la reportada (Mota-Delfin et al., 2018). En las Figura 12c y Figura 12d se puede observar que existe una relación entre las variables Grados Brix y firmeza con los descriptores a^*/b^* e Índice de Color de los Cítricos (lcc).

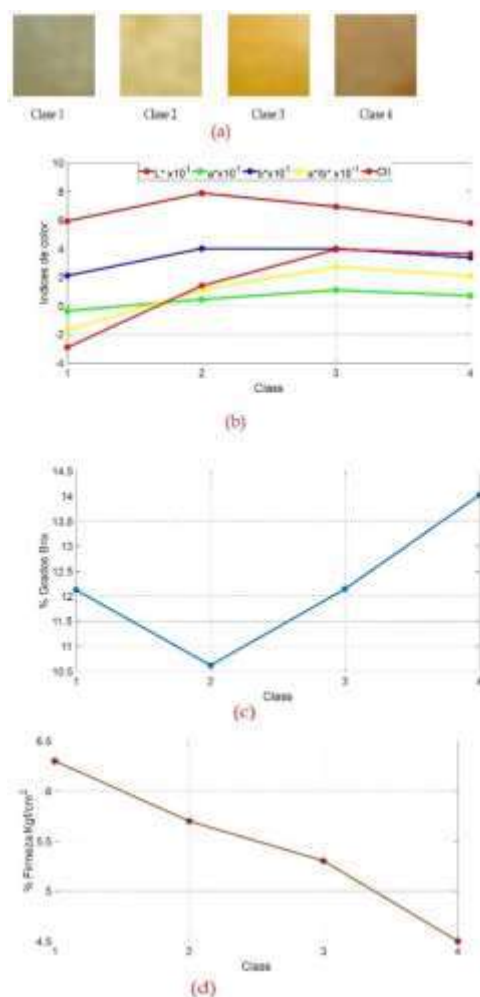


Figura 12. Evolución del Índices de Color de los Cítricos respecto a la naranja con el espacio de color CIEL-L*a*b*.

CONCLUSIÓN

En este trabajo se propone un novedoso sistema de clasificación para evaluar la madurez de naranjas mediante visión artificial. La arquitectura propuesta determina de forma no invasiva las propiedades nutricionales y la calidad de la naranja. En sentido, se logró demostrar que los cambios en la coloración del epicarpio de la naranja se pueden relacionar para la estimación de la firmeza y el contenido de la naranja. De acuerdo a los resultados obtenidos se demostró que los Modelo 1, Modelo 2 y Modelo 5, existe una correlación estadística buena igual o mayor a 0.70 para la estimación de la madurez y los Grados Brix. En cambio, se requiere explorar más el análisis de la estimación de firmeza, debido a que presentaron una correlación menor a 0.7. Es importante resaltar, que el método propuesto brinda la

ventaja de utilizar cámaras comerciales de bajo costo, facilidad de medición, reducción tiempos de análisis y evita la destrucción del fruto. Como trabajo futuro se tiene contemplado realizar un modelo de predicción empleando un barrido de regiones e incluir variables aroma, textura y forma.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen enormemente el apoyo del TecNM, UAQ, CONAHCyT, SNI y PRODEP.

LITERATURA CITADA

- Andrade-Cuvi, M.J., Moreno-Guerrero, C., Guijarro- Fuertes, M., and Concellón, A. (2015). Caracterización de la naranjilla (*solanum quitoense*) común en tres estados de madurez. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(2), 215–221.
- Ayala, J.R., Montero, G., Coronado, M.A., Garcia, C., Curiel-Alvarez, M.A., León, J.A., Sagaste, C.A., and Montes, D.G. (2021). Characterization of orange peel waste and valorization to obtain reducing sugars. *Molecules*, 26(5), 1348.
- Carolina, C.P.D. and David, N.T.D. (2014). Classification of oranges by maturity, using image processing techniques. In 2014 III international congress of engineering mechatronics and automation (CIIMA), 1–5. IEEE.
- Castro, W., Oblitas, J., De-La-Torre, M., Cotrina, C., Bazán, K., and Avila-George, H. (2019). Classification of cape gooseberry fruit according to its level of ripeness using machine learning techniques and different color spaces. *IEEE access*, 7, 27389–27400.
- Castro Camacho, J.K., Cerquera Peña, N.E., and Gutiérrez Guzmán, N. (2013). Determinación del color del exocarpio como indicador de desarrollo fisiológico y madurez en la guayaba pera (*psidium guajava* cv. guayaba pera), utilizando técnicas de procesamiento digital de imágenes. *Revista EIA*, (19), 79–89.

- Chen, X.M., Tait, A.R., and Kitts, D.D. (2017). Flavonoid composition of orange peel and its association with antioxidant and anti-inflammatory activities. *Food chemistry*, 218, 15–21.
- Cubero, S., Aleixos, N., Moltó, E., Gómez-Sanchis, J., and Blasco, J. (2011). Advances in machine vision applications for automatic inspection and quality evaluation of fruits and vegetables. *Food and bioprocess technology*, 4, 487–504.
- Escobedo-Avellaneda, Z., Gutiérrez-Urbe, J., Valdez-Fragoso, A., Torres, J.A., and Welti-Chanes, J. (2014). Phytochemicals and antioxidant activity of juice, flavedo, albedo and comminuted orange. *Journal of Functional Foods*, 6, 470–481.
- Jaywant, S.A., Singh, H., and Arif, K.M. (2022). Sensors and instruments for brix measurement: A review. *Sensors*, 22(6), 2290.
- Kowalska, M., Konopska, J., Feszterov'a, M., Zbikowska, A., and Kowalska, B. (2023). Quality assessment of natural juices and consumer preferences in the range of citrus fruit juices. *Applied Sciences*, 13(2), 765.
- Mota-Delfin, C., Juárez-González, C., and Olguín-Rojas, J. (2018). Clasificación de manzanas utilizando visión artificial y redes neuronales artificiales. *Ingeniería y Región*, 20, 52–57.
- Pathare, P.B., Opara, U.L., and Al-Said, F.A.J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food and bioprocess technology*, 6, 36– 60.
- Pérez, L.L. and Medina, L.M.C. (2019). Métodos destructivos y no destructivos para la estimación de atributos internos y externos de calidad y madurez de un frutouna revisión. *Perspectivas de la Ciencia y la Tecnología*, 2(3), 110–126.
- Prasad, K., Jacob, S., and Siddiqui, M.W. (2018). Fruit maturity, harvesting, and quality standards. In *Preharvest modulation of postharvest fruit and vegetable quality*, 41–69. Elsevier.
- Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, G.d.M. (2016). Planeación Agrícola Nacional 2016-2030: Cítricos, limón, naranja y toronja. URL

<https://www.gob.mx/sader/documentos/>. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural.

Shewfelt, R.L. (2014). Measuring quality and maturity. In Postharvest handling, 387–410. Elsevier.

Villares, J., Cobos, M., Vásquez, L., Sarmiento, R., Maita, F., Freire, C., Alexis, L., and Alvarado, J. (2024). Evaluación de parámetros de calidad de naranja (*Citrus Ö sinensis*) en tres estados de madurez. *Bionatura Journal: Ibero-American Journal of Biotechnology and Life Sciences*. URL <http://dx.doi.org/10.21931/BJ/2024.01.01.10>.

Villaseñor-Aguilar, M.J., Bravo-Sánchez, M.G., Padilla-Medina, J.A., Vázquez-Vera, J.L., Guevara-González, R.G., García-Rodríguez, F.J., and Barranco-Gutiérrez,

A.I. (2020). A maturity estimation of bell pepper (*capsicum annuum* L.) by artificial vision system for quality control. *Applied Sciences*, 10(15), 5097.

ANTIBIOSIS Y ANTIXENOSIS DE 4 MATERIALES DE PEPINO A

Tetranychus urticae Koch

José Miguel Castillo Cano¹, Luis P. Guevara Acevedo^{2§}, Ángel D. Martínez Campos¹, Fernando Germán Flores Guillen², Ricardo Yañez López², María Eugenia Gallardo Rodríguez²

¹Estudiante de Ingeniería en Agronomía. Tecnológico Nacional de México-Roque, Km 8 Carretera J. Rosa-Celaya, CP 38110 Celaya, Gto. ²Tecnológico Nacional de México-Roque, Km 8 Carretera J. Rosa-Celaya, CP 38110 Celaya, Gto. [§]Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

La araña de dos manchas *Tetranychus urticae* Koch es una de las principales plagas a las que se enfrenta el pepino provocando daños a las células vegetales de la planta, provocando su muerte, fue por ello que para este estudio se evaluaron 4 variedades de pepino (Braga F1, Lisboa F1, Carvila F1 y Marvila F1 bejo. Se sembraron en vasos de unicel con capacidad de 1l y cuando presentaron la cuarta hoja, se cortaron 5 hojas y se hicieron cuadros con dimensiones de 2x2 cm para las 4 variedades, que se colocaron en cajas Petri con el envés hacia arriba sobre una cama de algodón saturado de agua destilada, donde de inmediato se colocaron 10 arañas hembras grávidas sobre cada repetición, una vez pasadas las 24 horas, se realizó un primer conteo de ácaros vivos, muertos, repelidos y huevos por hembra por día (HHD) contabilizados durante 4 días. Ya con los resultados obtenidos se realizó un promedio de expresado en ácaros/día/hoja mientras que para los porcentajes de vivos, muertos y repelidos se realizó una transformación a arcoseno. Con esos valores se realizó un análisis de varianza y prueba de medias Tukey en el programa SAS systems, mediante un diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones. De tal modo que los resultados presentaron que la variedad Carvila F1 presento los menores rangos de ovoposición con un 3.6 HHD, a diferencia del resto de las variedades, tal como lo fue Braga F1 con 16.40 HHD, siendo la variedad más susceptible. Y a su vez la variedad Carvila F1 registro un

42.61 y 29.56 % respecto al número de ácaros vivos y repelidos. Siendo así la variedad que evita la supervivencia de dicho acaro.

Palabras clave: *Pepino, Acaro, Porcentaje, Variedad, No preferencia.*

ABSTRACT

The two-spotted spider *Tetranychus urticae* Koch is one of the main pests faced by cucumber, causing damage to the plant cells of the plant, causing its death. For this reason, 4 varieties of cucumber (Braga F1, Lisboa F1, Carvila F1 and Marvila F1 bejo) were evaluated for this study. They were sown in uncel cups with a capacity of 1 liter and when they presented the fourth leaf, 5 leaves were cut and squares were made with dimensions of 2x2 cm for the 4 varieties, which were placed in Petri boxes with the underside facing upwards on a bed of cotton saturated with distilled water. After 24 hours, a first count of live, dead and repelled mites and eggs per female per day (HHD), counted during 4 days, was carried out. With the results obtained, an average expressed in mites/day/leaf was calculated, while for the percentages of live, dead and repelled mites an arcsine transformation was performed. With these values, an analysis of variance and Tukey mean test was performed in the SAS systems program, using a completely randomized design with 4 treatments and 5 replicates. Thus, the results showed that the Carvila F1 variety presented the lowest ovoposition rates with 3.6 HHD, unlike the rest of the varieties, such as Braga F1 with 16.40 HHD, being the most susceptible variety. The Carvila F1 variety registered 42.61 and 29.56 % with respect to the number of live and repelled mites. Thus, it is the variety that avoids the survival of this mite.

Keywords: *Cucumber, Mite, Percentage, Variety, No preference.*

INTRODUCCION

La araña roja, mejor conocida como *Tetranychus urticae* Koch, es un ácaro que se encuentran principalmente en el envés de las hojas, donde se desarrolla desde el huevo hasta el adulto, produciendo poblaciones numerosas en un corto tiempo (Proain, 2020), sufriendo daños como la perforación de las células vegetales

provocando que se vuelvan amarillas y disminuya la fotosíntesis, debido a la pérdida de savia, de tal modo que la planta puede llegar a morir (Koopert, 2024). Sin embargo a pesar de que este acaro sea capaz de resistir los tratamientos fitosanitarios, es por ello se recurre ciertas pruebas como mecanismo de defensa, siendo así la Antibiosis, categoría o mecanismo de resistencia que describe los efectos negativos de un genotipo resistente en la biología de un insecto, por otro lado, también la Antixenosis, también conocida como no preferencia, que es el conjunto de características de un genotipo que interfieren con la conducta del insecto afectando la cópula, la oviposición, la alimentación y la ingestión de alimentos (Cardona y Sotelo, 2014). Todo esto debido a que, en el pepino (*Cucumis sativus* L.), un daño del 30% de la superficie foliar ya puede provocar la pérdida del cultivo, el cual es un alimento agrícola importante en México, ya que es el quinto productor y tercer exportador mundial de esta hortaliza (Olin, 2017).

Se realizó esta investigación con el objetivo de evaluar la resistencia y no preferencia de la araña roja a 4 variedades de pepino (Braga F1, Lisboa F1, Marvila F1 y Carvila F1).

MATERIALES Y METODOS

Esta investigación se realizó en el laboratorio de Fitosanidad en el Instituto Tecnológico de México, campus Roque, donde se utilizaron 4 variedades de pepino siendo divididas en 5 repeticiones por cada una, identificadas como (Marvila F1, Carvila F1, Braga F1 y Lisboa F1 bejo). Al desarrollarse el cuarto brote de hoja, se hicieron cortes cuadrados de 2x2 cm, para cada tratamiento de cada material, después con el envés hacia arriba se colocaron sobre una cama de algodón saturado de agua destilada, que se encontraba dentro de cajas Petri de plástico, después se tomaron arañas hembra criadas en una planta de pepino. Que fueron seleccionadas utilizando un estereoscopio. De tal modo que se colocaron cuidadosamente 10 hembras sobre cada repetición. Cada una de las cajas de Petri se mantuvieron en condiciones controladas de temperatura y humedad (30 a 32 °C y < HR) durante 96 horas, siendo supervisadas cada 24 h, identificando y registrando el número de ácaros vivos, muertos, repelidos; siendo estos los

encontrados sobre el algodón y huevos por hembra por día (HHD), de tal modo que fueron punzados para evitar su reproducción. Una vez obtenidos los resultados se calculó un promedio expresado en ácaros/día/hoja (HHD), bajo la fórmula: $\text{ácaros/día/hoja} = \frac{1}{2} (\text{población inicial} + \text{población final}) \times \text{tiempo}$ (Ruppel, 1983), mientras que para los porcentajes de vivos, muertos y repelidos se realizó una transformación a arcoseno. Con esos valores se realizó un análisis de varianza y prueba de medias Tukey en el programa SAS systems, mediante un diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los materiales bejo que fueron evaluados presentaron efectos altamente significativos para porcentaje de ácaros vivos ($Pr > F$, 0.0084), muertos ($Pr > F$, 0.0244), repelidos ($Pr > F$, 0.1165) y HHD ($Pr > F$, 0.0478), en comparación de Hernández (2010), quien en un estudio de antibiosis de híbridos de maíz a *T. urticae* encontró resultados similares en el porcentaje para vivos ($Pr > F$, <0.0000), muertos ($Pr > F$, <0.003), repelidos ($Pr > F$, <0.001) y HHD ($Pr > F$, <0.0000).

Respecto a los ácaros vivos los materiales que resultaron estadísticamente iguales y con el porcentaje más alto fueron Braga F1 con 61.76% y Lisboa F1 con 59.51% y a su vez Marvila F1 y Carvila F1 con 53.64 y 42.61%, los cuales presentaron una menor supervivencia a diferencia de Hasan *et al.*, (2024), quien obtuvo un 37.14 y 36.72% en sus cultivares de tomate con mayor supervivencia de este acaro de dos manchas.

En cuanto a la mortalidad de la *T. urticae* se obtuvo que la variedad Carvila F1 presento un 32.30%, siendo el valor más alto y considerándose como la menos susceptible para la supervivencia de dicho acaro a diferencia de Chacón *et al.*, (2020) quienes registraron un 45% de mortalidad en su rosal más resistente.

En relación a la ovoposición la variedad Braga F1 presento un 16.40 HHD siendo las mas susceptible para su reproducción, mientras que Carvila F1, el material más resistente, obtuvo un 3.60 HHD, determinando que Carvila F1 tiene 78.04% menos

ovoposiciones, siendo altamente significativo, difiriendo a los resultados de Souza y Bueno (2021) en plantas de fresa, que en la variedad menos resistente registró 90 HHD mientras que en su material menos susceptible registró 40 HHD, con diferencia del 55.55%.

Tabla 1. Resultados del procedimiento.

No. Mat	Material	Porcentaje			HHD [¶]	Diferencia ^{¶¶}
		Vivos	Muertos	Repelidos		
2	Carvila	42.61 b	32.30 a	29.56 a	3.60	78.04
4	Lisboa F1	59.51 a	18.13 a	22.90 a	13.20	19.51
1	Marvilla F1	53.64ab	24.53 ab	25.33 a	14.00	14.63
3	Braga F1	61.76 a	20.72 ab	17.54 a	16.40	----

[¶]Obtención del promedio de huevos, expresando en ácaros/día/hoja = 1/2 (población inicial + población final) * Tiempo (Ruppel, 1983). ^{¶¶}Huevos/Hembra/Día ^{¶¶¶}Porcentaje de diferencia en comparación con el material más susceptible $(100 * (HHD_{alta} - HHD_{alta}) / HHD_{alta})$

CONCLUSION

Para las producciones de pepino en donde comúnmente se presentan ataques de araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) no se recomienda utilizar las variedades Braga F1 y Lisboa F1 debido a los resultados muestran que son altamente susceptibles para el desarrollo y reproducción de este acaro. Pero se recomienda la variedad Carvila F1 que observó factores de resistencia con mayor antibiosis al acaro.

LITERATURA CITADA

Proain (2020). Plagas de importancia económica en pepino. Consultado de: https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/plagas-de-importancia-economica-en-pepino?srsItid=AfmBOooyBCpEoKYswIG-9qmfZLOeVRVOKgJ-IWFryi1ke4Ax0B9PG_TQ 12 de septiembre del 2024.

Koppert. (2024). Spint *Tetranychus urticae* Adult Vrouwtje. Consultado de: <https://www.koppert.mx/plagas-en-plantas/aranas-rojas-y-otras-aranas/> 12 de septiembre del 2024

- Cardona y Sotelo. (2014). Mecanismos de resistencia a insectos: naturaleza e importancia en la formulación de estrategias de mejoramiento para incorporar resistencia a salivazo en *Brachiaria*. Sección de Entomología, Proyecto Forrajes Tropicales del CIAT. A. A. 6713. 27(2) 2/10. http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Zoologia_Agricola/Manejo_Integrado/Competencia3/Separatas03/Mecanismos_de_resistencia_a_insectos_pastos.pdf
- Olin Valdes, J. O. (2017). El cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en condiciones de cielo abierto e invernadero. Tesina de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/137961>
- Ruppel, R. 1983. Cumulative insect-days as an Index of Crop Protection. Journal of Economic Entomology 76(2):375-377
- Hernández S. (2010). Antibiosis a 11 híbridos de maíz a *Tetranychus urticae* Koch. Universidad autónoma agraria Antonio Narro. División de agronomía departamento de parasitología. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3766/T18087%20HERNANDEZ%20SANTIS,%20SERGIO%20FERNANDO%20%20TESIS.pdf?sequence=1>
- Chacón, J., Cerna, E., Aguirre, L., Ochoa, Y., Catzin, C. (2020) Resistance of Four Rose Varieties to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) under Greenhouse Conditions. BioOne COMPLETE. <https://bioone.org/journals/florida-entomologist/volume-103/issue-3/024.103.0315/Resistance-of-Four-Rose-Varieties-to-Tetranychus-urticae-Acari/10.1653/024.103.0315.full>
- Hasan, F., Uddin, N., Hossan, M., Taj, H., Ullag, M. (2024). *Evaluation of antibiosis resistance in six tomato cultivars to Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae)*. Hajee Mohammed Danesh Science & Technology University

(HSTU), pág. 18. <https://assets-eu.researchsquare.com/files/rs-4981232/v1/6db00edc-5d1e-40c7-a748-4c431b5e7a61.pdf?c=1727370015>

Souza y Bueno. (2021). Antibiosis de genotipos de fresa contra la araña roja manchada.

<https://www.scielo.br/j/cr/a/rnQRQwxLmqw5XqSSSYgmwgF/?lang=en#>

ANTIBIOSIS Y ANTIXENOSIS DE 4 VARIEDADES DE MAÍZ (*Zea mays*) A ARAÑITA ROJA (*Tetranychus urticae*)

Emerson Hans Blanquet Arredondo¹; Israel Mendoza Ramos²; Hans Blanquet³; Ricardo Yáñez López³; Mariano Mendoza Elos³; Luis Patricio Guevara Acevedo^{3§};

¹Estudiante de Maestría en Producción y Tecnología de semillas en TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ²Estudiante de ingeniería en Agronomía en TecNM-campus Roque, ³ TecNM-campus Roque Celaya Guanajuato. Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. §Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en el Tecnológico Nacional de México campus Roque, dentro del laboratorio de Fitosanidad. el objetivo de esta investigación fue evaluar la antibiosis y antixenosis que presentan 4 variedades de maíz a arañita roja (*Tetranychus urticae*) Se realizó mediante un diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos o variedades de maíz Elotero Blanco, S2 Blanco CML486 amarillo (CIMMYT®) y CML 559 amarillo (CIMMYT®) con 5 repeticiones por variedad. Cuando las plantas de maíz llegaron a la cuarta hoja verdadera se cortaron cuadros de 2 cm² y se colocaron en cajas Petri con algodón (Jaloma®) saturado de agua destilada. Los cuadros de la hoja se colocaron con el envés hacia arriba y se colocaron 20 hembras de arañita roja (*Tetranychus urticae*) gravidas por repetición. A las 48, 72 y 96 h, se contaron los huevos por hembra por día (HHD) eliminando los huevos ovopositados el día anterior, con los resultados se realizó una transformación a arcoseno y se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA), cuando este presentó diferencias se sometió a una prueba de medias múltiple de Tukey con significancia del ($p \geq 0.05$) todo mediante el programa SAS System. Para las variables Arañas vivas y Arañas muertas no se presentaron diferencias significativas, mientras que para las variables Arañas repelidas los resultados fueron estadísticamente similares y la variable Hembras por Huevo por día (HHD) la variedad CML486 presento los valores más

bajos en ovoposición siendo esta la que presenta resistencia y se recomienda para uso de mejoramiento genético en un futuro.

Palabras clave: *ácaro, bioensayo, fisiología, método de defensa, repelencia*

ABSTRACT

At present, maize is considered an important cereal for its use in food and industry, despite the fact that Mexico is the centre of origin, the main producer of this cereal worldwide in 2023 was the United States. This research was carried out at the Instituto Tecnológico de Roque, in the phytosanitary laboratory. It was carried out using a completely randomised experimental design with 4 treatments, which were different varieties of maize Elotero Blanco, S2 Blanco CML486 yellow (CIMMYT®) and CML 559 yellow (CIMMYT®) with 5 replicates per variety. When the plants had the fourth true leaf (Mansour et al., 1987), 2 cm² squares were cut and placed in Petri dishes with cotton (Jaloma®) saturated with distilled water. The leaf squares were placed with the underside facing upwards and 20 female spider mites (*Tetranychus urticae*) were placed per replicate. At 48, 72 and 96 h, only the HHD were counted, eliminating the eggs laid the previous day. For data transformation, a sine arc of the data obtained was carried out. With the results of the variables under study, an analysis of variance (ANOVA) was carried out, and when differences were found, a Tukey mean test with a significance of ($p > 0.05$) was carried out using the SAS system. For the variables Live Spiders and Dead Spiders there were no significant differences, while for the variables Repelled Spiders the results were statistically similar and the variable Females per Egg per day (HHD) the variety CML486 presented the lowest values in oviposition, this being the which presents resistance and is recommended for use in genetic improvement in the future.

Key words *mite, bioassay, physiology, defense method, repellency*

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el maíz se considera un cereal de importancia por su uso en la alimentación y en la industria; pese a que México es centro de origen, el principal

productor de este cereal al a nivel mundial al año 2023 fue Estados Unidos quien produjo 338.8 millones de toneladas, siendo China y Brasil quienes se ubicaron en segundo y tercer lugar de producción a nivel mundial (Orús, 2024). De acuerdo a datos reportados por la Secretaria de agricultura y desarrollo rural (2023) la producción nacional en el año 2021 fue de más de 27 millones de toneladas convirtiendo a México el 7° productor de este grano. Cultivándose en las 32 entidades federativas, siendo Sinaloa, Jalisco, Estado de México, Guanajuato y Michoacán los principales productores. México cuenta con gran variedad de colores, siendo el maíz blanco el más producido, representando el 86.94% de la producción total, siendo utilizado para consumo humano y producción de semilla (Orozco *et al.*, 2019). El segundo más producido es el maíz amarillo, este, es utilizado para el consumo humano, industria almidonera, consumo pecuario y para exportación, contando con una participación del 26% de producción (Preciado, 2023). La principal problemática de la producción nacional es que se da por medio de riego temporal, esto implica que condiciones como la sequía favorezcan a la aparición de ácaros como la arañita roja (*Tetranychus urticae*), plaga que llega a causar daños importantes en las plantas (Jiménez, 2022) enrollamiento de hojas o perdida total de la planta hasta su deceso, aunque también puede ocasionar manchas amarillas pálidas y se puede confundir con deficiencia de minerales, a pesar de su diminuto tamaño, su reproducción es muy acelerada llegando a poner entre 100 y 120 huevos por hembra adulta, con una frecuencia de 3 a 5 huevos por día (Hernandez *et al.*, 2019). Para que las plantas puedan protegerse contra los daños que las plagas ocasionan, estas cuentan con mecanismos de defensa como es la antixenosis que repele a los insectos sin dañarlos (Wuletau *et al.*, 2022). La antibiosis crea una relación planta plaga que impacta negativamente en la biología del insecto. Por otro lado, la resistencia es la capacidad que genera la planta para poder soportar o remediar los daños causados por el artrópodo (Tapiero, 2019). Por lo antes mencionado el objetivo de esta investigación es evaluar la antibiosis y antixenosis que presentan 4 variedades de maíz a arañita roja (*Tetranychus urticae*)

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico de Roque, en el laboratorio de fitosanidad. Se realizó mediante un diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos los cuales fueron distintas variedades de maíz Elotero Blanco, S2 Blanco CML486 amarillo (CIMMYT®) y CML 559 amarillo (CIMMYT®) con 5 repeticiones por variedad. Se llevó a cabo la siembra de las variedades en recipientes de unicel (Dart®) de 1L de capacidad, como sustrato se utilizó peat most (Sunshine®) y fue regado a capacidad de campo. La nutrición fue estándar utilizando el fertilizante 16 54 00 (Nutrigotas ®) con cantidades de 2 g L⁻¹. Cuando las plantas de maíz llegaron a la cuarta hoja verdadera (Mansour *et al.*, 1987) se cortaron cuadros de 2 cm² y se colocaron en cajas Petri con algodón (Jaloma ®) saturado de agua destilada con el envés hacia arriba. Los cuadros de la hoja se colocaron con el envés hacia arriba y se colocaron 20 hembras de araña roja (*Tetranychus urticae*) por repetición. Se colocaron en las mismas condiciones todas las cajas. A las 24 horas de haber inoculado las hojas de maíz se hizo un conteo de arañas repelidas en el algodón, arañas muertas, arañas vivas y huevos por hembra por día (HHD). A las 48, 72 y 96 h, solo se contaron los HHD eliminando los huevos ovopositados el día anterior, con los datos obtenidos se realizó una transformación de Arcoseno, con los datos ya transformados se realizó un análisis de varianza (ANOVA), cuando este presentó diferencias se sometió a una prueba de medias Tukey con significancia del ($p \geq 0.05$) todo mediante el sistema SAS system.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza indican que las variedades que presentan un efecto altamente significativo tienen un efecto del 99% de significancia ($Pr > 0.001$) en el porcentaje de arañas repelidas ($Pr > F$, 0.0112) y en el porcentaje de HHD ($Pr > F$, 0.0196). Mientras que para el porcentaje de vivas ($Pr > F$, 0.3460) y el porcentaje de muertas ($Pr > F$, 7244) no presentaron efectos. Estos resultados son similares a los reportados por Mendoza (2019) quien evaluó 5 variedades de maíz azul obteniendo 45% para la variable de HHD.

En el Cuadro 1 se observa que la variable Arañas repelidas presento antibiosis a la presencia de arañita roja (*Tetranychus urticae*). En la variable huevos por hembra por día (HHD) se observaron resultados estadísticamente iguales, estos datos son similares a los reportados por Hernández y Franco (2017) quienes evaluaron la resistencia de arañita roja en distintas variedades de maíz azul.

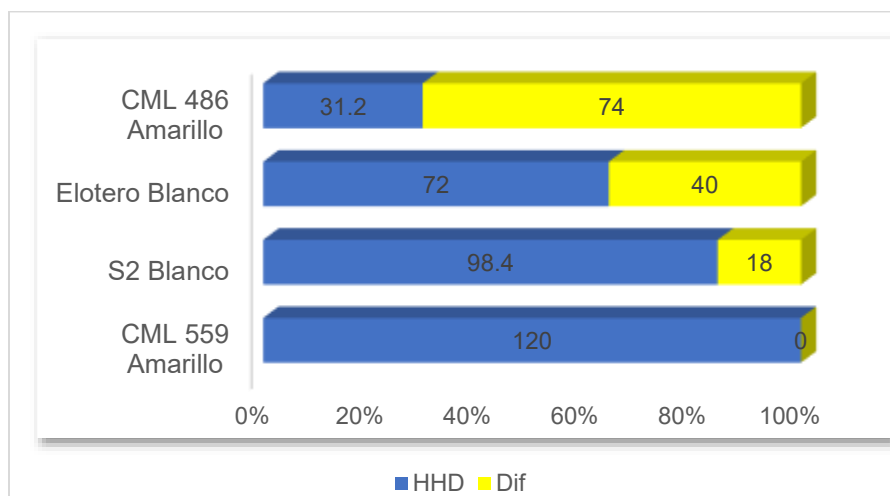
Para la variable huevos por hembra por día (HHD) la variedad CML 486 amarillo presento los menores valores de ovoposición con un 31.20 en comparación de el tratamiento 4 variedad CML 559 amarillo. Estos valores son superiores a los reportados por Santis (2010) quien obtuvo un 3.16 en la evaluación de la antibiosis de 11 híbridos de maíz.

Cuadro 1: Susceptibilidad de 4 variedades de maíz a arañita roja (*Tetranychus urticae*).

Variedad	Repelidas	HHD	Dif
CML 559 Amarillo	35.609a	120a	-
S2 Blanco	28.437ab	98.40ab	18
Elotero Blanco	26.056 b	72ab	40
CML 486 Amarillo	36.201a	31.20b	74

En la Figura 1. Se muestra la diferencia de huevos por hembra por día (HHD) para la variedad CML 559 Amarillo se muestran los valores más altos de ovoposición con valores de 120.00. Para la variedad S2 Blanco se muestran valores de 98.4 de ovoposición con relación a la cifra mayor, obteniendo una diferencia del 18%. En relación con la variedad Elotero Blanco se obtienen valores de 72 de ovoposición obteniendo una diferencia del 40% en relación a la variedad CML 559 Amarillo. Mientras que la variedad CML486 Amarillo presento una diferencia del 31.2% siendo la variedad que presenta mayor resistencia ante la arañita roja (*Tetranychus urticae*)

Figura 1. Porcentaje de diferencia de ovoposición de araña roja entre variedades de maíz.



CONCLUSIONES

El material CML486 presentó más eficacia en cuanto a la antibiosis a *Tetranychus urticae* debido a la baja ovoposición proponiendo que puede llegar a presentar una antibiosis que no favorece a la reproducción del ácaro. Además, que esta variedad puede ser usado para futuro mejoramiento genético.

LITERATURA CITADA

- Chaires, M. Serrano, A. Coronado, J. 2021. Ácaros asociados al maíz en México. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 12(8), 1497-1510. Epub 02 de mayo de 2022. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i8.2718>
- García, J. Treviño, T. Duarte, G. y Robles, A. 2019. Antixenosis en distintas variedades de fresa (*Fragaria* L.) con dosis subletales de araña roja (*T. urticae*). Universidad autónoma de Tamaulipas.

- Hernández, L. Montalvo, E. Nolasco, Y. Gutiérrez, P. González, Héctor. & Velázquez J. 2019. Araña roja en yaca: bioecología y eficacia biológica de acaricidas. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 10(6), 1393-1403. Epub 02 de octubre de 2020. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1825>
- Hernández, G. Franco, R. 2017. Resistencia y antibiosis en cuatro variedades de maíz azul a arañita roja (*T. urticae* Koch) en el estado de Puebla. Scielo.
- Jiménez, V. 25 de abril de 2022. Alternativas para control de araña roja. CIMMYT. cimmyt.org/alternativas-para-el-control-de-la-arana-roja/#:~:text=La%20araña%20roja%20es%20una,buena%20alternativa%20para%20su%20control.
- Mansour, F. Bar-Zur A. y Moch F. 1993. Resistance of maize inbred lines to the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae): evaluation of antibiosis of selected lines at different growth stages. Maydica 38:309-311
- Orozco, Q. Odenthal, J. & Astier, M. 2019. Diversidad de maíces en Pátzcuaro, Michoacán, México, y su relación con factores ambientales y sociales. Agrociencia, 51(8), 867-884. Recuperado el 16 de octubre de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000800867&lng=es&tlng=es.
- Orús, A. 14 de septiembre de 2024. Ranking de los principales productores de maíz a nivel mundial en 2023/2024. Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/613419/principales-productores-de-maiz-en-el-mundo/#:~:text=Con%20una%20producci%C3%B3n%20de%20aproximada,superiores%20a%20los%20100%20millones.>
- Preciado, R. 15 de abril de 2023. En México se generan híbridos de maíz de grano color rojo y azul. Red latinoamericana del maíz. Recuperado el 15 de octubre de 2024 de Latam.maize.org/en-mexico-se-generan-hibridos-de-maiz-de-grano-color-rojo-y-azul/.
- Rodriguez, F. 2017. Suceptibilidad de 15 diferentes razas de maíz a acaro (*T. cinnabarinus*) Scielo. Revista colombiana de entomología. Vol 4.

- SADER. 10 de marzo de 2023 Maíz, el cultivo de México. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-cultivo-de-mexico>.
- Santis S. 2010. Antibiosis de 11 híbridos de maíz a *Tetranychus urticae* Koch. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de parasitología
- Suarez, E. Carrillo F. 2016. Evaluación de la susceptibilidad de araña roja (*T. urticae*) en distintas especies de cucurbitáceas. Revista de facultad de ciencias agrarias.
- Tapiero A. 2019. Durable resistance to plants diseases. Revista coproica. Vol. 3
- Wuletau, T. Samira, E. Rachard F. 2022. Wheat breeding for Hessian fly resistance at ICARDA. The Crop Journal. Volumen 10.

ANTIBIOSIS Y ANTIXENOSIS DE MATERIALES AVANZADOS DE MAÍZ DEL TecNM ROQUE A *Tetranychus urticae* KOCH

Israel Mendoza Ramos¹, Luis P. Guevara Acevedo^{2§}, Emerson H. Blanquet Arredondo³, Abril de M. Montesinos Bernal², Luis R. Sánchez Rico², Mariano Mendoza Elos²

¹Estudiante de ingeniería en Agronomía TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ² TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ³Estudiante de Maestría en Producción y Tecnología de Semillas, TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. §Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESÚMEN

La araña roja de dos manchas, *Tetranychus urticae* Koch, es una de las plagas más importantes en los cultivos de maíz, causando amarillamiento prematuro y secado de las hojas, las cuales se encuentran infestadas en el envés y cubiertas con una tela de seda, en el afán de buscar nuevas alternativas para el control de esta plaga se planteó que el objetivo de este estudio fue evaluar la antibiosis, antixenosis y repelencia en las variedades de maíz CML 551, CML 451 y 312 B, se sembraron en contenedores de 0.5 L, estos llenados con sustrato peat most (Sunshine®). Cuando presentó la cuarta hoja se tomaron 5 cuadros de 2 cm² de cada variedad en estudio y se colocaron con el envés hacia arriba en cajas Petri con una cama de algodón saturado en agua destilada e inmediatamente se transfirieron 20 ácaros hembra por cada cuadro de hoja. Durante cuatro días se registraron datos sobre supervivencia, mortalidad, oviposición y repelencia. Los resultados se transformaron a porcentaje y posteriormente a arcoseno y fueron analizados mediante un ANOVA con un diseño completamente al azar con cinco repeticiones, lo que mostró que la variedad 312 B presentó un mayor grado de antibiosis frente a *Tetranychus urticae*, evidenciado por un menor porcentaje de supervivencia, en comparación con las variedades CML 551 Y CML 451, que mostró un mayor grado de antixenosis y repelencia.

Palabras clave. Mortalidad, araña roja, plaga, acaro, repelencia.

ABSTRACT

The two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, is one of the most important pests in corn crops, causing premature yellowing and drying of the leaves, which are infested on the underside and covered with a silk cloth. For this reason, the objective of this study was to evaluate antibiosis, antixenosis and oviposition in the varieties CML 551, CML 451 and 312 B. To evaluate antibiosis, antixenosis and oviposition, a colony of *T. urticae* was established from cucumber leaves, selecting females for transfer to 2 cm corn leaves, where they would oviposit in a period of 24 hours. 20 female mites were selected and transferred to 2 cm² squares of the fourth leaf of the hybrids under study, placing them in Petri dishes previously moistened with cotton and purified water, performing five replications. For four days, data on mortality, oviposition and repellency were recorded. The results were analyzed by means of an ANOVA with a completely randomized design with five replications, which showed that the variety 312 B presented a higher degree of antibiosis against *Tetranychus urticae*, evidenced by a lower percentage of survival, compared to the varieties CML 551 and CML 451, which showed a higher degree of antixenosis and repellency.

KEY WORDS. Mortality, red spider, plague, mite, repellency.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo más producido a nivel global (USDA-FAS, 2013), ocupando el segundo lugar después del trigo y el arroz, con una producción de 991.92 millones de toneladas métricas (USDA, 2015). México se sitúa como el cuarto productor en cuanto a área sembrada, siendo un centro de origen y domesticación de este cultivo (Matsuoka et al., 2002; SAGARPA, 2011). En 2017, se estimó que la producción de maíz alcanzaría 23.3 millones de toneladas, lo que representaría un incremento aproximado del 4.7 por ciento (SAGARPA, 2017). No obstante, el rendimiento promedio en el país es de 3.17 toneladas por hectárea, lo que está un 38% por debajo del promedio mundial (USDA-FAS, 2013). Existen

diversos factores que limitan la productividad y el rendimiento del maíz a nivel global, y los insectos fitófagos son responsables de alrededor del 10% de esta reducción (Oerke, 2006).

Las plantas se enfrentan continuamente a una mezcla de estreses abióticos y bióticos que generan una intensa presión de selección, lo que las lleva a adaptarse en su equilibrio entre crecimiento y defensa. En su interacción con patógenos y plagas, han desarrollado estrategias complejas que combinan defensas tanto constitutivas como inducibles para sobrevivir y mantener su capacidad adaptativa al combinar sus defensas (Santamaria *et al.*, 2018). Las reacciones de las plantas ante los artrópodos se fundamentan en características genéticas y se clasifican comúnmente en tres grupos: antixenosis o disuasión, antibiosis o resistencia, y tolerancia (Shoorooei, *et al.*, 2018). La antixenosis se refiere a la falta de preferencia de un artrópodo por una planta, evidenciada por factores disuasorios como colores, olores y texturas que modifican el comportamiento del artrópodo, llevándolo a elegir un huésped diferente. La antibiosis implica una relación adversa entre la planta y la plaga, donde los mecanismos defensivos químicos y morfológicos de la planta impactan negativamente la biología del artrópodo. Por su parte, la tolerancia es la capacidad de la planta para convivir con el artrópodo, resistir, reparar o recuperarse de los daños ocasionados por la plaga. Estas tres estrategias pueden ser independientes o solaparse tanto en su mecánica como en su función, ya que su enfoque defensivo es específico de cada planta y depende del tipo de artrópodo y su forma de alimentarse (Macke, 2011). La mayoría de las investigaciones sobre interacciones entre plantas y artrópodos se han centrado en los insectos, pero los ácaros (*Chelicerata*, *Arachnida*, *Acari*) también se alimentan de plantas, causando daños significativos y pérdidas en la producción. Dentro de los ácaros fitófagos, la araña de dos manchas *Tetranychus urticae*, es considerado una amenaza significativa para la agricultura debido a que es una especie altamente polífaga, tiene un ciclo de vida corto, produce una gran cantidad de descendencia y posee una notable habilidad destacada para generar resistencia a algunos pesticidas (Van Leeuwen, 2015). *Tetranychus urticae* es una plaga cosmopolita que se nutre de más de 1100 especies de plantas registradas, de las 150 son cultas (Migeon, 2020). En

el contexto actual de cambio climático, caracterizado por condiciones cálidas y secas, *Tetranychus urticae* acorta su ciclo de vida, genera más generaciones al año y se expande (Ximénez *et al.*, 2017). Su aparato bucal, que actúa como raspador y chupador, causa daños como clorosis y decoloración en los tejidos vegetales, necrosis en hojas y flores, además de provocar manchas cloróticas, defoliación y deshidratación (Villarroel, 2018). Estos ácaros se alimentan principalmente de las hojas, perforando células del mesófilo. Utilizan un estilete retráctil para acceder entre las células epidérmicas o a través de estomas abiertos sin dañar las células. Inyectan saliva para descomponer el contenido celular antes de succionar lo que queda. Esto resulta en la pérdida de clorofila, una disminución en la tasa de fotosíntesis y la aparición de lesiones cloróticas (Bensoussan *et al.*, 2016). Es por ello que el objetivo de la investigación fue evaluar los mecanismos de resistencia de materiales avanzados de maíz del TecNM Roque a araña roja bajo condiciones de laboratorio.

Algunas variedades de maíz son letales para la araña roja debido a la presencia de compuestos secundarios, como proteínas o metabolitos, que actúan como insecticidas o tóxicos para este acaro. Estos maíces desarrollan mecanismos de defensa que afectan negativamente la fisiología y supervivencia de la araña roja. En particular la planta puede generar compuestos como proteínas defensivas, alcaloides o terpenos, que interfieren con la alimentación y el desarrollo del insecto. (Pérez *et al.*, 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el laboratorio de Fitosanidad del Instituto Tecnológico de México, Campus Roque (TecNMR). Para ello se sembraron semillas de maíz de las variedades CML 551 A (CIMMYT), 451 A y 312 B en contenedores de unicel de 0.5 L llenados con sustrato peat most (Sunshine®). Los riegos se realizaron cada cinco días, a la par se estableció una colonia de araña roja de dos manchas mediante la colecta de estos individuos provenientes de cultivo de pimiento las cuales fueron transferidas e inoculadas en las plantas de maíz el cual estaba siendo tratado bajo condiciones controladas en el invernadero de Fitosanidad del TecNMR.

A los 14 días dds aplicamos la primera fertilización utilizando Algas Marinas 4 mL L⁻¹ aplicando 200 mL por planta. Y así mismo cada fertilización se realizó cada séptimo día hasta lo que va del proceso vegetativo de las plantas. Para el manejo del material biológico en el laboratorio, se empleó la técnica de AbouSetta y Childers (1987), conocida como hoja arena. Esta técnica consistió en transferir ácaros utilizando un pincel con un punzante a la cuarta hoja de cada una de las variedades de maíz.

Para evaluar la antibiosis, se cortaron cinco cuadros de 2 cm² de la cuarta hoja de cada variedad de maíz en estudio, los cuales se colocaron con el envés hacia arriba en cajas Petri que contenían una cama de algodón (Jaloma ®) humedecido con agua destilada. A continuación, se transfirieron veinte hembras, recién apareadas. Desde ese momento y durante veinticuatro horas se registraron la mortalidad, la oviposición y la repelencia, esta última evaluada a partir del comportamiento de los ácaros al abandonar los cuadros de la hoja, enseguida de las cuarenta y ocho, setenta y dos y las noventa y seis horas, se evaluó solamente la oviposición existente en cada bioensayo. El período de observación de cuatro días se basó en resultados de experimentos anteriores, que indican que los ácaros presentan pocos cambios en la oviposición bajo esas mismas condiciones después de los cuatro días de infestación (Mansour et al., 1987).

Los resultados obtenidos sobre hembras vivas, muertas, repelidas y producción de huevos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) con un diseño completamente al azar y cinco repeticiones. Cuando el ANOVA reveló diferencias significativas entre una de las variedades, se utilizó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para la separación de medias. Para cada uno de los análisis se utilizó el programa SAS System para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza indican que las variedades de maíz presentan efecto altamente significativo tienen un efecto al 99 % de significancia ($Pr > 0.001$) en el porcentaje de individuos muertos ($Pr > F$, 0.0743). Mientras que

para la supervivencia ($Pr > F$, 0.6933) repelencia ($Pr > F$, 0.9064) y huevos por hembra por día ($Pr > F$, 0.8941) las variedades de maíz no presentaron efecto. Los resultados del porcentaje de mortalidad para este estudio fueron similares a los reportados por Suarez y Carrillo (2016) quienes en un trabajo con diferentes variedades de maíz observaron significancia en la mortalidad de un 45% de mortalidad.

La variedad de maíz CML 551 Amarillo presentó la mayor diferencia en una de las variables analizadas con 30.24%, estos valores son superiores de acuerdo a los valores reportados por Ruiz *et al.* (2018). de *T. urticae* en cultivares de tomate ya que fue de 18.28% y 28.83% respectivamente. En seguida de la variedad CML 451 Amarillo con 26.65 % este resultado es inferior al reportado por (Karlec, 2017), quien obtuvo un valor de 28.58% en cultivares de pepino y la que menor valor presento fue la variedad 312 Blanco con 22.48% este resultado es superior al reportado por (Chicaiza, 2018) quien obtuvo un valor de 16,3% en *Tetranychus urticae* Koch en cultivares de melón. Lo que indica que con la variedad (312 Blanco) se disminuye en más del 7.5% la mortalidad con respecto a la que mayor mortalidad presento (CML 551 Amarillo), esto es indicativo que posiblemente exista un factor morfológico o químico que determina el aumento de la mortalidad de esta variedad.

Cuadro 1. Antixenosis de araña roja (*T. urticae*) en efecto de distintos híbridos de maíz.

Tratamiento	Variedad	Muertas
1	CML 551 Amarillo	30.247 a
2	CML 451 Amarillo	26.658 ab
3	312 Blanco	22.489 b

Al realizar la evaluación de las variedades de maíz (*Zea mays* L.) ante la infestación de araña roja (*T. urticae*) se logró observar que durante el periodo no se obtuvieron datos significativos en cuanto a repelencia y antibiosis.

CONCLUSIONES

La variedad de maíz 312 B muestra ser una alternativa para programas de mejoramiento para resistencia a araña roja al observar un mayor nivel de

antixenosis que esto resultará en una menor densidad poblacional y con ello menor daño a las plantas.

LITERATURA CITADA

- Alba, J.M.; Schimmel, B.C.J.; Glas, J.J.; Ataide, L.M.; Pappas, M.L.; Villarroel, C.A.; Schuurink, R.C.; Sabelis, M.W.; Kant, M.R. Los ácaros suprimen las defensas del tomate aguas abajo del jasmonato y el salicilato independientemente de la diafonía hormonal. *Nuevo Phytol.* 2015, 205, 828–840.
- Bensoussan, N.; Santamaría, M.E.; Zhurov, V.; Díaz, I.; Grbic, M.; Grbic, V. Interacción planta-herbívoro: Disección del patrón celular de *Tetranychus urticae* alimentándose de la planta huésped. *Frente. Plant Sci.* 2016, 7, 1105.
- Karlec, F., Duarte, A. D. F., Oliveira, A. C. B. D., & Cunha, U. S. D. (2017). Development of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in different strawberry cultivars. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(1), 1-8.
- Lema Chicaiza, A. G. (2018). Antibiosis y antixenosis en dos cultivares de fresa (*Fragaria x ananassa*) variedades Festival y San Andrés al ataque de (*Tetranychus urticae* Koch) [Tesis de ingeniería agrónoma, Universidad de Cevallos].
- Macke, E.; Magalhaes, S.; Khan, H.D.T.; Luciano, A.; Frantz, A.; Facón, B.; Olivieri, I. La asignación de sexo en haplodiploides, está mediada por el tamaño del huevo: evidencia en la araña roja *Tetranychus urticae* Koch. *Proc. Biol. Sci.* 2011, 278, 1054–1063.
- Migeon, A.; Dorkeld, F. Telaraña roja: una base de datos completa para los Tetranychidae. 2006–2020. Instituto de Investigación Agronómica, Centro de Biología y Gestión de Poblaciones: Montpellier, Francia.
- Pérez-Moreno, L., Pérez, D., & Guzmán, F. 2012. Resistencia del maíz (*Zea mays* L.) a plagas y su relación con la producción de compuestos secundarios.
- Ruiz A.A. D, I. R Malacara H, E. Cerna C, Y. M. Ochoa F, L. A. Aguirre U & J. Landeros F. (2018). Comportamiento poblacional *Tetranychus urticae* Koch. (Acari: Tetranychidae) en variedades de tomate. Tesis Licenciatura

- Ingeniería en Agronomía. Departamento de Parasitología Agrícola-
Univerisdad Autónoma Agraria Antonio Narro. 969 p.
- Santamaría, M.E.; Arnaiz, A.; González-Melendi, P.; Martínez, M.; Díaz, I.
Percepción de las plantas y respuestas a corto plazo a insectos y ácaros
fitófagos. *Int. J. Mol. Sci.* 2018, 19, 1356.
- Shoorooei, M.; Hoseinzadeh, A.H.; Maali-Amiri, R.; Allahyari, H.; Torkzadeh-
Mahanti, M. Antisenosis y respuesta de antibiosis (*Phaseolus vulgaris*) a la
araña roja de dos manchas (*Tetranychus urticae*). *Exp. Appl. Acarol.* 2018, 74, 365–381.
- Vacante, V. *El Manual de Ácaros de las Plantas Económicas: Identificación, Bioecología y Control*; CABI International: Wallingford, Reino Unido, 2016.
- Van Leeuwen, T.; Tirry, L.; Yamamoto, A.; Nauen, R. La importancia económica de
los acaricidas en el control de los ácaros fitófagos y una actualización sobre
el reciente modo de investigación sobre el modo de acción de los
acaricidas. *Pestic. Bioquímica. Phsyiol.* 2015, 121, 12–21.
- Ximénez-Embún, M.G.; Castañera, P.; Ortego, F. El estrés por sequía en tomate
aumenta el rendimiento de cepas adaptadas y no adaptadas de *Tetranychus urticae*. *J. Fisiología de insectos.* 2017, 96, 73–81.

APLICACIÓN DE ALGAS MARINAS EN PIMIENTO MORRÓN (*Capsicum annuum*) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Pérez Mendoza Davino¹, Balderas Guerrero María de la Paz², García Rodríguez J. Guadalupe¹, Rivera Serrano María de Lourdes¹, Licea Rojas Lorenzo¹, González Morales Juan pablo¹

¹Docentes del ITR, ²Egresada de innovación Agrícola Sustentable ITR; email:

davino.pm@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de fertilización foliar orgánica con la aplicación de algas marinas en el desarrollo fenológico, rendimiento y calidad del pimiento morrón en una variedad (Aitana rojo), bajo condiciones de invernadero. El experimento se realizó en el TecNM-Roque, ubicada en el Km 8 de la carretera Celaya-Juventino Rosas, en el municipio de Celaya, Guanajuato. El experimento se estableció bajo un diseño en bloques al azar con cuatro tratamientos, cuatro repeticiones obteniendo un total de 16 unidades experimentales (UE) el trasplante se realizó el día 04 de junio del 2023. Los tratamientos evaluados fueron: Testigo- sin aplicación (T1), SeaWeed max (T2), Super Flashup (T3) y Elicitor-Algas marinas (T4). Las variables evaluadas fueron: Diámetro de Tallo (DmTI), Altura de la planta (AltPI), Diámetro ecuatorial (DmEc), Diámetro polar (DmPo), Peso del fruto (Peso) y Grados brix (GdoBx). El análisis del ANOVA se realizó mediante el paquete estadístico SAS Versión 9.4.

Palabras clave: Aplicación, Pimiento, Algas, Invernadero

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of organic foliar fertilization with the application of seaweed on the phenological development, yield and quality of bell pepper in a variety (Aitana rojo), under greenhouse conditions. The experiment was carried out at TecNM-Roque, located at Km 8 of the Celaya-Juventino Rosas highway, in the municipality of Celaya, Guanajuato. The experiment was established under a randomized block design with four treatments,

four repetitions obtaining a total of 16 experimental units (EU). The transplant was carried out on June 4, 2023. The treatments evaluated were: Control - without application (T1), SeaWeed max (T2), Super Flashup (T3) and Elicitor-Seaweed (T4). The variables evaluated were: Stem diameter (DmTI), Plant height (AltPI), Equatorial diameter (DmEc), Polar diameter (DmPo), Fruit weight (Peso) and Brix degrees (GdoBx). The ANOVA analysis was performed using the statistical package SAS Version 9.4.

Keywords: Application, Pepper, Algae, Greenhouse

INTRODUCCIÓN

El pimiento morrón es uno de los clásicos en nuestros mercados, en nuestras mesas, es un pimiento carnosos, dulce en mayor o menor medida, según el grado de madurez que se puede apreciar por el color, el pimiento morrón pertenece a la familia de las Solanaceae y es concretamente la variedad Grossum de la especie *Capsicum annumm* (VelSid, 2019). México se ha ubicado en los últimos años como el principal país exportador de pimientos frescos con una participación mundial del 29 por ciento y con Estados Unidos, Canadá y Reino Unido como principales destinos, resaltó la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Casi el 50 por ciento de su producción en el país se realiza bajo la modalidad de agricultura protegida, lo que posibilita que se encuentre en el mercado prácticamente en todas las épocas del año (Rural, 2022).

En la última década el cultivo de pimiento bajo invernadero ha tomado gran importancia por la generación de empleos y flujo económico generado con su comercialización, especialmente para la exportación a EEUU (Zarate-Valle, 2013).

Los agroquímicos son sustancias químicas que se utilizan en la agricultura moderna para incrementar la productividad de los cultivos, promueven el crecimiento vegetal e impiden la propagación de plagas (Fondo para la comunicación y la educación ambiental, A. C., 2017).

Problemas como el uso excesivo e inadecuado de los productos han causado en todos los lugares donde se han aplicado severos daños ambientales que, en muchos casos, han sido irreversibles o difícilmente reversibles (Vargas, 2006).

Numerosos estudios han demostrado los beneficios de las aplicaciones de extractos de algas en las plantas, aumento en rendimiento, resistencia al estrés biótico y abiótico, mayor vida de anaquel de productos perecederos, entre otros (Intagri, 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el invernadero de investigación tipo túnel, durante los meses junio-diciembre en el año 2023, dentro de las instalaciones del TecNM-Roque, Ubicado en el Km 8 de la Carr. Celaya-Juventino Rosas, en Celaya, Gto; cuyas coordenadas geográficas son: 20°34'53"N 100°49'36"W a una altura de 1,763 msnm (Google earth, 2023).

El invernadero donde se realizó la investigación es de tipo túnel con dimensiones de 10 m de ancho por 24 m de largo, con un área total de 240 m², cuenta con ventanas laterales y ventana cenital, la estructura es metálica y cuenta con cubierta plástica calibre 880 galgas, además los laterales se tiene malla anti-áfidos.

La variedad que se evaluó fue Aitana de color rojo, con un peso promedio de 200 g por fruto. El experimento se estableció bajo un diseño en bloques al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones, dando un total de 16 unidades experimentales (UE).

Se utilizó un sistema de riego por goteo con cintilla, el cabezal cuenta con una bomba de ½ HP. Previo al trasplante se aplicó un riego pesado con la finalidad de que el suelo estuviera saturado. Al finalizar el trasplante se agregó vía Drench un inoculante conocido como Alteza, esto con la finalidad de prevenir la presencia de enfermedades criptogámicas. Los riegos se aplicaron 3 veces al día con una duración de 25 minutos, de igual forma desde el inicio del trasplante se aplicó fertilización.

Las labores culturales se realizaron semanalmente, durante la etapa vegetativa, se definieron los dos tallos principales eliminando los brotes secundarios, para formar la primera bifurcación y de igual manera se eliminó el primer fruto para evitar retardar

desarrollo vegetativo. Posteriormente se colocó rafia para el tutoreo de los tallos, además se colocó un anillo por planta para sostener la rafia, se realizó el deshoje el cual consistió en dejar 3 hojas por cada ramificación con la finalidad de que la planta tuviera mayor crecimiento y mejor calidad en los frutos.

Se realizó un manejo preventivo de plagas como la mosquita blanca y araña roja aplicando: Bifentrina, acetamiprid e imidacloprid, intercalando la aplicación de estos para evitar una resistencia de plaga, cabe resaltar que las aplicaciones se manejaron con las dosis bajas de acuerdo a la dosis recomendada.

Se presentó un problema de desorden fisiológico conocido como pudrición apical del fruto (Blosson end Root), causado por deficiencia de calcio en el fruto, cabe mencionar que la deficiencia de calcio no necesariamente es porque no está presente en la planta, sino que también puede ser causado por las condiciones edafoclimáticas, mismas que no permiten que el calcio esté disponible para ser traslocados a los frutos por ser el calcio un ion inmóvil, para controlar esta deficiencia de calcio presente en los frutos, se aplicó de manera directa sobre el fruto con un fertilizante a base de calcio con una dosis de 10 mL por L de agua en intervalos de 8 días

Las variables evaluadas fueron Diámetro de Tallo (DmTI) y Altura de Planta (AltPI), con respecto a las variables de Diámetro Ecuatorial (DmEc), Diámetro Polar (DmPo), Peso de fruto (PsFr) y Grados Brix (GdoBx) estos datos se tomaron en cada que se cosecha.

El análisis estadístico se realizó con el paquete SAS versión 9.4 en cuanto a la comparación de medias (Duncan $\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La prueba de comparación de medias (Duncan $\alpha = 0.05$) para las variables de altura de planta de pimiento morrón. Presentan diferencias significativas en los tratamientos de estudio, se observa que el T4 Elicitor presentó la mayor altura en los 8, 26, 36 y 50 ddt con medias de 14.80, 14.95, 16.80 y 25.00 cm respectivamente, seguida del T2 Seaweed max en los 64, 78, 92, 106 y 120 ddt con medias de 42.35, 60.55, 81.80, 99.35 y 105.45 cm respectivamente. Los valores

más bajos fueron en el T3 Súper Flashup a los 8 ddt con una media de 13.95 cm, seguida del T1 del día 22 ddt, seguida del T1 testigo sin aplicación del día 22, 36, 64, 78, 92, 106 y 120 ddt, con valores medios de 12.00, 12.15, 27.65, 40.05, 40.50, 56.65, 70.00 y 72.60 cm respectivamente y finalmente el tratamiento 2 Seaweed max en el día 50 ddt, con una media de 22.95 cm.

Cuadro 1. Comparación de medias de la variable de altura de planta (AltPt), del cultivo de pimiento morrón en invernadero. Ciclo otoño invierno de 2023.

Tra	AltPt	Trat	AltPt	AltPt	Trat	AltPt	Tra	AltPt	AltPt	AltPt	AltPt	AltPt
t	8ddt		22ddt	36ddt		50ddt	t	64ddt	78ddt	92ddt	106ddt	120ddt
4	14.80a	4	14.95a	16.80a	4	25.00a	2	42.35a	60.55a	81.80a	99.35a	105.45a
1	14.30a	3	14.25a	16.25a	3	24.80a	3	34.75a	50.00ab	70.85ab	86.50ab	95.50ab
2	14.10a	2	13.70a	16.05a	1	24.50a	4	33.30a	45.80b	66.60ab	83.45ab	77.90b
3	13.95a	1	12.00a	12.15a	2	22.95a	1	27.65a	40.50b	56.65b	70.00b	72.60b

Trat= Tratamiento, AltPt= Altura de planta, ddt= días después de trasplante, Valores con la misma letra en el mismo grupo, no hay diferencias, Valores con letras diferentes en el mismo grupo presentan diferencias significativas.

Los datos obtenidos en el presente trabajo son superiores como se puede observar en el cuadro 5, a los valores medios obtenidos desde los 22 ddt hasta los 120 ddt, en comparación a los datos registrados en una investigación denominada: “Evaluación de características agronómicas de pimiento morrón (*Capsicum annuum*) en condiciones hidropónicas”, en el que se obtuvieron datos de 10.98, 12.58, 16.20, 17.12, 21.19, 23.22, 29.60, 33.15, 36.62 cm respectivamente en la altura de planta de las diferentes variedades evaluadas (Cervantes, 2022).

La prueba de comparación de medias (Duncan $\alpha=0.05$) para las variables de diámetro de tallo de la planta de pimiento morrón. Presentan diferencias significativas en los tratamientos de estudio, se observa que el T4 Elicitor presento el mayor diámetro a los 8 Y 36 ddt con medias de 2.65 Y 3.11 mm, y seguida por el T1 testigo a los 22 ddt con una media de 3.13 mm y posteriormente el T2 Seaweed max a los 50 a los 120 ddt con medias de 4.64, 7.33, 10.64, 11.74, 13.46 y 13.33 mm respectivamente. Los valores más bajos fueron en el T1 testigo a los 8 y 64 ddt

con una media de 2.47 y 5.51 mm, seguida del T3 Super Flashup del día 22 al 50 y el día 92 ddt, con valores medios de 3.05, 2.94, 3.87 y 8.59 mm, posteriormente el T4 Elicitor a los 78 y 106 días ddt con valores medios de 7.47 y 10.36 mm respectivamente.

Cuadro 2. Comparación de medias de la variable de diámetro de tallo (DmTI), del cultivo de pimiento morrón en invernadero. Ciclo otoño invierno de 2023.

Tra t	DmTI 8ddt	Tra t	DmTI 22ddt	Tra t	DmTI 36ddt	Tra t	DmTI 50ddt	Tra t	DmTI 64ddt	Tra t	DmTI 78ddt	Tra t	DmTI 92ddt	Tra t	DmTI 106ddt	DmTI 120ddt
4	2.65 a	1	3.13 a	4	3.11 a	2	4.64 a	2	7.33 a	2	10.64 a	2	11.74 a	2	13.46 a	13.33a
3	2.64 a	4	3.12 a	1	3.07 a	4	4.23 a	4	5.61 a	1	8.34b	1	9.42a b	3	10.83 b	11.27a b
2	2.62 a	2	3.10 a	2	3.01 a	1	4.16 a	3	5.53 a	3	7.97b	4	9.31a b	1	10.80 b	10.70a b
1	2.47 a	3	3.05 a	3	2.94 a	3	3.87 a	1	5.51 a	4	7.47b	3	8.59b	4	10.36 b	9.64b

Trat= Tratamiento, DmTI= Diámetro de tallo, ddt= días después de trasplante, Valores con la misma letra en el mismo grupo, no hay diferencias, Valores con letras diferentes en el mismo grupo presentan diferencias significativas.

En cuanto al diámetro de tallo se obtuvieron valores altos al final del ciclo del cultivo, en comparación a la investigación realizada por Hornedo denominada: Aplicación de ácidos húmicos en pimiento morrón bajo condiciones de invernadero, en la cual se obtuvieron valores medios de 6.94, 7.22 y 7.00 mm respectivamente (Hornedo, 2022).

La prueba de comparación de medias (Duncan $\alpha=0.05$) para las variables de diámetro polar (DmPol) del fruto de pimiento morrón. Presentan diferencias significativas en los tratamientos de estudio, se observa que el T1 testigo presentó el mayor diámetro a los 8 y 136 ddt con medias de 8.78 cm y 7.91 cm respectivamente, seguida por el T4 Elicitor a los 123, 147 y 155 ddt con medias de 9.01, 8.49 y 7.13 cm respectivamente. Los valores más bajos los presentaron el T2 Seaweed max de los 113 a los 147 ddt con una media de 7.79, 7.63, 6.40 y 7.22 cm respectivamente, seguida del T1 testigo en el día 155 ddt, con un valor medio de 6.72 cm.

Cuadro 3. Comparación de medias de la variable de diámetro polar (DmPol), del cultivo de pimiento morrón en invernadero. Ciclo otoño invierno de 2023.

Trat	DmPol	Trat	DmPol	Trat	DmPol	Trat	DmPol	Trat	DmPol
	113ddt		123ddt		136ddt		147ddt		155ddt
1	8.78a	4	9.01a	1	7.91a	4	8.49a	4	7.13a
4	8.42a	1	8.50a	4	7.82a	1	8.30a	3	6.88a
3	8.41a	3	7.99a	3	7.53a	3	7.36b	2	6.86a
2	7.79a	2	7.63a	2	6.40a	2	7.22b	1	6.72a

Trat= Tratamiento, DmPol = diámetro polar, ddt= días después de trasplante, Valores con la misma letra en el mismo grupo, no hay diferencias, Valores con letras diferentes en el mismo grupo presentan diferencias significativas.

En cuanto al diámetro polar se obtuvieron valores altos durante la producción del cultivo, en comparación a la investigación realizada por Uribe *et al.* denominada: Evaluación de la producción de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) con aplicación de composta, lixiviado de lombricomposta y fertilización mineral bajo invernadero en Durango, en la cual se obtuvieron valores medios de 7.29, 7.40, 7.31 y 7.62 cm respectivamente (Uribe et al., 2009).

La prueba de comparación de medias (Duncan $\alpha=0.05$) para las variables de diámetro ecuatorial (DmEc) del fruto de pimiento morrón. No presentan diferencias significativas en los tratamientos de estudio, sin embargo, se observa que el T1 testigo presento el mayor diámetro ecuatorial a los 113, 147 y 155 ddt con medias de 7.20, 6.56 y 8.00 cm respectivamente. Los valores más bajos los presentaron el T4 Elicitor a los 113 y los 147 ddt con una media de 6.54 6.47 cm respectivamente, seguida del T1 testigo en el día 123 después del trasplante, con un valor medio de 6.67 cm y finalmente el T2 a los 136 y 155 ddt, con medias de 6.35 y 7.00 cm.

Cuadro 4. Comparación de medias de la variable de diámetro ecuatorial (DmEc) del cultivo de pimiento morrón en invernadero. Ciclo otoño invierno de 2023.

Trat	DmEc	Trat	DmEc	Trat	DmEc	Trat	DmEc	Trat	DmEc
	113ddt		123ddt		136ddt		147ddt		155ddt
1	7.20a	3	7.02a	3	6.90a	1	6.56a	1	8.00a
2	7.04a	4	6.85a	1	6.53a	2	6.53a	4	8.00a
3	6.71a	2	6.78a	4	6.41a	3	6.48a	3	7.00a
4	6.54a	1	6.67a	2	6.35a	4	6.47a	2	7.00a

Trat= Tratamiento, DmEc = diámetro ecuatorial), ddt= días después de trasplante, Valores con la misma letra en el mismo grupo no hay diferencias significativas estadísticamente, Valores con letras diferentes en el mismo grupo presentan diferencias significativas.

En cuanto al diámetro ecuatorial se obtuvieron valores bajos durante la producción del cultivo, a los obtenidos en la investigación realizada por Rivera denominada: Evaluación agronómica de ocho líneas de chile pimiento morrón bajo condiciones de agricultura protegida, en la cual se obtuvieron valores medios de 8.5, 9.0, 9.0 y 8.5 cm respectivamente (Rivera, 2023). Este resultado se ve afectado debido al manejo del cultivo y los distintos factores que en ocasiones estuvieron limitados.

La prueba de comparación de medias (Duncan $\alpha=0.05$) para las variables de variable de grados brix (GrBx) del fruto de pimiento morrón. No presentan diferencias significativas en los tratamientos de estudio, sin embargo, se observa que el T3 Super Flashup presento la mayor concentración a los 113 ddt con una media de 8.0, seguida del T1 testigo del día 123 al día 155 ddt, con valores medios de 7.5, 7.5 y 8.0 respectivamente. Los valores más bajos los presentaron el T2 a los 113 y los 136 ddt con una media de 6.5 respectivamente, seguida del T4 Elicitor en los días 123 y 155 ddt, con un valor medio de 6.5 y 7.0.

Cuadro 51. Comparación de medias de la variable de grados brix (GrBx) del cultivo de pimiento morrón en invernadero. Ciclo otoño invierno de 2023.

Trat	GrBx 113ddt	Trat	GrBx 123ddt	Trat	GrBx 136ddt	Trat	GrBx 155ddt
3	8.0a	1	7.5a	1	7.5a	1	8.0a
4	7.5a	2	7.5a	3	7.5a	2	8.0a
1	7.5a	3	7.5a	4	7.0a	3	8.0a
2	6.5a	4	6.5a	2	6.5a	4	7.0b

Trat= Tratamiento, GrBx = grados brix, ddt= días después de trasplante, Valores con la misma letra en el mismo grupo, no hay diferencias, Valores con letras diferentes en el mismo grupo presentan diferencias significativas.

En cuanto a los grados brix se obtuvieron valores altos durante la producción del cultivo, en comparación a la investigación realizada por Linares denominada: Aplicación de nanopartículas de selenio, silicio y cobre en el crecimiento y desarrollo del cultivo de pimiento morrón (*Capsicum annumm* L.), en la cual se obtuvieron valores medios de 7.40, 6.9, 7.17 y 6.68 grados de dulzor en frutos respectivamente (Linares, 2019) .

La prueba de comparación de medias (Duncan $\alpha=0.05$) para las variables de variable peso del fruto (PsFr) y rendimiento total (RenTotal) del fruto de pimiento morrón. Si presentan diferencias significativas en los tratamientos de estudio, donde se observa que el T3 Super Flashup presento el mayor peso de frutos de los 113 a los 136 ddt con media de 151.85, 153.90 y 144.80 g respectivamente, seguida del T1 testigo del día 147 al día 155 d ddt, así como para rendimiento total, con valores medios de 148.20 y 729.55 respectivamente. Los valores más bajos los presentaron el T2 a los 113, 123, 136 ddt con medias de 134.50, 136.00, 98.40 g y rendimiento total con una media de 651.20 respectivamente, seguida del T3 en el día 147 ddt, con un valor medio de 124 g.

Cuadro 6. Comparación de medias de la variable de peso del fruto (PsFr) y rendimiento total (RenTotal), del cultivo de pimiento morrón en invernadero. Ciclo otoño invierno de 2023.

Trat	PsFr	Trat	PsFr	Trat	PsFr	Tra	PsFr	Trat	Ren
	113ddt		123ddt		136ddt	t	147ddt		Total
3	151.85a	3	153.90a	3	144.80a	1	148.20a	1	729.55a
1	148.20a	4	145.50ab	4	128.00a	2	147.30a	3	718.25a
4	144.50a	1	145.05ab	1	120.75a	4	145.50a	4	703.50a
2	134.50a	2	136.00b	2	098.40a	3	124.05a	2	651.20a

Trat= Tratamiento, PsFr = peso del fruto, RenTotal= rendimiento total ddt= días después de trasplante, Valores con la misma letra en el mismo grupo, no hay diferencias, Valores con letras diferentes en el mismo grupo presentan diferencias significativas.

En cuanto al peso del fruto durante la producción se obtuvieron valores altos, en comparación a la investigación realizada por Medranda denominada: Efecto del biol bovino y avícola en la producción de pimiento dulce (*Capsicum annum* L.), en la cual se obtuvieron valores medios de 126.90, 121.40, 120.75 y 116.87 g respectivamente (Medranda, 2016).

En cuanto al rendimiento total durante la producción se obtuvieron valores bajos de: 16.05, 15.80, 15.47 y 14.32 t- ha⁻¹, en comparación a la investigación realizada por De Grazia denominada: Efecto de sustratos con compost y fertilización nitrogenada

sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento de pimiento (*Capsicum annuum*), en la cual se obtuvieron valores medios de 25.45, 26.10, 26.00 y 23.19 t- ha⁻¹ respectivamente (De Grazia, 2007). Aún más con el rendimiento promedio nacional que es de 81.94 t- ha⁻¹ ambos rendimientos están por debajo del resultado esperado (SIAP, 2019).

CONCLUSIONES

En la variable agronómica de altura de planta, el Tratamiento (T2) Seaweed Max presenta los valores más altos y el tratamiento (T1) testigo (sin aplicación) presenta los valores medios más bajos, esto en los últimos días de desarrollo del cultivo.

Para la variable del diámetro del tallo los valores más altos fueron: el Tratamiento (T2) Seaweed Max presenta los valores más altos y el (T4) Elicitor- Algas marinas, presento los valores medios más bajos, de igual manera en esto en los últimos días de desarrollo del cultivo.

Respecto a la calidad del fruto, diferentes tratamientos que presentan los valores más altos en cuanto la variable del diámetro polar el tratamiento Elicitor - Algas marinas, (T4), presento los mejores resultados en relación a esta variable, el Tratamiento (T2) Seaweed Max, presento los valores más bajo durante el desarrollo del cultivo, más sin embargo al final del ciclo el tratamiento 1 Testigo tuvo el valor más bajo.

Para la variable del diámetro ecuatorial el tratamiento que dio mejores resultados fue el tratamiento (T3) Súper Flashup y al final del ciclo el tratamiento Testigo Sin aplicación (T1), con un valor promedio más bajos los presento el Tratamiento (T2) Seaweed Max.

Para la variable de los grados brix el tratamiento que dio mejores resultados fue tratamiento (T1) Testigo Sin aplicación y con un valor promedio más bajos los presentaron los tratamientos (T2) Seaweed Max y el tratamiento Elicitor-Algas marinas (T4).

Para la variable peso de frutos el tratamiento que presento los mejores pesos fue el tratamiento (T3) Súper Flashup y al final del ciclo el tratamiento Testigo Sin

aplicación (T1), al igual que el rendimiento total; con un valor promedio más bajos los presentaron los tratamientos (T2) Seaweed Max.

LITERATURA CITADA

- Cervantes, Z. (2022). Evaluación de características agronómicas de pimiento morrón (*Capsicum annum*) en condiciones hidropónicas. Celaya: Tecnológico Nacional de México Roque.
- Fondo para la comunicación y la educación ambiental, A. C. (2017). Agroquímicos en los alimentos. Obtenido de Agroquímicos en los alimentos: <https://agua.org.mx/actualidad/agroquimicos-en-los-alimentos/>
- Google earth. (10 de 11 de 2023). Google earth. Obtenido de Google earth: <https://earth.google.com/web/@20.58147367,-100.82680978,1764.90455171a,357.45149659d,35y,3.40195572h,39.30623393t,0r/data=CIaAThJiCiUweDg0MmNhNTM5MWNIZmRIM2Y6MHg5NGRkOWJhNWl1MTU3NzZiKh9JbnN0aXR1dG8KVGvJbm9sw7NnaWNvCmRIIFJvcXVIGAlgAQ>
- Hornedo, P. (2022). Aplicación de ácidos humicos en pimiento morrón bajo condiciones de invernadero. Celaya: Tecnológico nacional de México Roque.
- Intagri. (2016). Intagri S.C. Obtenido de Intagri S.C.: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/uso-de-extractos-de-ascophyllum-nodosum>
- Linares, U. (2019). Aplicación de nanopartículas de selenio, silicio y cobre en el crecimiento y desarrollo del cultivo de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.). Coahuila: Universidad autónoma agraria antonio narro.
- Medranda, E. (2016). Efecto del biol bovino y avícola en la producción de pimiento dulce (*Capsicum annum* L.). Ecuador: Espam ciencia.
- Rural, S. d. (2022). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Obtenido de Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/mexico-principal-exportador-mundial-de%02pimientos-frescos-agricultura>

- SIAP. (2019). SIAP. Obtenido de SIAP:
<https://agroproductores.com/transfereencia/page/25/>
- Uribe et al. (2009). Evaluación de la producción de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) con aplicación de composta, lixiviado de lombricomposta y fertilización mineral bajo invernadero en Durango. Durango: Instituto politecnico nacional.
- Vargas, M. (2006). Efectos ambientales. Obtenido de Efectos ambientales:
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/26576/riesgos.pdf>
- VelSid. (2019). Gastronomía & Cía. Obtenido de Gastronomía & Cía:
<https://gastronomiaycia.republica.com/2010/06/28/pimiento-morron/>
- Zarate, J., & Valle, A. (2013). Intagri S.C. Obtenido de Intagri S.C.:
<https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/aspectos-claves%02produccion-pimiento-invernadero>

APLICACIÓN DE BIORREGULADORES VEGETALES PARA REDUCIR LA “CAÍDA DE FRUTO DE JUNIO” Y AUMENTAR LA PRODUCCIÓN Y TAMAÑO DE FRUTO EN EL AGUACATE ‘HASS’

Luis Eduardo Cossio-Vargas^{1£}, Enrique Cossio-Vargas², Luis Febronio Díaz-Espino¹

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, km 6.5., Carr. Celaya-San Miguel de Allende 38110, Celaya, Guanajuato, México.

² Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Carr. Valle-Huanimaro Km 1.2, Valle de Santiago, Guanajuato, México. C.P. 38400. £autor de correspondencia

cossio.luiseduardo@inifap.gob.mx

RESUMEN

En Nayarit, como en otras regiones productoras, el aguacate ‘Hass’ florece prolíficamente cada invierno-primavera. Sin embargo, las pérdidas de rendimiento debido a la “caída de Junio” son cuantiosas, por lo que es necesario buscar estrategias para reducir esta caída de fruto en precosecha. El objetivo de esta investigación fue el de identificar los tratamientos con Biorreguladores Vegetales más prometedores para reducir la caída de fruto en precosecha, así como cuantificar su efecto sobre el rendimiento y tamaño de fruto en aguacate ‘Hass’ cultivado sin riego en Nayarit. Las aspersiones a la copa de los árboles con diferentes dosis o épocas de aplicación de los biorreguladores 2,4-D, aminoethoxivinilglicina ó 6-benciladenina no afectaron el rendimiento total de fruto del cv. Hass cultivado sin riego en Nayarit. Los mejores tratamientos para reducir la “caída de fruto de Junio” e incrementar el tamaño del fruto de cv. Hass cultivado sin riego fueron una sola aspersión en junio de 20 mg·L⁻¹ 2,4-D (como Alco/Citrus Fix) ó bien, 45 mg·L⁻¹ aminoethoxivinilglicina (como Retain).

Palabras clave: Biorreguladores vegetales, Caída, Producción, Tamaño y Fruto.

ABSTRACT

In Nayarit, as in other producing regions, the 'Hass' avocado blooms prolifically every winter-spring. However, the yield losses due to the “June fall” are considerable, so it is necessary to look for strategies to reduce this fruit drop in pre-harvest. The objective of this research was to identify the most promising growth regulator treatments to reduce preharvest fruit drop, as well as quantify their effect on yield and fruit size in 'Hass' avocado grown without irrigation in Nayarit. Sprays to the tree crown with different doses or application times of the bioregulators 2,4-D, aminoethoxyvinylglycine or 6-benzyladenine did not affect the total fruit yield of cv. Hass grown without irrigation in Nayarit. The best treatments to reduce “June fruit drop” and increase the size of cv. Hass grown without irrigation were a single spray in June of 20 mg×L⁻¹ 2,4-D (as Alco/Citrus Fix) or 45 mg×L⁻¹ aminoethoxyvinylglycine (as Retain).

Keywords: *Plant Bioregulators, Drop, Production, Size and Fruit.*

INTRODUCCIÓN

El aguacate ‘Hass’ florece prolíficamente, produciendo de 1 a más de 2 millones de flores cada año. Sin embargo, la pérdida de fruto debido a la “caída de Junio” reduce el rendimiento potencial. La caída de junio es un problema de importancia económica en todas las regiones productoras de aguacate. En Nayarit, más del 40% del rendimiento puede perderse a causa de este fenómeno (Salazar-García et al., 2006). Existen teorías acerca de que la caída de fruto es debida a una fuerte competencia por carbohidratos, agua, y/o hormonas vegetales.

Las auxinas, giberelinas y citocininas son hormonas que tienen funciones importantes en el crecimiento y desarrollo del fruto de aguacate. Blumenfeld y Gazit (1974) encontraron niveles bajos de estas hormonas en frutos de aguacate que presentaron abscisión, en comparación a frutos normales. Cuando se presentó la abscisión de los frutos, la producción de giberelinas y auxinas en las semillas había disminuido y la cantidad de los inhibidores del crecimiento, como el ácido abscísico y el etileno aumentó en los frutos.

El uso de biorreguladores vegetales podría ayudar a disminuir la caída de fruto en el aguacate, así como incrementar el rendimiento y tamaño del fruto. El Accel^{MR} (Abbott laboratories) es un biorregulador que contiene la citocinina 6-benciladenina (1.8%), más las giberelinas AG_{4,7} (0.18%) y asperjado podría ser útil para reducir la caída de fruto, aunque no hay estudios específicos sobre su efecto en aguacate. Sin embargo, una investigación hecha en Sudáfrica mostró que la concentración baja de citocininas en frutos en desarrollo fue un factor que contribuyó al problema del tamaño pequeño del fruto del aguacate 'Hass' (Cowan et al., 1997). No obstante, esto, aún no se han desarrollado estrategias para incrementar el tamaño del fruto con aspersiones al follaje con citocininas. En California, las aspersiones foliares al aguacate 'Hass' con 25 mg·L⁻¹ de 6-benciladenina (en forma de Accel), cuando las inflorescencias estaban en antesis redujeron significativamente la producción de fruto de los tamaños 70 (135-177 g/fruto) y 60 (135-177 g), no tuvo efecto en los tamaños 48 (213-269 g) y 40 (270-325 g) y aumentó significativamente la producción de fruto tamaño >40 (>325 g) (Lovatt, 2004). La aplicación de 6-benciladenina no afectó la producción total de fruto.

El Alco/Citrus Fix^{MR} (AMVAC Chemical Corp.) contiene 2,4-D, el cual es una auxina relacionada con el crecimiento del fruto de aguacate; promueve tanto la división como la expansión celular y tiene potencial, tanto para reducir la caída de fruto como para aumentar el tamaño del fruto (Gazit y Blumenfeld, 1972). En naranja 'Valencia', la aplicación de 2,4-D en combinación con ácido giberélico en precosecha disminuyó la caída de fruto, obteniéndose periodos largos de recolección (Coggins, 1981). Las aspersiones al follaje con esta auxina incrementaron el tamaño de fruto en mandarinas y otros cítricos (Chao, 2005). Hasta ahora no hay información disponible para aguacate.

El Retain^{MR} (aminoethoxivinilglicina; Abbott laboratories) es un biorregulador que inhibe la producción endógena de etileno en los tejidos de las plantas tratadas (Abbot, 2000). Las aspersiones con Retain en precosecha podrían disminuir la caída de fruto y aumentar el tamaño de fruto en aguacate, aunque no se encontró información disponible al respecto. Sin embargo, en pera asiática (*Pyrus pyrifolia*),

la aplicación de Retain ($200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) en precosecha disminuyó la caída de fruto (Abbot, 2000).

En Nayarit, las pérdidas de rendimiento en el aguacate 'Hass' debido a la "caída de Junio" son cuantiosas, por lo que es necesario buscar estrategias para reducir esta caída de fruto en precosecha. El objetivo de esta investigación fue el de identificar los tratamientos con Biorreguladores Vegetales más prometedores para reducir la caída de fruto en precosecha, así como cuantificar su efecto sobre el rendimiento y tamaño de fruto en aguacate 'Hass' cultivado sin riego en Nayarit.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se desarrolló durante el 2011 (Año 1) y 2014 (Año 2) en dos huertos comerciales de aguacate 'Hass' de 16 años de edad, en el estado de Nayarit. El huerto 'Alberto' se localizó en Venustiano Carranza ($21^{\circ} 32' \text{ N}$, $104^{\circ} 59' \text{ W}$; 900 msnm; precipitación media anual de 1,300 mm; temperatura media anual de 21°C). El huerto 'Bernabé' se situó en Xalisco ($21^{\circ} 26' \text{ N}$, $104^{\circ} 55' \text{ W}$; 1,100 msnm; precipitación media anual de 1,185 mm; temperatura media anual de 21.7°C). En el Año 1, se seleccionaron 20 árboles en el año de alta producción en cada uno de los huertos Alberto y Bernabé. Durante el Año 2, en el huerto Alberto se seleccionaron 60 árboles con características similares de carga de fruto a los del Año 1. En los dos huertos los árboles estaban injertados sobre portainjertos criollos originados por semilla, establecidos a $8 \times 8 \text{ m}$ y no disponían de riego.

Tratamientos

Los biorreguladores vegetales evaluados fueron aplicados al follaje de los árboles y fueron: Accel^{MR} (1.8% 6-benciladenina + 0.18% AG_{4,7}; Abbott Laboratories, North Chicago, IL, USA), Alco/Citrus Fix^{MR} (38% 2,4-D; AMVAC Chemical Corp., Los Angeles, CA, USA), Retain^{MR} (15% aminoethoxivinilglicina; Abbott laboratories, North Chicago, IL, USA). En el Año 1, los tratamientos fueron aplicados el 3 de junio en los huertos Alberto y Bernabé, cuando el fruto tenía de 5 a 7 cm de longitud: (T-1) $25 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 2,4-D ($66 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ Alco/Citrus Fix), (T-2) $45 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ AVG ($300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ Retain), (T-3) $0.45 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 6-benciladenina ($25 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ Accel) y (T-4) Control (sólo

surfactante). Para el Año 2, se modificaron los tratamientos y se aplicaron solamente en el huerto Alberto, cuando el fruto tenía de 3 a 4 cm de longitud (20 mayo) ó de 5 a 7 cm de longitud (15 junio) y fueron: (T-1) 10 mg·L⁻¹ 2,4-D (26.3 mg·L⁻¹ Alco/Citrus Fix) en mayo y junio, (T-2) 12.5 mg·L⁻¹ 2,4-D (23.9 mg·L⁻¹ Alco/Citrus Fix) en mayo y junio, (T-3) 20 mg·L⁻¹ 2,4-D (52.6 mg·L⁻¹ Alco/Citrus Fix) en junio, (T-4) 22.5 mg·L⁻¹ AVG (150 mg·L⁻¹ Retain) en mayo y junio, y (T-5) 45 mg·L⁻¹ AVG (300 mg·L⁻¹ Retain) en junio, (T-6) Control (sólo surfactante). Los tratamientos fueron aplicados con una aspersora motorizada de mochila un mes antes de la fecha esperada de la caída de junio, entre las 7:00 y 10:00 A.M. Para lograr un buen cubrimiento de la copa del árbol se usaron 10 ± 1 L de solución por árbol, previamente ajustada a pH 5.5. A todos los tratamientos (incluyendo al Control) se les agregó 1 mg·L⁻¹ del surfactante Silwet L-77^{MR} (Loveladd industries INC., Greeley, CO, USA).

Aspectos evaluados

Caída de fruto. La intensidad de la caída de fruto de junio fue evaluada en cuatro ramas de 1 m de longitud y 6 a 10 cm de diámetro distribuidas uniformemente alrededor de la copa de cada árbol experimental. La cantidad de fruto presente en cada una de las ramas seleccionadas fue contabilizada al momento de la aplicación de los tratamientos (mayo o junio), así como en septiembre, después del periodo de “caída de fruto de Junio”.

Producción y tamaño de fruto. El rendimiento total por árbol y la proporción de fruto de distintos tamaños (calibres) fueron determinados a la cosecha en noviembre de ambos años para todas las repeticiones. Para obtener la proporción de fruto en los diferentes tamaños, se obtuvo el peso individual de 100 frutos escogidos al azar por árbol. Los intervalos de peso por fruto fueron: canica (<135 g), segunda (135-169 g), primera (170-210 g), extra (211-265 g) y súper extra (>266 g).

Análisis estadístico

Los experimentos fueron establecidos bajo un diseño experimental de bloques completos al azar. En el Año 1, se usaron cinco repeticiones (árboles) por cada

huerto. Para el Año 2 se utilizaron 10 repeticiones. Previo a su análisis, los valores expresados como porcentajes se transformaron mediante el arcoseno de la raíz cuadrada de la observación (Steel y Torrie, 1980). La comparación de medias fue hecha con la prueba del rango múltiple de Duncan ($P = 0.05$).

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Intensidad de la caída de fruto

En el Año 1, la intensidad de la “caída de fruto de Junio” no fue afectada significativamente por la aplicación de biorreguladores en ninguno de los dos huertos de aguacate ‘Hass’ (**Figura 1**). En el Año 1, el porcentaje de caída de fruto de junio fue numéricamente más bajo para los tratamientos con 2,4-D ó aminoethoxyvinylglycine aplicados en junio. Estos resultados, estimularon a que en el segundo año se evaluaran más tratamientos con estos biorreguladores. Los resultados del Año 2 mostraron que todos los biorreguladores evaluados redujeron de 16.5% a 19.4% la intensidad de la “caída de fruto de Junio”, comparado con los árboles Control.

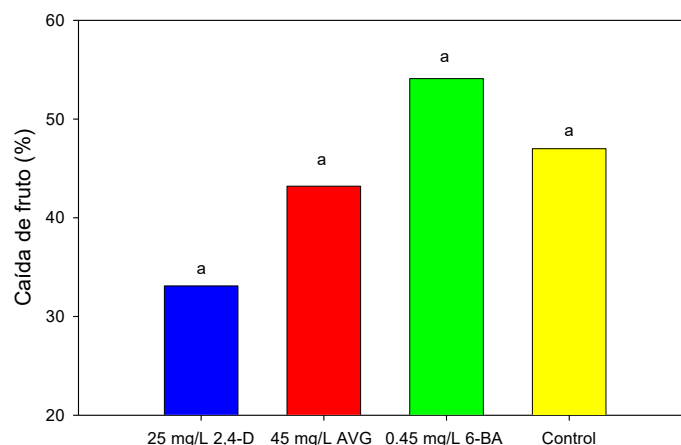


Figura 1. Efecto de las aspersiones al follaje con biorreguladores vegetales en junio sobre la intensidad de la “caída de fruto de Junio” en árboles de aguacate ‘Hass’ en el Año 1. Promedio de los huertos Alberto y Bernabé. Comparación de medias entre tratamientos con la Prueba de Duncan ($P = 0.05$).

La caída de fruto fluctuó de 33.1% a 54.1%. Aunque no resultó significativo, los valores más bajos los presentó el tratamiento con 25 mg·L⁻¹ de 2,4-D aplicado en junio. Para el Año 2, los árboles Control presentaron la mayor intensidad de caída de fruto (66%) y todos los tratamientos, ya sea con 2,4-D ó aminoethoxyvinylglycine redujeron significativamente la caída de fruto, la cual varió de 46.6 a 49.5% (**Figura 2**).

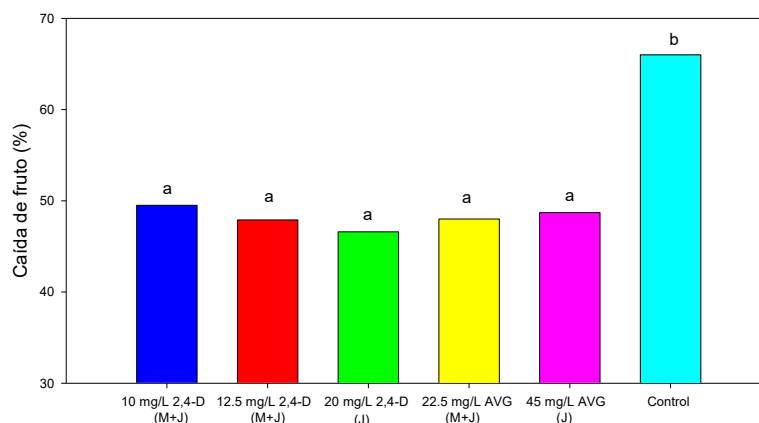


Figura 2. Efecto de aspersiones al follaje con 2,4-D ó aminoethoxivinilglicina (AVG) en Mayo (M) o Junio (J) sobre la caída de fruto en árboles de aguacate 'Hass' en el Año 2. Huerto Alberto. Comparación de medias entre tratamientos con la Prueba de Duncan ($P = 0.05$).

Producción y tamaño de fruto

La producción total por árbol no fue afectada significativamente ($P = 0.05$) por ninguno de los tratamientos evaluados en los dos años del estudio. En el Año 1 la producción de fruto fluctuó de 81.6 a 108.4 kg/árbol y para el Año 2 de 148.9 a 179.7 kg/árbol. Los tratamientos con los biorreguladores evaluados aumentaron el tamaño de fruto, disminuyendo la producción de fruto en los tamaños canica y segunda. En el Año 1, la aplicación en junio de 2,4-D ó AVG ó 6-benciladenina, disminuyó la producción de fruto tamaños canica (<135 g) más segunda (135-169 g) cuya suma varió de 42.3 a 55.6 kg/árbol, comparado con los árboles Control (81.9 kg/árbol) (**Figura 3**).

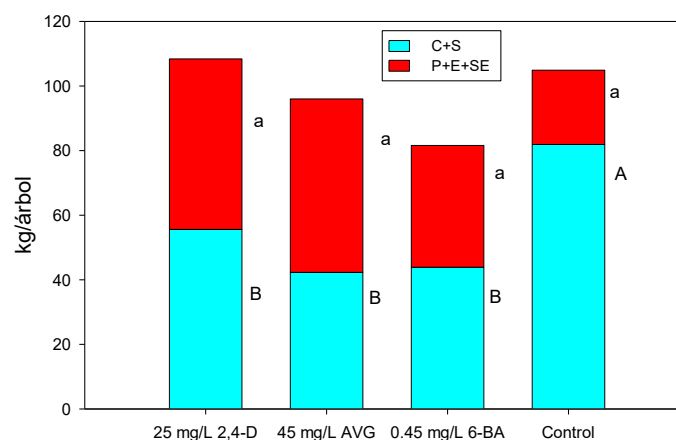


Figura 3. Efecto de las aspersiones en junio con biorreguladores vegetales a árboles de aguacate 'Hass' sobre la producción de fruto en tamaños canica + segunda (C+S) y primera + extra + súper extra (P+E+SE) en el Año 1. Promedio de los huertos Alberto y Bernabé. Comparación de medias dentro de un mismo intervalo de tamaño de fruto con la Prueba de Duncan ($P = 0.05$).

Para el Año 2, cualquier tratamiento con 2,4-D ó AVG incrementó el tamaño del fruto, reflejándose en una mayor proporción de fruto calibres primera + extra + súper extra. Para estos tratamientos, la suma de estos intervalos de tamaño fue de 108 a 120 kg/árbol, comparado con 73 kg/árbol producidos por el tratamiento Control (**Figura 4**). Los árboles Control tuvieron la mayor producción de fruto tamaño pequeño (canica + segunda), la cual alcanzó 75.9 kg/árbol. Resultados similares a los de la presente investigación fueron obtenidos en California con árboles de aguacate 'Hass' asperjados con 25 mg×L⁻¹ de 6-benciladenina, obteniéndose una menor cantidad de fruto de tamaño pequeño y una mayor producción de fruto de tamaños grandes (178 - >325 g/fruto) como los calibres 60+48+40 y >40, según la clasificación de la caja de empaque (Lovatt, 2004).

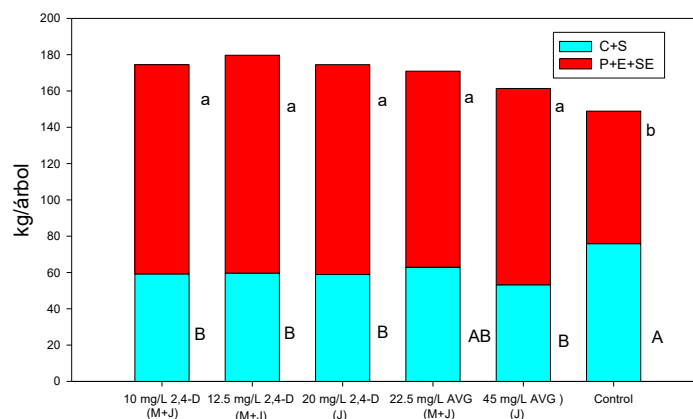


Figura 4. Efecto de aspersiones con 2,4-D ó aminoethoxivinilglicina (AVG) en Mayo (M) o Junio (J) a árboles de aguacate ‘Hass’ sobre la producción de fruto tamaños canica + segunda (C+S) y primera + extra + súper extra (P+E+SE) en el Año 2. Huerto Alberto. Comparación de medias dentro de un mismo intervalo de tamaño con la Prueba Duncan ($P = 0.05$).

CONCLUSIONES

Las aspersiones a la copa de los árboles con diferentes dosis o épocas de aplicación de los biorreguladores 2,4-D, aminoethoxivinilglicina ó 6-benciladenina no afectaron el rendimiento total de fruto del cv. Hass cultivado sin riego en Nayarit. Los mejores tratamientos para reducir la “caída de fruto de Junio” e incrementar el tamaño del fruto de cv. Hass cultivado sin riego fueron una sola aspersión en Junio de 20 mg·L⁻¹ 2,4-D (como Alco/Citrus Fix) ó bien, 45 mg·L⁻¹ aminoethoxivinilglicina (como Retain).

LITERATURA CITADA

Abbott (2000). Technical description of the product Retain. Abbot Laboratories, North Chicago, ILL. U.S.A. pp: 1-4.

<https://www.molecular.abbott/us/en/products/ins>

Blumenfeld, A.; Gazit, S. (1974). Development of seeded and seedless avocado fruits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. DOI: 99:442-228.

http://www.avocadosource.com/Journals/FSHSP/FSHSP_VOL_56_PG_122-124_1943.pdf

- Chao, T. (2005). New 24C Registration of Isopropyl Ester 2,4-D (Alco Citrus Fix) for fruit size. Topics in Subtropics Newsletter 3(1):4-6. University of California Cooperative Extension. Tulare, Calif., USA.
<https://ucanr.edu/repository/fileAccessPublic.cfm?fn=ca1008p6-175671.pdf>
- Coggins, C.W. JR. (1981). The influence of exogenous growth regulators on ring quality and internal quality of citrus fruits. Proc. Int. Soc. Citriculture 1:214-216.
<https://www.semanticscholar.org/paper/The-influence-of-exogenous-growth-regulators-on-and-Coggins/9928e1487ab7b1f3f7654d1787a8940c1c5e4fe2>
- Cowan, A.K.; Moore-Gordon, C.S.; Bertling, I.; Wolstenholme, B.N. (1997). Metabolic control of avocado fruit growth. Plant Physiol. 114:511-518. DOI: [10.1104/pp.114.2.511](https://doi.org/10.1104/pp.114.2.511)
- Gazit, S.; Blumenfield, A. (1972). Inhibitor and auxin activity in avocado fruit. Physiol. Plant. 27: 77-82. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1972.tb01140.x>
- Lovatt, C.J. (2004). Use of plant growth regulators to increase fruit set, fruit size and yield and to manipulate vegetative and floral shoot growth. California Avocado Research Symposium, Riverside, California, 30 Oct. University of California, Riverside and California Avocado Commission. pp. 96-107.
https://www.californiaavocadogrowers.com/sites/default/files/Use_of_Plant_Growth_Regulators_to_Increase_Fruit_Set-Fruit-Size-and-Yield-and-Manipulate-Vegetative-and-Floral-Shoot-Growth-2004.pdf
- Salazar-García, S.; Cossio-Vargas, L.E.; Lovatt, C.J.; González-Durán, I.J.L.; Medina-Torres, R. (2006). Effect of foliar-applied plant bioregulators on “June fruit drop”, yield and fruit size of ‘Hass’ avocado. In: Webster, A.D. and H. Ramírez. Proc. 10th Intl. Symp. Plant Bioregulators in Fruit Production. Saltillo, Mex. June 26-30, 2005. Acta Horticulturae 727:197-202. DOI:[10.17660/ActaHortic.2006.727.21](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.727.21)
- Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. (1980). Principles and procedures of statistics, a biometrical approach. 2nd ed. McGraw-Hill, Inc. 633 p.
<https://doi.org/10.1002/bimj.19620040313>

APLICACIÓN DE MOSTO DESLEVADURADO PARA EL CONTROL DE PATÓGENOS DE RAÍZ EN CHILE (*Capsicum annum* L.)

Mario M. González Chavira¹, Brenda Z. Guerrero Aguilar¹, Salvador Villalobos Reyes¹, Bertha M. Sánchez García¹, María A. Mora Aviles¹, Juan Gabriel Angeles Núñez¹, Víctor Montero Tavera¹, José Luis Pons Hernández¹ y Jesús M. Arreola Tostado².

¹ INIFAP-CIRCE-CE-Bajío Carr. Celaya–San Miguel de Allende, km 6.5 Celaya, Gto. C.P. 38110, México; ² Investigador independiente. *Autor de correspondencia: gonzalez.mario@inifap.gob.mx

RESUMEN

Este trabajo se realizó con el objetivo de evaluar tratamientos comerciales de biocontrol de patógenos de suelo existentes actualmente en el mercado. Con este fin se evaluó el efecto de la aplicación de Nutribond L-55 y una cepa de *Trichoderma harzianum* en la sanidad del cultivo de chile (*Capsicum annum* L.) comparándolos con el tratamiento control que fue la aplicación de fungicidas. Los resultados indican que el mejor tratamiento de acuerdo al rendimiento obtenido fue en el que se aplicó Nutribond L-55, por su efecto complementario de nutrición y protección a la planta.

Palabras clave. Biocontrol, fungicidas, fusariosis.

ABSTRACT

This work was carried out with the objective of evaluating commercial biocontrol treatments for soil pathogens currently on the market. For this purpose, the effect of the application of Nutribond L-55 and a strain of *Trichoderma harzianum* on the health of the chili crop (*Capsicum annum* L.) was evaluated by comparing them with the control treatment, which was the application of fungicides. The results indicate that the best treatment according to the yield obtained was in which Nutribond L-55 was applied, due to its complementary effect of nutrition and protection to the plant.

Keywords. Biocontrol, fungicides, fusariosis

INTRODUCCIÓN

El control biológico de fitopatógenos es un aspecto cada vez más demandante en la ciencia, debido a la gran cantidad de microorganismos que causan pérdidas económicas en cultivos agrícolas y a la acumulación, cada vez mayor, de evidencias de que la utilización de pesticidas sintéticos en la agricultura ha provocado efectos negativos en la salud humana y desequilibrios en el ambiente, contaminación de los mantos freáticos, daños sobre organismos benéficos provocando pérdida de diversidad y aumentos en los costos de producción; todo lo anterior causado por un control deficiente derivado del mal uso de los pesticidas (Gutiérrez-Ramírez *et al.*, 2013). Sin embargo, en la búsqueda de nuevas alternativas, se han encontrado en la naturaleza especies de hongos y bacterias que ejercen biocontrol sobre varios fitopatógenos, los cuales actualmente ya son una alternativa viable para su control. Entre los microorganismos utilizados para biocontrol, se han identificado las actinobacterias, grupo de bacterias filamentosas Gram positivas, abundantes en suelos, encontrándose en densidades de 10^6 a 10^9 células por gramo de suelo (Barka *et al.*, 2016). La importancia de este grupo de actinobacterias radica en su capacidad para producir diversas moléculas como antibióticos y otras moléculas bioactivas que tienen aplicación en medicina, agricultura y veterinaria (Quiñones-Aguilar *et al.*, 2016; Evangelista *et al.*, 2017). Las actinobacterias, aisladas de la rizósfera y la filósfera de la planta, son reconocidas como inhibidores potenciales de hongos y bacterias que causan daño a varias plantas de importancia agrícola, y son consideradas una fuente prometedora para el control biológico, por lo que se ha incrementado su uso en las últimas dos décadas (Dhanasekaran *et al.*, 2012; Sharma y Salwan, 2018).

Basado en lo anterior, actualmente en el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) se está desarrollando un proyecto con el fin de caracterizar los elementos biológicos que involucran la acción antagónica de cepas seleccionadas de *Streptomyces* spp. que tienen una alta capacidad de inhibir hongos patógenos colonizadores de raíces, como método de biocontrol. En este contexto, se propone utilizar dos cepas de *Streptomyces* para la

protección del cultivo de chile contra patógenos de la raíz. Como parte de este proyecto, se tiene una línea de trabajo cuyo objetivo es evaluar tratamientos comerciales de biocontrol existentes actualmente en el mercado, con el fin de comparar su eficiencia con el tratamiento propuesto por el INIFAP para de esta manera evaluar su competitividad en el mercado de este tipo de productos. Con este fin en este trabajo se evaluó el efecto de la aplicación de Nutribond L-55 y una cepa de *Trichoderma harzianum* (propiedad del INIFAP) en la sanidad del cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo fue desarrollado a cielo abierto en las instalaciones el Campo Experimental Bajío del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, localizado en Celaya, Guanajuato, México en las coordenadas geográficas 20° 32' 05" LN y 100° 48' 49" LO, a 1750 msnm, durante ciclo primavera-verano de 2024. El manejo del cultivo fue de acuerdo al paquete tecnológico de producción desarrollado en el programa de hortalizas de INIFAP, con una densidad de plantación de 30 mil plantas por hectárea y aplicación del riego y nutrición por goteo. El material vegetal utilizado fue una variedad de chile tipo poblano.

Tratamientos aplicados:

El tratamiento control, fue la aplicación de los fungicidas químicos utilizados por los productores para el control de patógenos de suelo: Buzan 30W® (TCMTB), Forum® (Dimetomorf) y Cercobin® (tiofanato metílico) a razón de 2 litros, 1 kilogramo y 2 kilogramos por hectárea respectivamente. Con aplicaciones cada 15 días hasta el final del ciclo por medio del riego.

Tratamiento de biocontrol – 1, fue la aplicación de una cepa (propiedad del INIFAP) de *Trichoderma harzianum* (1×10^9 UFC gr⁻¹), en una dosis de 1 kg ha⁻¹ cada 15 días hasta el final del ciclo por medio del riego.

El tratamiento de biocontrol – 2, fue con la aplicación del producto, conocido comercialmente como Nutribond L-55, de acuerdo a su ficha técnica es un material orgánico residual o mosto deslevadurado el cual se somete a un proceso de secado para su concentración a la materia seca requerida que contiene de acuerdo al fabricante principalmente: Materia Orgánica, Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Calcio y Magnesio y tiene una composición microbiológica básica de:

<i>Bacillus</i> spp.	2×10^4 UFC L ⁻¹
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	3.5×10^6 UFC L ⁻¹
Actinomicetos	5.0×10^{11} UFC L ⁻¹
<i>Saccharomyces</i> spp.	1.7×10^4 UFC L ⁻¹

La dosis aplicada por medio del riego, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, fue de 10 L ha⁻¹ iniciado a las tres semanas después del trasplante y posteriormente cada 15 días, sin pasar de 6 aplicaciones durante el ciclo de cultivo.

Diseño experimental. Los tratamientos se establecieron en un diseño en bloques al azar con tres repeticiones, con una parcela útil de 20 plantas por repetición.

Muestreo de suelo. Se realizaron dos muestreos de suelo en las parcelas experimentales, uno al momento del trasplante y otro al final del ciclo de cultivo. El muestreo se realizó a lo largo de la parcela, tomando el suelo con una barrena a 20 cm de profundidad. Las muestras fueron colocadas en bolsas plásticas, debidamente rotuladas y llevadas al laboratorio de fitopatología para su proceso.

Cuantificación del nivel de inóculo en Unidades Formadoras de Colonias (UFC). Las muestras de suelo fueron tamizadas para eliminar material no deseado (hojarasca, rocas, etc.) y obtener una muestra homogénea. Un gramo de suelo se colocó en tubos cónicos de 15 mL que contenían 9 mL de agua destilada estéril y se procesó por dilución seriada hasta 1:100. Se tomó 1 mL de la dilución final, se dispersó en cuatro cajas Petri (250 µL por caja) con medio de cultivo Agar-Papa

Dextrosa Agar (PDA) al 25% (16 g de agar Bacteriológico y 10 g de PDA acidificado). Las cajas Petri sembradas fueron incubadas a 27 °C. A las 48 h se realizó un conteo en 25 campos por cada caja Petri (cada punto representa el 5% del área de la caja Petri). Para determinar las UFC se sumó el número de cada hongo u oomiceto observado en los 25 puntos de las cuatro cajas Petri, y se estimó el número de colonias presentes por gramo de suelo.

El porcentaje de incidencia de las plantas enfermas fue dividiendo las plantas con síntomas de fusariosis entre las plantas totales multiplicado por cien.

El rendimiento fue calculado sumando el peso de los frutos con tamaño comercial obtenidos en dos cortes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis microbiológico realizado al suelo de las parcelas en donde se establecieron los tratamientos, se encontró que, de los patógenos causantes de la marchitez del chile, solo está presente *Fusarium* spp. el cual es considerado de gran importancia económica. Además, varias especies de este género pueden infectar a este cultivo causándole la enfermedad conocida como “fusariosis”, cuyos principales síntomas son amarillamiento y marchitamiento de hojas, necrosis de raíz y tallo y/o marchitamiento del fruto (Zaccardelli, 2008). En función de las condiciones ambientales, los ecotipos y la cantidad de inóculo en el suelo, este patógeno puede causar entre el 40 y el 80% de las pérdidas en el cultivo (González-Pérez *et al.*, 2004). El nivel de inóculo reportado en este trabajo corresponde solo a la cantidad de UFC de éste patógeno. Como puede apreciarse en la figura 1, el tratamiento que más disminuyó la cantidad de *Fusarium* spp. fue la aplicación de fungicidas con 90% de reducción, tomando como referencia la cantidad inicial y una incidencia de plantas con fusariosis de 33%. Los tratamientos de Biocontrol 1 y 2 tuvieron un comportamiento estadísticamente similar con un 78 y 81% de disminución de los niveles de éste patógeno, con incidencias de 49 y 39% respectivamente.

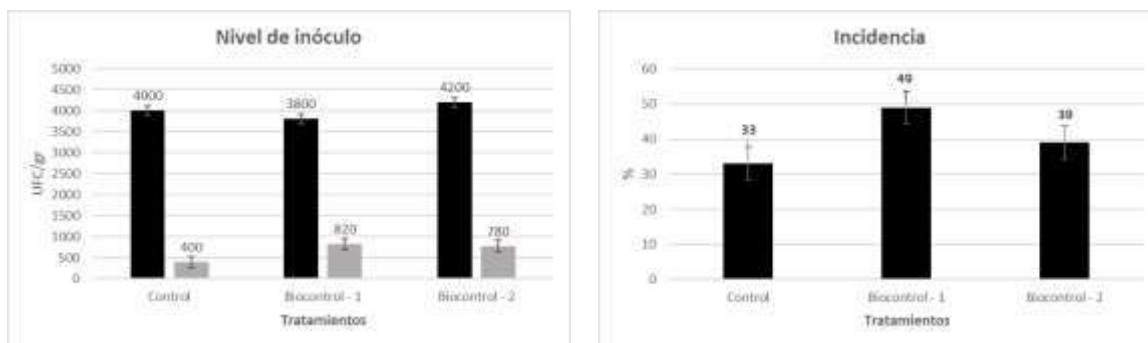


Figura 1. Niveles de *Fusarium* spp. en UFC g⁻¹ de suelo y porcentaje de incidencia de plantas con fusariosis en el cultivo de chile con aplicaciones de fungicidas (Control), *Trichoderma harzianum* (Biocontrol – 1) y Nutribond L-55 (Biocontrol – 2).

Asumiendo que la disminución del inóculo fue debido a la aplicación de los tratamientos, los resultados señalan la eficiencia de los fungicidas para el control de *Fusarium* spp., por ejemplo, el ingrediente activo del Cercobin® que se recomienda para el control de *F. oxysporum*, *F. solani* y *F. graminearum*, se metaboliza dentro de la planta y forma una estructura de bencimidazol que tiene una intensa acción fungicida inhibiendo la germinación de las esporas y el crecimiento del micelio. En cuanto a la aplicación de *Trichoderma harzianum* como control de *Fusarium*, la respuesta que se observa puede ser el resultado del desarrollo de mecanismos de defensa del patógeno (Aquino-Martínez *et al.*, 2008). Si bien se observa una fuerte disminución de los niveles del patógeno, esta no es tan alta como con los fungicidas, probablemente debido al disparo de defensas de *Fusarium* spp. Se ha reportado, que en interacciones con *Trichoderma* éste patógeno es capaz de liberar enzimas como quitinasas y celulasas que degradan el micelio del antagonista; también libera toxinas como el ácido fusárico que inhiben el crecimiento micelial del antagonista (Duffy *et al.*, 2003). Con respecto a la aplicación del producto comercial Nutribond L-55, asumiendo que no se tuvieron errores en su aplicación, el impacto que tiene en la disminución de *Fusarium* spp., puede ser el resultado de factores más complejos al contener tres géneros de antagonistas, sin descartar el efecto del disparo de las defensas del patógeno sobre los antagonistas, hay que considerar

también que los organismos utilizados para el control biológico pueden tardar en establecerse y empezar a controlar las poblaciones del patógeno objetivo. El tiempo para que se de esta adaptación puede variar dependiendo de las diferencias ambientales entre su lugar de origen y las condiciones del nuevo ambiente en donde son introducidas; principalmente los tipos de suelo, condiciones climáticas, variedad del cultivo, genotipo bacteriano, efectividad del aislado bacteriano, la tecnología de inoculación adecuada entre otros (Bashan *et al.*, 2014). Por lo anterior, se considera que los resultados del control biológico son más lentos que los de los pesticidas químicos.

Contrario a lo que se esperaba por la disminución del inóculo, la incidencia de fusariosis es alta en los tres tratamientos, por lo que probablemente hay un componente no detectado que está provocando estos daños. Si se considera que *Fusarium* solo puede penetrar a la planta por heridas, entonces requiere un factor que facilite su entrada, por ejemplo, la presencia de nematodos o algún otro microorganismo que cause heridas a la planta. Otras posibilidades son práctica de manejo deficientes, por ejemplo, el mal manejo del riego, al espaciar inadecuadamente la aplicación del agua los suelos al secarse se contraen y al hacerlo rompen raíces, situación que aprovecha el patógeno para penetrar. Se tiene que profundizar el análisis para encontrar la posible causa.

Esta incidencia de fusariosis, se ve reflejada en los bajos rendimientos (Figura 2). Sin embargo, es importante resaltar el rendimiento obtenido con la aplicación de Nutribond L-55 el cual fue el doble de lo obtenido con la aplicación de fungicidas químicos. Esto seguramente es debido a los nutrientes que contiene éste producto entre los que destacan: Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Calcio y Magnesio, que complementaron la nutrición aplicada.

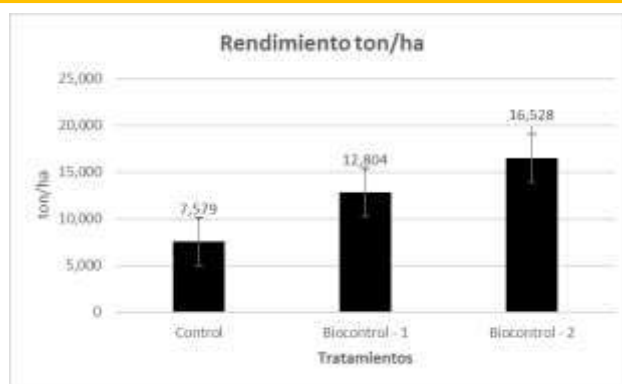


Figura 2. Rendimientos de chile fresco obtenidos con aplicaciones de fungicidas (Control), *Trichoderma* (Biocontrol – 1) y Nutribond L-55 (Biocontrol – 2).

El doble beneficio que tiene este producto, está en concordancia con lo que se está buscando en el desarrollo de nuevas tecnologías para las prácticas de agricultura sostenible, en donde se busca el efecto sinérgico de combinar la fertilización orgánica con el uso de microorganismos capaces de proteger a la planta y promover su crecimiento vegetal (Báez-Rogelio, *et al.* 2017).

CONCLUSIONES

Los tres tratamientos funcionan para la disminución del nivel de inóculo de *Fusarium* spp. en el cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones a cielo abierto con riego por goteo.

La disminución del inóculo no se vio reflejado en la disminución de la incidencia de fusariosis.

El mejor tratamiento de acuerdo al rendimiento obtenido fue en el que se aplicó Nutribond L-55, por su efecto complementario de nutrición y protección a la planta.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados son parte del proyecto fiscal: “*Streptomyces* spp. agente biológico para el control de pudriciones de la raíz en el cultivo de chile”, No. 13264536256

LITERATURA CITADA

- Aquino-Martínez, J.G., Vázquez-García, L. M., & Reyes-Reyes, B.G. (2008). Biocontrol in vitro e in vivo de *Fusarium oxysporum* Schlecht. f. sp. dianthi (Prill. y Delacr.) Snyder y Hans. con Hongos Antagonistas Nativos de la Zona Florícola de Villa Guerrero, Estado de México. *Revista mexicana de fitopatología*, 26(2), 127-137.
- Báez-Rogelio, A, Morales-García, Y.E., Quintero-Hernández, V. and Muñoz-Rojas, J. (2017). Next generation of microbial inoculants for agriculture and bioremediation. *Microbial Biotechnology* 10(1), 19–21. doi:10.1111/1751-7915.12448
- Barka, E. A., Vatsa, P., Sánchez, L., Gaveau-Vaillant, N, Jacquard, C., Klenk, H. P., Clément, C., Ouhdouch, Y., and van Wezel G. P. (2016). Taxonomy, physiology, and natural products of Actinobacteria. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 80 (1):1-43. <http://dx.doi.org/10.1128/MMBR.00019-15>
- Bashan, Y., de-Bashan, L.E., Prabhu, S.R., and Hernandez, J.P. (2014). Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998-2013). *Plant Soil* 378: 1–33.
- Dhanasekaran, D., Thajuddin, N., and Panneerselvam, A. (2012). Applications of actinobacterial fungicides in agriculture and medicine. Fungicides for plant and animal diseases. Dharumadurai Dhanasekaran (Ed.), ISBN: 978-953-307-804-5, In Tech.
- Evangelista, M. Z., Quiñones, A. E. y Rincón, E. G. (2017). Potencial biotecnológico de las actinobacterias aisladas de suelos de México como fuente natural de moléculas bioactivas: compuestos antimicrobianos y enzimas hidrolíticas. *Temas de Ciencia y Tecnología* 21(63) 39–51.

- González-Pérez, E., Yáñez-Morales, M. J., Santiago-Santiago, V., Montero-Pineda, A. (2004). Biodiversidad fungosa en la marchitez del chile y algunos factores involucrados, en Tlacotepec de José Manzano, El Verde, Puebla. *Agrociencia*. 38(6): 653-661.
- Gutiérrez-Ramírez, A., Robles-Bermúdez, A., Santillán-Ortega, C., Ortiz-Catón, M., y Cambero-Campos O. J. (2013). Control biológico como herramienta sustentable en el manejo de plagas y enfermedades y su uso en el estado de Nayarit. *Revista Bio Ciencias*. 2(3): 102-112.
- Quiñones-Aguilar, E. E., Evangelista-Martínez, Z., Rincón-Enríquez, G. (2016). Los actinomicetos y su aplicación biotecnológica. *Elementos*. 101: 59-64.
- Sharma, V., and Salwan, R. (2018). Biocontrol potential and applications of actinobacteria in Agriculture. In: *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*. Pag. 93-108.
- Zaccardelli, M., Vitale, S., Luongo, L., Merighi, M., Corazza, L. 2008. Morphological and Molecular Characterization of *Fusarium solani* Isolates J. *Phytopathology*: 156, 534–541.

APLICACIÓN DE NANOEMULSIONES DE BIOHERBICIDA PARA EVLAUACIÓN EN EL CONTROL DE DIFERENTES ESPECIES DE MALEZAS

María J Ramírez-Ramírez¹; Osvaldo Amador-Camacho¹; Jorge A Peralta-Nava¹;
Faustino Ramírez-Ramírez¹; María CM Cornejo-Díaz¹; Kenia G Ponce-Moran¹

Tecnológico Nacional de México Campus Tlajomulco¹. Departamento de Ciencias Agropecuarias.
Km. 10 Carretera Tlajomulco-San Miguel Cuyutlán. Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. CP 45640 Tel
(33) 3772-4426 Y 3772-4427 E-mail: maria.rr@tlajomulco.tecnm.mx

RESUMEN

Se ha estimado que sin el control de malezas, las pérdidas de rendimiento en cultivos podrían escalar hasta un 70 %. El objetivo de la investigación fue evaluar la efectividad de un bioherbicida formulado a partir d-limoneno en cuatro malezas. Las pruebas de la nanoemulsión del bioherbicida fueron asperjados en malezas tales como: Trebol (*Trifolium repens*), Verdolaga (*Portulaca oleracea*), Quelite (*Amaranthus spp*) y Pasto (*Dactylis glomerata*), dichas malezas crecieron en invernadero, donde se tiene establecido cultivo de maíz (*Zea mays*). De las formulaciones realizadas, solo se aplicaron tres, las cuales cumplieron con las características de estabilidad, se aplicando 5mL/100mL. Después de determinar la formulación que presentó mejor efectividad en el control de las malezas, se realizaron pruebas con dosis de 1mL, 2mL y 3mL/100mL respectivamente. Los resultados obtenidos en cuanto a las formulaciones a los 5 DDA, nos indican que, hubo diferencias significativas entre los tratamientos, encontrando que el T3 presentó el menor índice de clorofila de 16.25 en las cuatro malezas evaluadas, en comparación con el Testigo absoluto de 33.72. En cuanto a las dosis evaluadas no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T2 y T3, al presentar índice de clorofila de 12.86 y 10.97 respectivamente, superando al tratamiento Testigo absoluto que presentó 38.12. En cuanto al índice de severidad, se encontraron valores de fitotoxicidad mayores a 8(EWRS). Resultados similares han sido reportados por otros autores, en la evaluación de la actividad herbicida de

tres productos naturales sobre cuatro especies de arvenses. A los ocho días después de la aspersión el d-limoneno resultó más eficaz que los demás tratamientos, con daño mayor a 4,25 en todas las especies ((Portuguez-García et al, 2021). De acuerdo a lo anterior, se puede concluir que los productos de origen natural como el d-limoneno, son una buena alternativa al uso de herbicidas sintéticos.

Palabras clave: Malezas, Nanoemulsiones, *D-limoneno*, fitotoxicidad Bioherbicida.

ABSTRACT

It has been estimated that without weed control, crop yield losses could climb up to 70%. The objective of the research was to evaluate the effectiveness of a bioherbicide formulated from d-limonene on four weeds. The tests of the nanoemulsion of the bioherbicide were sprayed on weeds such as: Clover (*Trifolium repens*), Purslane (*Portulaca oleracea*), Quelite (*Amaranthus spp*) and Grass (*Dactylis glomerata*), these weeds grew in a greenhouse, where cultivation of corn (*Zea mays*). Of the formulations made, only three were applied, which met the stability characteristics, applying 5mL/100mL. After determining the formulation that presented the best effectiveness in controlling weeds, tests were carried out with doses of 1mL, 2mL and 3mL/100mL respectively. The results obtained regarding the formulations at 5 DAA indicate that there were significant differences between the treatments, finding that T3 presented the lowest chlorophyll index of 16.25 in the four weeds evaluated, compared to the absolute Control of 33.72. Regarding the doses evaluated, there were no significant statistical differences between T2 and T3, presenting a chlorophyll index of 12.86 and 10.97 respectively, surpassing the absolute control treatment that presented 38.12. Regarding the severity index, phytotoxicity values greater than 8 (EWRS) were found. Similar results have been reported by other authors, in the evaluation of the herbicidal activity of three natural products on four weed species. Eight days after spraying, d-limonene was more effective than the other treatments, with damage greater than 4.25 in all species ((Portuguez-García et al, 2021). According to the above, it can be conclude that

products of natural origin, such as d-limonene, are a good alternative to the use of synthetic herbicides.

Keywords. *Weeds, D-limonene, Saponins, Phytotoxicity, Bioherbicide.*

INTRODUCCIÓN

En cuanto al uso de plaguicidas para la protección de cultivos, Ortiz Conde dijo que el 75% corresponde a herbicidas y se utilizan principalmente en la resiembra. En el cultivo de maíz es donde más se emplea, en un 35%, seguido de los cítricos, con 14%, praderas 12%, sorgo 11%, algodón 5%, y la lista sigue en descenso (SEMARNAT, 2020). Por otro lado, se ha estimado que sin el control de malezas, las pérdidas de rendimiento de los cultivos podrían escalar hasta un 70 % (Ahmed, 2018 y Dai et al., 2021). Al realizar la evaluación de la actividad herbicida de tres productos comerciales de origen natural a base de: d-limoneno al 55 %, extracto de pino al 15 % (*Pinus sp.*) y extracto de tomillo al 23 % (*Thymus vulgaris*); además, se evaluó un producto de origen sintético, glufosinato de amonio 14 SL. Se incluyó un testigo absoluto. A los ocho días después de la aspersión el d-limoneno resultó más eficaz que todos los demás tratamientos, mostró grados de daño mayores a 4,25 en todas las especies. Con el extracto de pino y el extracto de tomillo no se obtuvo eficacia sobre *B. pilosa*. El extracto de pino causó mayores daños en *Amaranthus sp*, *E. colona* y *R. cochinchinensis*, mientras que el extracto de tomillo en *Amaranthus sp* y *R. cochinchinensis*. El herbicida sintético glufosinato mostró daños significativos en las cuatro especies. Los productos comerciales de origen natural utilizados, tuvieron actividad herbicida sobre las cuatro especies de arvenses evaluadas (Portuguez-García et al, 2021).

Por tal razón en las investigaciones recientes se está buscando nuevas alternativas en la agricultura en manejo de control de malezas, utilizando el D-limoneno(4-isopropenil-1-metilciclohexeno), un importante saborizante, el cual es extraído de los cítricos y se utiliza ampliamente como aromatizante, aditivo en cosméticos, alimentos y otros productos de consumo. Mucha de la literatura ha demostrado que

el D-limoneno tiene un efecto bactericida, con actividad antioxidante, quimiopreventivas y terapéuticas (Gerhäuser et al. 2003).

Debido a lo anterior, en esta investigación, se propone el aprovechamiento del D-limoneno, para controlar diferentes especies de malezas. Pruebas preliminares respaldan que las nanoemulsiones a partir de D-limoneno, tienen un efecto fitotóxico y de ahí propiedades herbicidas para controlar malezas. En consecuencia, esta nanoemulsión puede tener potencial como recurso bioherbicida como alternativa al uso de herbicidas sintetizados químicamente, que pueden agotar el nivel orgánico del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Tlajomulco, en el Laboratorio de suelos y aguas.

Preparación de nanoemulsiones

Para la preparación de las nanoemulsiones, se utilizó el método propuesto por Somala et al. 2022 con modificaciones, ya que mediante las nanoemulsiones, es posible controlar su liberación y mejorar su capacidad para penetrar en la cutícula de las malezas. Dichas formulaciones se realizaron en base a D-limoneno y Polisorbato 20 como surfactante, se sometieron a ultrasonido durante 10 minutos a 130 Watts y posteriormente al método de ultracentrifugación a 12,000 rpm durante 2 minutos.

Preparación de la nanoemulsión del bioherbicida para su aplicación

A la preparación del bioherbicida para su aplicación, se le adicionó agua y un adherente. Se aplicaron 100 ml/m² (Tabla 1).

Tabla 1 Componentes de cada tratamiento (formulaciones)

No. Tratamiento	Componentes

1	94 ml de agua destilada + 5ml de bioherbicida + 1ml de Adhesol®
2	94 ml de agua destilada + 5ml de bioherbicida + 1ml de Adhesol®
3	94 ml de agua destilada + 5ml de bioherbicida + 1ml de Adhesol®
Testigo	100 ml de agua destilada

Material vegetal

Se realizaron pruebas preliminares de aplicación de la nanoemulsión del bioherbicida en cuatro malezas en postemergencia mediante aspersión: Trebol (*Trifolium repens*), Verdolaga (*Portulaca oleracea*), Quelite (*Amaranthus spp*) y Pasto (*Dactylis glomerata*), dichas malezas crecieron en invernadero, donde se tiene establecido cultivo de maíz (*Zea mays*). De las formulaciones realizadas solo se aplicaron tres, las cuales cumplieron con las características de estabilidad.

Variables a evaluar

Se realizaron dos tipos de evaluaciones, la primera para evaluar las tres formulaciones a los 5 (DDA), para determinar efectividad entre ellas. Una vez que se determinó la formulación que resultó más eficaz, la cual se utilizó para la evaluación de la mejor concentración del bioherbicida a los 6 (DDA), pero sin que se perdiera la efectividad en el control de las cuatro malezas evaluadas (Tabla 2)

Las variables evaluadas fueron, índice de clorofila en unidades SPAD (Minolta). Y para el índice de severidad, se utilizó la escala de fitotoxicidad propuesta por la EWRS (European Weed Research Society), esta solo se realizó a los 10 (DDA) en las pruebas de concentraciones.

Tabla 2 Componentes de cada tratamiento (concentración)

No. Tratamiento	Componentes
1	96 ml de agua destilada + 3ml de bioherbicida + 1ml de Adhesol®

2	97 ml de agua destilada + 2ml de bioherbicida + 1ml de Adhesol®
3	98 ml de agua destilada + 1ml de bioherbicida + 1ml de Adhesol®
Testigo	100 ml de agua destilada

Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó en el software SAS (Statistical Analysis System). Ver. 9.8, en el cual se procesaron los datos, para obtener el Análisis de Varianza y la prueba de medias de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de unidades SPAD (formulaciones)

Las mediciones de la variable índice de clorofila (CI) en cuatro malezas a los 5 (DDA), nos permitió determinar cuál de los tratamientos presentó el menor índice en unidades SPAD. En el análisis de varianza (ANOVA), se encontraron diferencias significativas por efecto de los tratamientos con un coeficiente de variación del 25.56.

Al realizar la separación de medias mediante la prueba de Tukey, se puede observar que el tratamiento T3 en concentración de 10% de D-limoneno, es el que presentó el menor índice de clorofila de 16.25 en las cuatro malezas evaluadas, en comparación con el Testigo absoluto de 33.72 (Figura 1). Nuestros resultados son similares a los presentados por (Portuguez-García et al, 2021) al evaluar la actividad herbicida del d-limoneno al 55%.

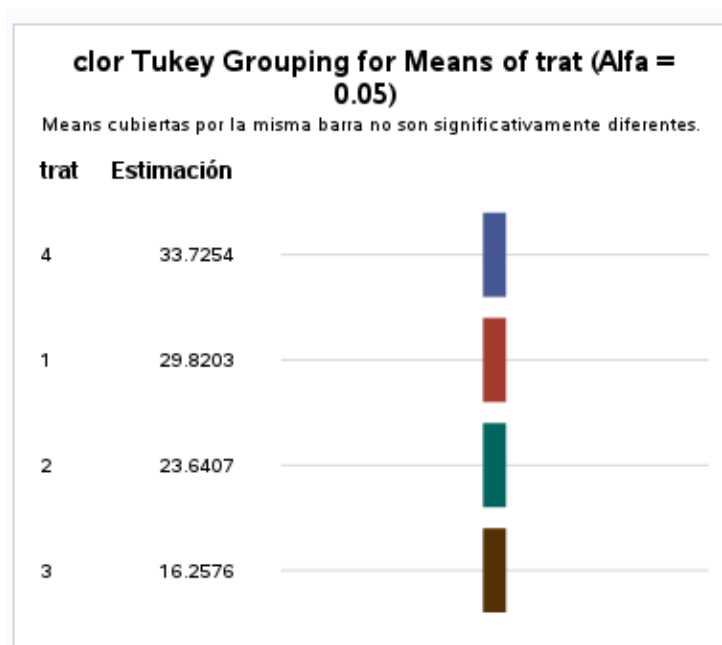


Figura 1. Índice de clorofila con respecto a los tratamientos (formulaciones)

Evaluación de unidades SPAD (dosis)

La evaluación de la efectividad del bioherbicida en cuanto a las dosis de aplicación a los 6 (DDA), se determinó mediante la variable índice de clorofila (CI) en las cuatro malezas evaluadas, lo que permitió determinar cuál de los tratamientos presentó el menor índice en unidades SPAD. En el análisis de varianza (ANOVA), se encontraron diferencias significativas por efecto de los tratamientos en el índice de clorofila (CI), con un coeficiente de variación del 27.92.

Al realizar la separación de las medias mediante la prueba de Tukey, se observa que los tratamientos T2 y T3, con dosis de 2 y 3mL/100mL respectivamente y al 10% en concentración de D-limoneno, no presentaron diferencias significativas entre esos tratamientos, presentando índice de clorofila en malezas de 12.86 y 10.97, superando al tratamiento Testigo absoluto de 38.12 (Figura 2).

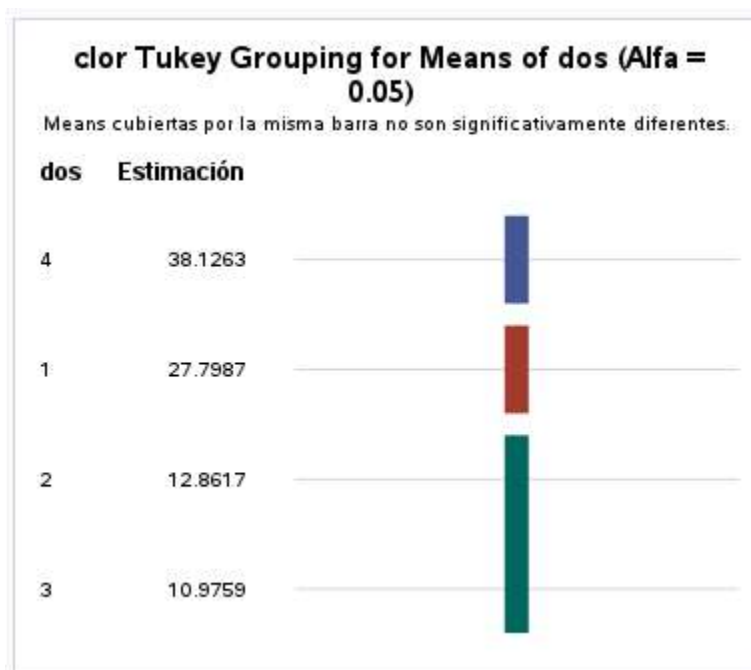


Figura 2. Índice de clorofila con respecto a los tratamientos (dosis)

Portuguez-García et. al, 2021, evaluaron tres productos comerciales de origen natural a base de: d-limoneno al 55 %, extracto de pino al 15 % (*Pinus sp.*) y extracto de tomillo al 23 % (*Thymus vulgaris*); además, se evaluó un producto de origen sintético, glufosinato de amonio 14 SL. A los ocho días después de la aspersión el d-limoneno resultó más eficaz que todos los demás tratamientos. Comprobándose con ello, la eficacia del d-limoneno.

Evaluación del Índice de Severidad en malezs EWRS (dosis)

A los 10 días después de la aspersión en las malezas evaluadas, el bioherbicida a base de d-limoneno, resultó muy eficaz en cuanto a las dosis en los T2 y T3, al realizar la evaluación de la severidad en la escala visual (EWRS) presentaron grado de daño mayor a 8.

En el trabajo realizado por (Portuguez-García et al, 2021), a los ocho días después de la aspersión, el d-limoneno resultó más eficaz que todos los demás tratamientos, mostrando grados de daño mayores a 4,25 en todas las especies.

CONCLUSIONES

La formulación de la nanoemulsión del bioherbicida a base de d-limoneno presentó mejor efectividad, tanto en la formulación como en la dosis a los 5 y 6 (DDA) respectivamente, así como una mayor estabilidad, en comparación con las otras dos formulaciones evaluadas, quienes presentaron menor efectividad. Por lo que los productos de origen natural, son una buena alternativa al uso de herbicidas sintéticos.

AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México, por el apoyo proporcionado para la realización del proyecto “Evaluación de la aplicación de Nanoherbicida a base de D-Limoneno en Postemergencia en diferentes especies de malezas”

Al Instituto Tecnológico de Tlajomulco, por apoyo brindado en cuanto a las instalaciones y el tiempo para desarrollar la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- Ahmed, H.M. Phytochemical screening, total phenolic content and phytotoxic activity of corn (*Zea mays*) extracts against some indicator species. *Nat. Prod. Res.* 2018, 32, 714–718. [CrossRef].
- Dai, Z.; Wang, J.; Ma, X.; Sun, J.; Tang, F. Laboratory and Field Evaluation of the Phytotoxic Activity of *Sapindus mukorossi* Gaertn Pulp Extract and Identification of a Phytotoxic Substance. *Molecules* 2021, 26, 1318. [CrossRef] [PubMed]
- Gerhauser, C., Klimo, K., Heiss, E., Neumann, E., Gamal-Eldeen, A., Knauff, J., Yaw liu, G., Sitthimonchain, S., Frank, N. (2003). Detección in vitro basado en mecanismos de potenciales agentes quimiopreventivos del cáncer. Vol. 523-524, pp. 163-172 . [https://doi.org/10.1016/S0027-5107\(02\)00332](https://doi.org/10.1016/S0027-5107(02)00332)

- Portuguez-García, M. P., Agüero-Alvarado, R., Gonzalez-Lutz, M.I. (2021). Actividad herbicida de tres productos naturales sobre cuatro especies de arvenses. *Agronomía Mesoamericana*, vol. 32, núm. 3, pp. 991-999, 202. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.41394>
- SEMARNAT (2020). <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/la-produccion-agricola-nacional-puede-avanzar-sin-aplicar-glifosato-coinciden-expertos?idiom=es-MX>
- Somala, N., Laosinwattana, C., & Teerarak, M. (2022). Proceso de formulación, estabilidad física y actividades herbicidas de la nanoemulsión basada en aceite esencial de *Cymbopogon nardus*. *Informes Científicos*. nature.com

APLICACIÓN FOLIAR DE BIOMOLECULAS EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE TOMATE

Omar E. Sierra Valadez¹, Luis P. Guevara Acevedo², Hans Blanquet², Francisco Jiménez Figueroa¹, Dr. Ricardo Yáñez López², Daniel Rodríguez Mercado², Berenice Rivera Cortez².

¹Estudiante de ingeniería en Agronomía TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ² TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. [§]Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

Las algas marinas y el cannabidol (CBD) son bioestimulantes en las plantas y la ayudan a tener un mejor desarrollo fisiológico y una mayor resistencia a plagas y enfermedades, por lo que el objetivo fue evaluar el efecto de aplicaciones foliares de biostimulantes en plantas de tomate bajo condiciones de microtúnel, trasplantado en bolsas de 20x30 con una planta por cada bolsa. A los 10 días después del trasplante (ddt) se aplicaron los tratamientos en un diseño experimental de bloques completamente al azar, con 3 tratamientos que consistieron en CBD a dosis de 1 mL L⁻¹, 4 mL L⁻¹ de algas marinas NG-PLUS®, su combinación y un testigo absoluto, a los 18 ddt se evaluó la altura de la planta, las unidades SPAD de clorofila, el diámetro de tallo y el número de hojas. Con los resultados de las mediciones se realizó el análisis de varianza y prueba de medias Tukey. Los resultados muestran que la combinación de CBD + algas marinas mostraron mejores resultados en las variables evaluadas.

Palabras clave. Cannabidol, CBD, algas marinas, parámetros agronómicos, bioestimulantes.

ABSTRACT

Seaweeds and cannabidiol are biostimulants in plants, and help the plant to have a better physiological development and greater resistance to pests and diseases, so the objective was to evaluate the effect of foliar applications of biostimulants in

tomato plants under microtunnel conditions, transplanted in 20x30 bags with one plant per bag. At 10 days after transplanting (ddt) the treatments were applied in a completely randomized block experimental design, with 3 treatments consisting of cannabidiol (CBD) at a dose of 1 mL L⁻¹, 4 mL L⁻¹ of NG-PLUS® seaweed, their combination and an absolute control. At 18 ddt, plant height, chlorophyll SPAD units, stem diameter and number of leaves were evaluated. The results of the measurements were used to perform the analysis of variance and the Tukey mean test. The results show that the combination of CBD + seaweed showed better results in the variables evaluated.

Key words. *Cannabidiol, CBD, seaweed, agronomic parameters, biostimulants.*

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum*), que forma parte de la familia de las solanáceas, es la hortaliza más cultivada y con mayor relevancia económica en México. Su producción tiene un importante impacto en la exportación, especialmente a los países de Estados Unidos, Canadá y Japón, alcanzando un volumen aproximado de alrededor de 1, 710,000 toneladas anuales (SIAP, 2023). Para 2022 México tiene una producción estimada de 3, 418,899 toneladas anuales (SIAP, 2022), destacándose Sinaloa, Baja California Sur y Sonora como los principales estados productores del país (SIAP 2022). Para aumentar la producción se han utilizado biofertilizantes agrícolas que contienen microorganismos han recibido diversas denominaciones, como fertilizantes bacterianos, fitoestimulantes, biopesticidas y bioinoculantes. Actualmente, el término más comúnmente utilizado es biofertilizante (Lira-Saldivar et al., 2013), que son cultivos de microorganismos como bacterias, hongos y algas verde-azules, que se presentan en un material de soporte (Boraste et al., 2009). Además, de que contienen microorganismos vivos que, al aplicarse a semillas, superficies vegetales o al suelo, colonizan la rizósfera o el interior de las plantas (endófitos), promoviendo el crecimiento al mejorar la disponibilidad de nutrientes, ya sea mediante la producción de hormonas o la supresión de patógenos (Aeron et al., 2011), dentro de ello se encuentran los extractos de algas, que ayudan para aumentar la producción de hortalizas, frutas y flores, así como para extender

su vida útil en el mercado. Además de que contribuyen a mejorar la resistencia de los cultivos frente a diversas plagas y enfermedades. Por lo tanto, el uso de algas se ha centrado en ser una fuente directa de nutrientes esenciales para un desarrollo óptimo de los cultivos y en mejorar las propiedades físicoquímicas y biológicas del suelo. (Valentín et al., 2000). Recientes estudios indican que los concentrados de algas son productos ecológicos que aumentan el vigor de las plantas y los rendimientos sin los efectos negativos que pueden causar los fertilizantes sintéticos en el medio ambiente. (Valentín et al., 2000)

Por otro lado el uso de cannabidiol (CBD) en la agricultura es un concepto reciente y la investigación científica sobre este tema aún se encuentra en sus inicios. No obstante, algunos estudios preliminares y evidencias anecdóticas indican que la aplicación de CBD podría tener efectos beneficiosos en el crecimiento de las plantas. Se ha observado que las plantas poseen sistemas que se asemejan a los endocannabinoides, los cuales pueden interactuar con cannabinoides como el CBD, lo que podría favorecer su desarrollo vegetativo y la resistencia a diversas plagas y enfermedades. (Staff, 2024). Por tal motivo el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de aplicaciones foliares de extractos de algas marinas, CBD y su combinación en parámetros agronómicos de plantas de tomate bajo condiciones de microtúnel.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en las instalaciones del Tecnológico Nacional de México campus Roque dentro de un micro túnel, utilizando bolsas forestales de 20x30, llenando las bolsas a $\frac{3}{4}$ de su capacidad con sustrato de peat moss, en las cuales se trasplantaron plantas tomate variedad “Rexoxo Apterus®” (Syngenta Vegetable Seeds) de 30 d de edad e inmediatamente posterior al trasplante se aplicó en drench 10 mL L⁻¹ algas marinas NG-PLUS® (de Asistencia Tecnológica S.P.R.). A los 10 d después del trasplante (ddt) se aplicaron en un diseño de bloques al azar, con 3 bloques, 3 tratamientos que consistieron en cannabidiol (CBD) a dosis de 1 mL L⁻¹, 4 mL L⁻¹ de algas marinas NG-PLUS® y la combinación de CBD y algas marinas y un testigo absoluto, a cada tratamiento se aplicó 1% de adherente Surfacid® (Quimia)

y al testigo solamente se le aplicó agua y adherente. La aplicación se realizó de manera foliar y cada 8 d hasta que se inició con la cosecha de fruto.

La fertilización se inició a los 17 ddt y se mantuvo así cada 8 d con una dosificación de 5 gr L⁻¹ de nitrato de calcio Calcini® (YaraTera) posteriormente a los 45 ddt inicio con 8 gr L⁻¹ de NUTRIGOTA® 16-54-00. En todas estas fertilizaciones se le proporcionaba 1 L a cada maceta.

Los muestreos de las variables a medir se iniciaron 18 ddt, en se midió la altura de la planta con un flexómetro marca PRETUL®, las unidades SPAD de clorofila se midieron en el estrato superior de la planta, con un medidor de clorofila KONIKA MINOLTA®, el diámetro de tallo se midió con un vernier KEATRONIC® y el número de hojas fue de manera manual. Se tomaron las mediciones 2 veces por semana durante 5 semanas.

Para el control de plagas se aplicó cada 15 d de imidacloprid Confidor® 350 SC (Bayer CropScience) con dosis de 2 mL L⁻¹ vía foliar. Además se hicieron labores manuales de deshoje y eliminación de chupones 2 veces durante el transcurso de nuestra etapa vegetativa.

Con los resultados de las variables evaluadas se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un diseño de bloques al azar con 3 bloques, 3 tratamientos y un testigo, cuando el ANOVA presentó diferencias se realizó una prueba de medias Tukey (≤ 0.05) mediante el programa estadístico SAS systems 9.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza sobre la aplicación de los tratamientos con algas marinas, CBD y su combinación en los parámetros agronómicos de la planta de tomate mostraron diferencias altamente significativas ($p > 0.01$) en todas las variables evaluadas, como altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo y unidades SPAD de clorofila. Estos resultados, mostraron valores similares con los reportados por Ortega *et al.*, 2022, en las variables de altura de planta y diámetro de tallo, con diferencias estadísticamente significativas al 99% ($p < 0.01$). En cuanto

al número de hojas y unidades SPAD de clorofila, los resultados fueron altamente significativos al 99% que al compararlos con los obtenidos por Peralta *et al.*, 2012 difieren debido a que reportaron efectos al 95% de significancia ($p < 0.05$) para el número de hojas y caso similar reporta Pérez, 2021 para las unidades SPAD de clorofila

Cuadro 1. Cuadrado medio del efecto de algas marinas, CBD y su combinación en parámetros agronómicos de planta de tomate.

FV	GL	Cuadro Medio			
		Altura de planta (cm)	Número de hoja	Diámetro de tallo(mm)	Unidades SPAD de Clorofila
Trat (T)	3	24638.018**	27.719**	30.716**	562.672**
Muest (M)	9	11947.455**	298.315**	38.245**	137.064**
Bloq	1	366.470 ^{ns}	0.253 ^{ns}	0.591 ^{ns}	76.933 ^{ns}
T*M	27	461.133 ^{ns}	1.525 ^{ns}	0.353 ^{ns}	1.366 ^{ns}
EE	79				
Total	119	-	-	-	-
CV		7.204	6.831	6.168	4.970
R ²		0.982	0.978	0.954	0.970

Los resultados del análisis de varianza y prueba de medias mostro que el tratamiento con la combinación de algas marinas + CBD a dosis de 1 mL L⁻¹ + 4 mL L⁻¹, presento los mayores valores para las variables en estudio (Cuadro 2), mientras que el testigo absoluto observó los menores valores, en cuanto a la altura de las plantas, el tratamiento con la combinación de algas marinas y CBD (en las dosificaciones de 4 mL + 1 mL) presentó los mayores valores, con 111.510 cm, mientras que el testigo observó un valor de 49.622 cm, lo que representa una diferencia porcentual del 124.75%. Sin embargo, en comparación con el estudio de Kau (2020), que reportó una altura de 333.63 cm, se presenta una diferencia considerable en comparación de su altura más baja que fue de 290.44, teniendo una diferencia del 14.0%.

En relación con el número de hojas, el tratamiento con algas marinas y CBD (4 mL + 1 mL) también mostró efectos positivos, alcanzando 14.153 hojas, mientras que

el testigo obtuvo 12.813 hojas, lo que indica una diferencia del 10.46%. No obstante, este valor es inferior al reportado por Martínez (2022), quien obtuvo 32.5 hojas.

Para el diámetro del tallo, el tratamiento con algas marinas y CBD (4 mL + 1 mL) también produjo un efecto favorable, con un promedio de 9.430 mm, mientras que el testigo presentó un diámetro de 7.041 mm, lo que representa una diferencia del 33.94%. Comparado con el trabajo de Domínguez (2023), que alcanzó un diámetro de 12 mm en su medición más alta, el resultado obtenido en este estudio es algo inferior.

Finalmente, en cuanto a las unidades SPAD de clorofila, el tratamiento con algas marinas y CBD (4 mL + 1 mL) mostró un incremento significativo, alcanzando un valor de 39.512 unidades, en contraste con el testigo, que presentó 30.097 unidades. Esto representó una diferencia del 31.3%. Sin embargo, los resultados están por debajo de los reportados por May (2024), quien obtuvo 57 unidades SPAD de clorofila.

Cuadro 2. Efecto de la aplicación foliar de CBD, algas marinas y su combinación en variables de crecimiento del cultivo de tomate bajo condiciones de microtúnel.

Numero Tratamiento	Tratamiento	Dosis (L ⁻¹)	Altura de planta (cm)	Número de hoja	Diámetro de tallo (mm)	Unidades SPAD de clorofila
3	Algas Marinas + CBD	4 mL+1 mL	111.510 a	14.153 a	9.430 a	39.512 a
2	Algas Marina	4 mL	104.200 b	12.636 b	8.790 b	38.584 ab
1	CBD	1 mL	103.779 b	12.813 b	8.555 b	37.859 b
4	Testigo	-	49.622 c	11.836 c	7.041 c	30.097 c

CONCLUSIÓN

Se recomienda la aplicación foliar de bioestimulantes, como la combinación de algas marinas con CBD a dosis de de 1 mL L⁻¹ + 4 mL L⁻¹ y con ello se aumenta en más del 12 % el diámetro de tallo, altura de planta, numero de hojas y unidades SPAD de clorofila con respecto a plantas sin aplicación. Esto conllevará una mejor producción en cuanto a cantidad y calidad.

LITERATURA CITADA

- Aeron, A., Kumar, S., Pandey, P., Maheshwari, D.K. (2011). Emerging role of plant growth promoting rhizobacteria in agrobiolology. In Bacteria in agrobiolology: Crop ecosystems (pp. 1-36). Springer Berlin Heidelberg.
- Boraste, A., Vamsi, K.K., Jhadav, A., Khairnar, Y., Gupta, N., Trivedi, S., Joshi, B. 2009. Biofertilizers: A novel tool for agriculture. International Journal of Microbiology Research.
- Damian, M., Amado, J., Gordillo M. F. A., Borrego E. F.; Camposeco M. N. (2024). Evaluación agronómica y fisiológico de híbridos de tomate Saladette con y sin injerto en condiciones de invernadero. Obtenido de file:///D:/TESIS/cuadro%202/clorofila.pdf
- Domínguez P. P. A.; González F. J. A.; Peña R. F. M.; García M. J. E. (2024). Respuesta del tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) tipo saladette a la aplicación de diferentes dosis de polisulfato. Obtenido de file:///D:/TESIS/cuadro%202/diametro%20tallo.pdf
- Gaspar. P. P.; Carrillo R. J. C.; Chávez S. J. L.; Vera G. A. M.; Pérez. L. I. (2012). Variación de caracteres agronómicos y licopeno en líneas avanzadas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Obtenido de file:///D:/TESIS/cuadro%201/numero%20hojas.pdf
- Kau P. P. O. (2020). Color y características de la cubierta de invernaderos en la radiación transmitida, relación con crecimiento y rendimiento de un cultivo de tomate (*solanum lycopersicum* l.). Obtenido de file:///D:/TESIS/cuadro%202/altura.pdf
- Lira, S. R. H. 2017. Uso de Biofertilizantes en la Agricultura Ecológica. Serie Agricultura Orgánica Núm. 14. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 9 p.
- Martínez N. R. S.; Valdez A. L. A.; Alvarado C. D.; Cortez Q. E. Respuesta del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo uva a la aplicación de nanopartículas de ferrihidrita. Obtenido de file:///D:/TESIS/cuadro%202/numero%20de%20hojas.pdf
- Ortega, G.; Cevallos, K.; Vera, R., Castro, C.; Narváez, W.; Burgos, G. (2022). Evaluación y selección de híbridos de tomate *Solanum lycopersicum* L. (Mill.)

- en Puerto la Boca, Ecuador. Selva Andina Research Society. Obtenido de <http://portal.amelica.org/ameli/journal/71/713303003/html/>
- Ortega-Gabriel, j
- Pérez J. G. (2021). Producción y calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con dos sistemas de poda bajo agricultura protegida. Obtenido de <file:///D:/TESIS/cuadro%201/clorofila%20cuadro%201.pdf>
- SIAP, Servicio de información agroalimentaria y pesquera. (2022). Escenario mensual de productos agroalimentarios. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/784856/Jitomate_Noviembre.pdf
- SIAP, Servicio de información agroalimentaria y pesquera. (2022). Escenario mensual de productos agroalimentarios. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/732608/Jitomate_Mayo.pdf
- SIAP, Servicio de información agroalimentaria y pesquera. (2023). De Nuestra cosecha...Informar para más y mejores alimentos en bien de todos. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/823362/DE_NUESTRA_COSECHA_MAYO_2023.pdf
- Staff, R. (2024, 19 junio). *CBD and Gardening: Innovative Ways to Boost Plant Growth*. resolveCBD. <https://resolvecbd.co/blog/cbd-and-gardening/>
- Valentín, R. T., Adalberto, B. M., Alberto, S. R., & Benito, C. L. (2000, 27 abril). *Los extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad del tomate (Lycopersicon esculentum Mill)*. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/3430>

APLICACIÓN FOLIAR DE BIOMOLECULAS EN EL CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE MELON

Mauricio Troche Lanuza¹, Luis P. Guevara Acevedo², Ricardo Yáñez Lopez²,
Daniel Rodríguez Mercado², Fernando G. Flores Guillen²

¹Estudiante de ingeniería en agronomía TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ² TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ³Dirección General de Medio Ambiente de Celaya, Celaya, Gto. §Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de aplicaciones foliares de ácido salicílico, extracto de algas y su combinación en el crecimiento vegetativo del cultivo de melón bajo condiciones de campo abierto. El experimento se llevó a cabo en la comunidad de El Armadillo, Gto., en 0.5 ha, se dio 2 pasos de rastra y se surco a una distancia entre surcos de 1.50 metros, se aplicó una fertilización base con 150 kg de MAP, 150 kg de urea y 100 kg de sulfato de potasio. A los 40 días después de trasplante (ddt) se aplicaron los tratamientos en un diseño de bloques al 4zar con 4 bloque y 4 tratamientos: ácido salicílico a una dosis de 0.067 mM, extracto de algas a 5 mL L⁻¹, una combinación de ambos, y un tratamiento testigo. Cada unidad experimental consistió en tres surcos de 5 metros de largo. Las mediciones comenzaron a los 7 días posteriores a la aplicación de los tratamientos y se evaluaron cinco plantas seleccionadas al azar del surco central de cada unidad experimental. Las variables medidas incluyeron número de hojas, longitud de la planta, número de flores, grosor del tallo e índice de clorofila. Los resultados mostraron que la combinación de ácido salicílico y extracto de algas produjo los mejores resultados, incrementando significativamente el número de hojas, unidades SPAD de clorofila y el diámetro del tallo. Este tratamiento superó al control en todas las variables evaluadas, destacando su eficacia en mejorar el crecimiento vegetativo del melón bajo condiciones de estrés ambiental.

Palabras claves: Crecimiento vegetativo, *Cucumis melo*, ácido salicílico, extracto de algas, fertilización foliar

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of foliar applications of salicylic acid, algae extract and their combination on the vegetative growth of melon crops under open field conditions. The experiment was carried out in the community of El Armadillo, Gto., on 0.5 ha, 2 harrowing steps were taken and furrowing was done at a distance between furrows of 1.50 meters, a base fertilization was applied with 150 kg of MAP, 150 kg of urea and 100 kg of potassium sulfate. At 40 days after transplantation (ddt), the treatments were applied in a randomized block design with 4 blocks and 4 treatments: salicylic acid at a dose of 0.067 mM, algae extract at 5 mL L⁻¹, a combination of both, and a control treatment. Each experimental unit consisted of three 5 meter long furrows. The measurements began 7 days after the application of the treatments and five plants randomly selected from the central furrow of each experimental unit were evaluated. The variables measured included number of leaves, plant length, number of flowers, stem thickness and chlorophyll index. The results showed that the combination of salicylic acid and seaweed extract produced the best results, significantly increasing the number of leaves, SPAD units of chlorophyll and stem diameter. This treatment outperformed the control in all the variables evaluated, highlighting its effectiveness in improving the vegetative growth of melon under conditions of environmental stress.

Key words: Vegetative growth, Cucumis melo, salicylic acid, seaweed extract, foliar fertilization.

INTRODUCCIÓN

La producción de melón en México es una actividad agrícola importante, principalmente en las regiones con climas cálidos y semiáridos. El país se encuentra entre los principales productores a nivel mundial, debido a sus condiciones agroclimáticas favorables y la amplia extensión de tierras dedicadas a este cultivo (Rodríguez, 2018). Sin embargo, la mayoría de los productores mexicanos se enfrentan a algunos problemas entre uno de ellos los altos niveles de salinidad en

los suelos debido a bajas precipitaciones, mal manejo del agua de riego y mal uso de fertilizantes (Villa et al., 2006). En la actualidad se buscan alternativas para mitigar los problemas de fertilización (Castellanos, 2024), entre ellos se encuentran los extractos de algas, estos extractos incluyen fitohormonas naturales, como citoquininas, auxinas y giberelinas, que favorecen el crecimiento de las raíces y fortalecen la habilidad de la planta para resistir situaciones de sequía o estrés por altas temperaturas o salinidad (García et al., 2021), otro compuesto utilizado para mitigar el estrés es el ácido salicílico, es un compuesto orgánico producido por la misma planta, pero en bajas concentraciones funcionando como regulador del proceso fisiológico de la misma. En México se han realizado varios trabajos donde se señala la importancia del ácido salicílico en la bioproduktividad de la planta como el aumento de crecimiento de la planta, aumento de número de flores y aparición temprana de flores (Laarque Saavedra., 1978). El objetivo de esta investigación fue, evaluar el efecto de ácido salicílico, extracto de algas y su combinación en el crecimiento vegetativo del cultivo de melón a campo abierto,

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente experimento se realizó entre los meses de agosto y octubre de 2024 en la comunidad de El Armadillo, municipio de Jaral del Progreso, Gto. Se inició con la preparación del terreno, que incluyó un proceso de subsolado, dos rastreos y la formación de surcos con una distancia de 1.50 metros entre ellos. Simultáneamente, se aplicó una fertilización base con 150 kg de MAP, 150 kg de urea y 100 kg de sulfato de potasio. A continuación, se colocó cintilla 5/8 de la marca Toyo Drip para riego por goteo, así como plástico acolchado. Posteriormente, se realizó un riego inicial y se comenzó con el trasplante. Al finalizar el trasplante, se dividió el área experimental en 4 bloques al azar, con 3 tratamientos: ácido salicílico a una dosis de 0.067 mM, algas marinas NGPlus® (de Asistencia Biotecnológica S.P.R.) a 5 mL L⁻¹, y la combinación de ambos. El tratamiento testigo consistió en Vita Verde a una dosis de 40 mL/l de agua. Cada unidad experimental estuvo conformada por 3 surcos de 5 m de largo.

Al inicio de la aplicación de los tratamientos, se fertilizó con 25 kg de nitrato de calcio y 25 kg de nitrato de potasio. A los 7 días posteriores a la aplicación de los tratamientos (ddat), se inició la toma de datos. Para ello, se seleccionaron 5 plantas al azar del surco central, y se evaluó el número de hojas por planta, que se contó de manera individual en cada planta; longitud de la planta, medida de la guía principal con un flexómetro de 5 m de la marca Truper®, diámetro del tallo, que se midió tomando 3 mediciones a lo largo del tallo de cada planta y promediando estas medidas con un vernier de la marca Truper®; y las unidades SPAD de clorofila, para ello se eligió al azar una hoja por planta muestreada, se SPAD 502 Plus® (Minolta). La toma de datos se realizó cada 7 días realizando 4 muestreos. Con los resultados de cada variable se realizó un análisis de varianza y cuando este presento diferencias ($P > 0.005$) se realizó una prueba de medias Tukey, todo esto se realizó en el programa estadístico SAS systems (9.4).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos aplicados al cultivo de melón presentaron diferencias altamente significativas en la variable número de hojas (Cuadro 1). Estos resultados son similares a los obtenidos por Adalberto (2004) en su experimento, en el cual aplicaron soluciones de 800 mg/L de ácido salicílico de manera foliar. Por otro lado, para la variable altura de la planta, se observó que los datos fueron similares a los reportados por Martín (2012), quienes también encontraron valores no significativos y una baja diferencia.

En cuanto a las variables unidades SPAD de clorofila y diámetro del tallo, los resultados obtenidos fueron similares a los presentados en el artículo de Rodolfo (2012), ya que en este experimento se obtuvieron valores de significancia del 90%, mientras que en el estudio de Rodolfo (2012) se reportó un alto nivel de significancia del 99%.

Cuadro 1. Cuadrado de medio de la altura de planta, unidades SPAD de clorofila y diámetro de tallo de plantas de melón por efecto de aplicaciones foliares de

FV	GL	Cuadrado Medio			
		No. Hojas	Altura de planta (cm)	Unidades SPAD de clorofila	Diámetro de Tallo (mm)
Trat (T)	3	5390.02**	125.97 ^{ns}	1822.91*	60.46*
Muest (M)	3	7762.32**	1066.33*	4016.86**	11.53 ^{ns}
Bloq (B)	1	780.28 ^{ns}	184.83 ^{ns}	1.91 ^{ns}	21.62 ^{ns}
TxM	9	305.9 ^{ns}	1.37 ^{ns}	160.92 ^{ns}	8.82 ^{ns}
EE	47	298.39	212.38	383.79	7.13
Total	63	-	-	-	-

Como se puede observar en el Cuadro 2, la mezcla de ácido salicílico a dosis de 0.067 mM con extracto de algas marinas a dosis de 5 mL L⁻¹, presentó los mayores valores para las variables número de hojas, clorofila y diámetro de tallo., mientras que el testigo presentó los menores valores, sin embargo, Sayed (2023) obtuvo valores muy similares, pero con la aplicación de ácidos húmicos.

Cuadro 2. Nivel de significancia de la altura de planta, unidades SPAD de clorofila y diámetro de tallo de plantas de melón por efecto de aplicaciones foliares de biomoléculas.

No. Trat	Tratamiento	Dosis	Altura de planta (cm)	Unidades SPAD de clorofila	Diámetro de Tallo (mm)
1	A. S+AM	(0.067 mM) +(5 mL L ⁻¹)	188.28 a	112.05 a	14.08 a
2	AM	5 mL L ⁻¹	186.52 a	94.74 ab	12.31 ab
3	A. S	0.067 mM	163.9 b	91.17 ab	11.21 bc
4	TC	40 mL/l H ₂ O	150.33 b	88.23 ab	9.45 c
			-	-	-

AS=ácido salicílico, AM=algas marinas, TC=testigo común (Vita Verde)

En la variable número de hojas, los tratamientos con la combinación de ácido y salicílico con algas marinas a dosis de 0.067 mM y 5 mL L⁻¹ de algas presentaron estadísticamente los mayores valores con 188.28 y 186.52 hoja respectivamente, esto implica que presentaron un incremento del 25% en comparación con las

plantas a las que se les aplicó Vita Verde® a dosis de 40 mL/L. Sin embargo, los resultados fueron similares a los obtenidos por Rangel (2002), quien evaluó el crecimiento del melón con la aplicación foliar de NO₃- y K, obteniendo un porcentaje de incremento del 25% con respecto a plantas que se le hizo aplicaciones a base de nitrógeno.

En el análisis de la variable unidades SPAD de clorofila, el tratamiento con la combinación de ácido y salicílico con algas marinas a dosis de 0.067 mM y 5 mL L⁻¹ de algas presentó el valor más alto, con un incremento del 26%, en comparación con las plantas a las que se les aplicó Vita Verde®. Al comparar estos resultados con los de Mendoza (2024), se observó que este autor obtuvo un aumento mayor del 38% con respecto a la aplicación al de 1 mL de solución de rizobacteria por planta en el tratamiento la cual arrojó los valores más altos.

Para la variable diámetro de tallo, el tratamiento con algas marinas a dosis de 0.067 mM y 5 mL L⁻¹ de algas también mostró los mejores resultados, con un incremento del 48% en comparación con las plantas a las que se les aplicó Vita Verde®. Este resultado fue superior al de Melgoza (2016), quien aplicó una solución de yoduro de potasio vía foliar y obtuvo un incremento del 15%.

CONCLUSIÓN

Se demuestra que la combinación de ácido salicílico y extracto de algas marinas a dosis de 0.067 mM y 5 mL L⁻¹ de algas mostro mejores resultados para el crecimiento del cultivo de melón, específicamente en las variables de número de hojas, unidades SPAD de clorofila y diámetro de tallo. Por tanto, se recomienda considerar la implementación de este tratamiento para maximizar el crecimiento y el desarrollo saludable de las plantas, lo que podría traducirse en una mejora significativa en los rendimientos del cultivo.

REFERENCIAS

Castellanos J.Z. 2024. Cómo Enfrentar la Crisis de los Fertilizantes. Parte II pag. 559 extraído de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/como-enfrentar-la-crisis-de-los-fertilizantes-parte-II>

García, F., Morales, J. y Pérez, A. (2021). Bioestimulantes en el cultivo del melón: Aplicación de extractos de algas. Revista de Ciencias Agrícolas

Larqué, A. and R. Wain. 1974. Absciscic acid levels in relation to drought tolerance in varieties of Zea mays L. Nature. 251(5477):716-717. Martin-Mex, R., Nexticapan-Garcéz, Á., Herrera-Tuz, R., Vergara-Yoisura, S., & Larqué-Saavedra, A. (n.d.). Efecto positivo de aplicaciones de ácido salicílico en la productividad de papaya (Carica papaya)* Positive effect of salicylic acid application on productivity. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v3n8/v3n8a13.pdf>

Melgoza, G., Alfonso, F., Escalante, B., Cavazos, L., Javier, C., Torres, R., Rodríguez-Mendoza, V., De Las, M., González, N., Fuentes, J., Antonio, & Mendoza, B. (n.d.). Retrieved November 13, 2024, from <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263149506007.pdf>

Mendoza, R., De Las, M., Chávez, N., San, R., García Cué, M., Luis, J., & Mendoza, B. (n.d.). Retrieved November 13, 2024, from <https://www.redalyc.org/pdf/339/33929617006.pdf>

Rangel, P., Castillo, B., Tirado Torres, G., Luis, J., Shibata, K., Tijerina Chavez, J., & Garza, M, Nitrogeno y potasio en la produccion de plantulas de melon. (2002). Terra latinoamericana, 20(3) artículo 2395- 8030. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57320305.pdf>

Rangel, P., Castillo, B., Tirado Torres, G., Luis, J., Shibata, K., Tijerina Rodríguez, A. (2018). Factores climáticos que afectan el rendimiento del melón. Boletín de Climatología Agrícola

- Sayed, R., Soliman, W., Salaheldin, S., & Gahory, A.-A. (2023). Enhancing bottle gourd growth and fruit characteristics through the stimulant effects of humic acid, seaweed extract, and salicylic acid. *Aswan University Journal of Sciences and Technology*, 3(2), 56–66. <https://doi.org/10.21608/aujst.2023.325579>
- Villa C., M., Valencia, E., Ibarra, M., & Ulery, A. (2006). Absorción Y Traslocación de Sodio Y Cloro En Plantas De Chile Fertilizadas Con Nitrógeno Y Crecidas Con Estrés Salino Sodium And Chloride Uptake And Translocation In Chile Plants Fertilized With Nitrogen And Grown Under Saline Stress. *Artículo Científico Rev. Fitotec. Mex*, 29(1), 79–88. <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/29-1/11a.pdf>
- Villavicencio, N. M., López Alonzo, C.V., Sotelo, B. M., Pérez Leal, R. 2011. Effects of salinity on vegetative growth. *Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua*. Vol. V, No. 3.

APLICACIÓN FOLIAR DE BIOMOLECULAS EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE PLANTAS DE TOMATE

Gerardo Adarel Chagoya López¹, Luis P. Guevara Acevedo^{2§}, M.A.P. Abril de María Montesinos Bernal², Ing. Leonel Sandro Maldonado Méndez³, Dr. Ricardo Yáñez Lopez², Daniel Rodríguez Mercado².

¹Estudiante de ingeniería en agronomía TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ² TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ³Tec. Abasolo, Blvd. Cuitzeo de los Naranjos #410, Col. Cuitzeo de los Naranjos, C.P 36976. §Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de aplicaciones foliares de CBD, ácido salicílico y su combinación en parámetros agronómicos del tomate bajo condiciones de microtúnel. Para el estudio, se estableció un experimento en el Instituto Tecnológico Nacional de México campus Roque. Se utilizaron plantas de tomate variedad “Rexoxo Arterus®” (Syngenta Vegetable Seeds) en un sustrato de peat moss, con aplicaciones de agua y fertilizantes Yara Tera Calcini a una dosis de 8 g L⁻¹ y Nutrigotas® con una dosificación de 8 g L⁻¹. Se utilizó un diseño con bloques totalmente al azar. Los tratamientos evaluados incluyeron CBD al (1%), ácido salicílico a (0.06mM) y la combinación de ambos, aplicados de forma foliar en intervalos de 7 días después del trasplante, las variables a medir fueron altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y unidades SPAD de clorofila. El estudio evaluó el efecto de diferentes tratamientos (ácido salicílico, CBD y su combinación) en el crecimiento de plantas de tomate. Los resultados mostraron que el ácido salicílico fue el tratamiento más efectivo, aumentando significativamente la altura de las plantas, el número de hojas y el contenido de clorofila en comparación con el grupo control. Aunque el CBD y su combinación con ácido salicílico también presentaron mejoras, no alcanzaron los mismos niveles de eficacia que el ácido salicílico solo.

Palabras clave. *Acido salicílico, CBD, Bioestimulantes, Micro túnel, parámetros agronómicos*

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of foliar applications of CBD, salicylic acid and their combination on agronomic parameters of tomatoes under microtunnel conditions. For the study, an experiment was set up at the Roque campus of the National Technological Institute of Mexico. Plants of tomato variety "Rexoxo Arterus® (Syngenta Vegetable Seeds) were used in a peat moss substrate, with water and fertilizer applications Yara Tera Calcini at a dose of 8 g L⁻¹ and Nutrigotas® at a dose of 8 g L⁻¹. A design with blocks was used completely randomly. The treatments evaluated included CBD at (1%), salicylic acid at (0.06mM) and the combination of both, applied foliarly at 7-day intervals after transplantation, the variables to be measured were plant height, stem diameter, number of leaves and SPAD units of chlorophyll. The study evaluated the effect of different treatments (salicylic acid, CBD and their combination) on tomato plant growth. The results showed that salicylic acid was the most effective treatment, significantly increasing plant height, number of leaves and chlorophyll content compared to the control group. Although CBD and its combination with salicylic acid also showed improvements, they did not reach the same levels of efficacy as salicylic acid alone

Keywords. *Salicylic acid, CBD, Biostimulants, Micro tunnel, agronomic parameters*

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una de las hortalizas más consumidas en el mundo y una de las más cultivadas en invernadero, por lo que es muy importante encontrar sistemas de producción que aumenten el rendimiento y la calidad (Castillo *et al.*, 2024). México representa el 1,7% de la producción mundial de tomate, menos que China, India y Estados Unidos, pero representa el 19% de las exportaciones mundiales, lo que lo convierte en el mayor exportador por encima de España (14%) y Estados Unidos (FAOSTAT, 2020). De 2003 a 2017, México produjo un promedio de 2.5 millones de toneladas de tomate rojo con un

valor de producción anual de 14,759 millones de pesos (SIAP, 2020). El principal productor es Sinaloa, que representó más del 32% de la participación del país entre 2003 y 2017 (SIACON, 2020). El uso de reguladores del crecimiento es una práctica para mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos estos compuestos pueden promover el enraizamiento, la floración, el amarre y crecimiento de frutos, la abscisión de hojas y frutos, la senescencia, la regulación de algunos procesos metabólicos y la resistencia de las plantas a estrés por temperatura y agua (Sánchez-Chávez *et al.*, 2024).

Existen diferentes alternativas para aumentar los rendimientos de los cultivos en la agricultura protegida, tales como la ampliación del área cultivada, la disminución de las condiciones de estrés que afectan el desarrollo de las plantas, así como el uso de moléculas de señalización, que son moléculas que provocan eventos de respuesta a nivel molecular (Díaz *et al.*, 2016). El ácido salicílico es una molécula ampliamente utilizada, la cual se aplica de manera exógena en diversos cultivos ya que tiene efectos activadores de la resistencia sistémica adquirida (SAR) debido a que aumenta la síntesis de algunas moléculas antioxidantes y fotosintéticas, ambas relacionadas con dicha resistencia (Cruz, 2024). Otra molécula que está siendo estudiada es el CBD que al igual que el ácido salicílico en algunas investigaciones se ha demostrado que son productos que reducen la necesidad de uso de fertilizantes y aumentan el crecimiento y la resistencia de las plantas a las sequías (Sebastián *et al.*, 2023). El CBD tiene muchas características que lo convierten en un buen candidato como antimicrobiano, sin embargo, hasta el momento, no se están utilizando productos que contengan CBD para prolongar la vida útil de los productos alimenticios, mientras que existe una creciente demanda de los consumidores de productos naturales y seguros para el medio ambiente (Benelli *et al.*, 2018). El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de aplicaciones foliares de CBD, ácido salicílico y su combinación en parámetros agronómicos de tomate bajo condiciones de microtúnel.

MATERIALES Y METODOS

El proyecto de investigación se desarrolló en las instalaciones del Instituto Tecnológico Nacional de México campus Roque, en el laboratorio de Fitosanidad dentro de un micro túnel, para ello se utilizaron 50 bolsas negras de 30 x 40 cm, las cuales fueron llenadas a $\frac{3}{4}$ de su capacidad con sustrato de pitmost. Como siguiente se trasplanto el tomate variedad "Rexoxo Arterus®" (Syngenta Vegetable Seeds), al mismo tiempo fueron regados con 1L de agua por cada maceta, se mantuvieron a capacidad de campo regándolas cada 3 días con 1L de agua cada una, enseguida realizamos la aplicación de los tratamientos utilizando un diseño de bloques totalmente al azar, CBD a una dosis de (1%), CBD (1%) + ácido salicílico (0.6mM), ácido salicílico (0.6mM).

Para la fertilización se llevó a cabo después de los primeros 17 días de haber hecho el trasplante realizándolo 24, 31, 38 con Yara Tera CALCINI®, después 45, 52, 59, 66 días después del trasplante se cambió a 8 g L⁻¹ de NUTRIGOTAS® con una concentración de (16 54 00) aplicando 1L por planta.

Los muestreos de las variables se iniciaron a medir 18 días después del trasplante, las variables a medir fueron altura de la planta la cual se hizo con un flexómetro de la marca PRETUL®, las unidades SPAD de clorofila se midieron con el medidor de clorofila KONIKA MINOLTA®, para el diámetro del tallo se utilizó un vernier KEATRONIC® y el número de hojas fue de manera manual.

Para la prevención de plagas se realizaban aplicaciones de imidacloprid Confidor® 350 SC (Bayer CropScience) a una dosis de 2 mL⁻¹ vía foliar.

Con los resultados de cada una de las variables, se realizó un análisis de varianza y cuando este presentó diferencia se realizó una prueba de medias Tukey con el programa estadístico SAS system version 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza muestra que los tratamientos tuvieron un efecto con diferencias totalmente significativas para altura de planta, número de hojas y unidades SPAD de clorofila, no teniendo efecto en diámetro de tallo, teniendo un

valor similar a lo reportado por Francisco *et al.*, (2024) donde obtuvo también un 99% de significancia en el efecto de aplicaciones de ácido salicílico para la altura de planta y numero de hojas en cultivo de tomate.

Para el diámetro del tallo los tratamientos no tuvieron significancia mostrando un valor distinto al informado por Yildirim y Dursun (2009) que en su trabajo obtuvieron alta significancia al 99% por efecto de los tratamientos con ácido salicílico en el diámetro de tallo de plantas de tomate.

En las unidades SPAD de clorofila se obtuvo que los tratamientos mostraron diferencias totalmente significativas, valor que es similar al reportado por Rodríguez (1998) quien realizo fertilizaciones a plantas de jitomate a base de nitrógeno colocadas en tepetate obteniendo diferencias totalmente significativas, encontrando solamente que el valor SPAD disminuye en la presencia de frutos.

Cuadro 1. Cuadrado de medio de la altura de la planta, numero de hoja, diámetro de tallo y unidades SPAD de clorofila de plantas de tomate por efecto de aplicaciones foliares de biomoléculas.

FV	GL	Cuadrado Medio			
		Altura de la planta (cm)	Numero de hoja	Diámetro de Tallo (mm)	Unidades SPAD de Clorofila
Trat (T)	3	6624.356 **	36.202 **	9.408 ns	49.156 **
Muest (M)	8	9661.914 **	756.878 **	38.117 **	135.420 **
Bloq (B)	1	32.481 ns	4.080 ns	6.12 ns	19.116 **
T X M	24	111.795 **	7.927 **	3.168 ns	8.954 **
EE	71	27.723	1.637	3.592	1.918
Total	107	-	-	-	-

El ácido salicílico fue el que presento mayores resultados para todas las variables en estudio. En altura de planta el ácido salicílico presento una altura de 86.994 cm siendo el valor más alto, mientras que el testigo junto la unión de CBD y ácido salicílico estadísticamente presentaron los valores más bajos con 53.21 cm y 83.17 cm cada uno respectivamente, obteniendo así que la aplicación de ácido salicílico a una dosis de 0.60mM se aumenta un 60.47% la altura comparada con las plantas que no se les aplica nada. Este valor es superior al reportado por Gómez *et al*;

(2022) quienes con aplicación de la cepa Incam11 + Qmax[®] aumento en 27.77% la altura de la planta comparación con su testigo, siendo este menor al que yo obtuve.

Para el número de hojas el ácido salicílico a una dosis de 0.6mM obtuvo los mayores valores con un 16.30 presentando un aumento en un 16.80% comparado con las plantas sin aplicación que obtuvieron 13.95, dicho valor es menor a lo reportado por González et al., (2021) que obtuvo un 31.25% de aumento en el número de hojas en las plantas con aplicación de QuitoMax[®] utilizando una dosis de 300 mg ha⁻¹ en comparación con las plantas que no tuvieron ningún tipo de tratamiento.

Finalmente, para la variable de unidades SPAD de clorofila se obtuvo un valor de 38.03 en las plantas con aplicación de ácido salicílico a una dosis de 0.6mM mostrando un incremento de 9.51% presentando así una mayor eficacia al compararse con las plantas que no se les aplico nada las cuales tuvieron un valor de 34.73, siendo este mayor al reportado por Leonides (2019) al tratar diferentes genotipos de plantas de jitomate con estiércoles líquidos enriquecidos obteniendo un valor de SPAD 35.92 en su genotipo G1 mostrando que tuvo un aumento de SPAD de 7.41% de aumento en comparación con su genotipo G3 que tuvo un valor de SPAD 35.92 .

Cuadro 2. Nivel de significancia de la altura de la planta, numero de hoja, diámetro de tallo y unidades SPAD de clorofila de plantas de tomate por efecto de aplicaciones foliares de biomoléculas.

No Trat	Tratamiento	Dosis	Altura de Planta (cm)	Numero de hojas	Unidades SPAD de Clorofila
3	Ácido salicílico	0.6 mM	86.994 a	16.3050 a	38.0357 a
1	CBD	1%	85.950 ab	14.2407 b	36.4185 b
2	CBD + Acido salicílico	20 - 1 mL ⁻¹	83.170 b	13.8407 b	36.4252 b
4	Testigo	-	54.211 c	13.9593 b	34.7311 c

CONCLUSIÓN

El ácido salicílico, aplicado a una dosis de 0.6 mM, demostró ser altamente efectivo en promover el crecimiento de plantas de tomate, aumentando significativamente la altura, el número de hojas y el contenido de clorofila. Estos resultados sugieren que el ácido salicílico a esta concentración podría ser un bioestimulante prometedor para la producción de tomate.

LITERATURA CITADA

- Benelli, g., Pavela, r., Petrelli, r., Loredana Cappellacci, Santini, g., Fiorini, d., Sut, s., Stefano Dall'acqua, Canale, a., & Maggi, f. (2018). The essential oil from industrial hemp (*cannabis sativa* L.) By-products as an effective tool for insect pest management in organic crops. *Industrial crops and products*, 122, 308–315. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.032>
- Castillo, S., del, & I, c.-a. E. (2024). Revista chapingo. Serie horticultura, 15(1), 67–73. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s1027-152x2009000100010&script=sci_abstract&tlng=pt
- Cruz, M. (2024). Efecto de la aplicación de ácido salicílico inmovilizado en una matriz de alginato-calcio sobre plántulas de tomate (*solanum lycopersicum* L.). Uaaan.mx. <https://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/49804>
- Díaz, V., David, A., Salas Pérez, I., Rangel, p., Segura Castruita, p., Angel, m., fuentes, G., Antonio, J., Valenzuela García, & Rodolfo, j. (2016). <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263149506002.pdf>
- Faostat. 2020. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura.estadísticas. <http://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Gómez-Salazar, A., López-Salvador, G., Jerez-Mompie, E., González-Cañizares, P., & Guerrero-Domínguez, L. (2023). Influencia de dos bioestimulantes en el crecimiento y desarrollo de plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Cultivos Tropicales*, 43(2), e07. Recuperado a partir de <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1658>
- Gustavo-González, L., Paz-Martínez, I., Boicet-Fabré, T., Jiménez-Arteaga, M. C., Falcón-Rodríguez, A., & Rivas-García, T. (2021). Efecto del tratamiento de

- semillas con QuitoMax® en el rendimiento y calidad de plántulas de tomate variedades ESEN y L-43. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.803>
- Sánchez-Chávez, E., Barrera-Tovar, R., Muñoz-Márquez, E., Ojeda-Barrios, D. L., & Anchondo-Nájera, Á. (2024). Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 17(SPE1), 63–68. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2011000400010&script=sci_arttext
- Sebastián, J., Hernández, T., & Groppa, M. (2023). Bioinsumos y sus aplicaciones en cultivos de cannabis Bio Inputs and Their Applications in Cannabis Crops. 1. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/227778/CONICET_Digital_Nro.97785952-e359-49b5-a173-10fdec8a1bcf_B.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Siap. 2020. Sistema de información agroalimentaria y pesquera. Producción agropecuaria y pesquera. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Rodríguez Mendoza, Ma. De las Nieves; Alcántar González, Gabriel; Aguilar Santelices, Andrés; Echevers Barra, Jorge d.; Santizo Rincón, José a. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila terra latinoamericana, vol. 16, núm. 2, abril-junio, 1998, pp. 135-141 sociedad mexicana de la ciencia del suelo, a.c. Chapingo, México
- Yildirim, e.; dursun, a. 2009. Effect of foliar salicylic acid applications on plant growth and yield of tomato under greenhouse conditions. Pp. 395–400. Tüzel, y. *Et al.* Proc. Is on prot. Cult. Mild winter climate. (eds.) Acta horticulturae 807 p.

APLICACION WEB PARA LA GESTION DE LOS DATOS ASOCIADOS A CULTIVOS EN INVERNADEROS

Sandra Pérez Madrigal¹, Bernardo León Ávila², Luis A. Quintero-Domínguez³,
Daniel Rodríguez Mercado⁴, Denis Zaldivar Pérez⁵, Arley Ulloa Zoila⁶

^{1 2 3} Universidad “José Martí Pérez”, Facultad de Ciencias Técnicas y Económicas,
Sancti Spíritus, Cuba. Correo sandrapm.9811@gmail.com

RESUMEN

La agricultura en los últimos años ha sufrido las consecuencias del cambio climático, especialmente en lo que a la producción agrícola se refiere. La siembra dentro de invernaderos, vinculado a la agricultura inteligente podría contribuir a la solución que se necesita. Con la utilización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), se hace posible mejorar la producción, ya que se puede implementar la recolección, procesamiento y análisis de datos, para el apoyo a la toma de decisiones. En el presente trabajo se detalla la creación de una aplicación web que implementa el proceso de gestión de datos referentes a cultivos dentro de los invernaderos. La misma hace posible la gestión de invernaderos, especies y variedades cultivables, tipos de suelo, cultivos y todas las acciones fito-técnicas que se les puedan realizar, así como las futuras cosechas de los mismos. Como resultado de este sistema se espera que apoye en la toma de decisiones de los agricultores dentro de los invernaderos, intentando así lograr el máximo potencial de la producción agrícola. Además, este sistema sirve como base para la creación de un conjunto de datos históricos que permita posteriormente realizar análisis con herramientas de inteligencia artificial que permita la optimización de las producciones y el uso eficiente de recursos.

Palabras clave: Invernadero; Producción agrícola; Gestión de Datos; Aplicación Web.

ABSTRACT

Agriculture in recent years has suffered the consequences of climate change, especially in terms of agricultural production. Planting inside greenhouses, linked to

smart agriculture, could contribute to the solution needed. With the use of Information and Communication Technologies (ICT), it becomes possible to improve production, since data collection, processing and analysis can be implemented to support decision making. This paper details the creation of a web application that implements the data management process related to crops in greenhouses. It makes possible the management of greenhouses, cultivable species and varieties, soil types, crops and all the phyto-technical actions that can be performed on them, as well as their future harvests. As a result of this system, it is expected to support the decision making of the farmers within the greenhouses, trying to achieve the maximum potential of agricultural production. In addition, this system serves as a basis for the creation of a set of historical data that will allow later analysis with artificial intelligence tools that will allow the optimization of production and the efficient use of resources.

Keywords: *Greenhouse; Agricultural production; Data management; Web application.*

INTRODUCCIÓN

La agricultura, definida como el arte de cultivar la tierra, se enfrenta a grandes desafíos debido al impacto del cambio climático, que ha causado graves daños en la producción agrícola y altos costos de sostenibilidad (Erazo Neira y Sánchez Escudero, 2022). Con la población mundial en aumento y las limitaciones de la agricultura convencional para satisfacer la creciente demanda de alimentos, es necesario que las granjas utilicen Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para producir más alimentos de alta calidad. En este contexto, surge la agricultura de precisión (AP), que utiliza tecnologías avanzadas para monitorear y optimizar las condiciones de los cultivos, garantizando el uso eficiente de los recursos y aumentando la productividad y sostenibilidad (Amondaray et al., 2018; Ofori y El-Gayar, 2021).

Una de las aplicaciones destacadas de la AP son las Granjas Inteligentes, diseñadas para maximizar la producción mediante el control de variables

ambientales, protegiendo a las plantas de las inclemencias climáticas propias de los países tropicales (Quintero Pulgar, 2021; Erazo Neira y Sánchez Escudero, 2022). En Cuba, se han impulsado programas de inversión para integrar estas tecnologías, aunque su desarrollo sigue siendo limitado (Madruga Peláez et al., 2019). La implementación de estas tecnologías es crucial para avanzar hacia una agricultura sostenible y más productiva.

Al momento de investigación, son pocos, y prácticamente desconocidos los métodos de registro de datos de los cultivos que permitan realizar comparaciones entre una temporada y otra, para así optimizar este proceso, ya que los productores agrícolas no guardan registros, sino que se basan en su experiencia, y lograr niveles adecuados de calidad es fundamental, en ese sentido controlar aquellos procesos o etapas que inciden tanto en los costos como en la calidad es vital.

La Empresa La Quinta es una empresa asociada al sistema de agricultura urbana de la provincia de Sancti Spíritus, dedicada al cultivo de plantas tanto en entornos semiprotegidos como en entornos protegidos, es decir, invernaderos. Actualmente la empresa cuenta con más de 15 casas de cultivos, y se dedican a la venta de plantas en moneda nacional, para el sector del turismo y para la exportación, siendo sus principales productos el Chile Habanero, el pimiento y el pepino, aunque tienen un catálogo mucho más amplio.

En la empresa La Quinta, se presenta una situación problemática evidenciada por las siguientes manifestaciones:

- Los datos tienden a presentar incongruencias e inconsistencia, ya que la recolección de datos se realiza manualmente.
- La información queda registrada en formato físico en las oficinas de la empresa, lo que en ocasiones provoca pérdidas de información a causa del extravío o deterioro de los documentos.
- La generación de reportes se dificulta producto a la gran cantidad de datos manejados.

- La toma de decisiones se ve afectada a causa de no tener la capacidad de análisis de la información almacenada en el formato actual

Todo lo anterior unido a la necesidad de recopilar la información de los cultivos, y que la misma pueda estar accesible y gestionable, con el nivel de seguridad requerido y que solo el personal autorizado pueda modificarlo y/o acceder, quedaría resuelto mediante su informatización.

El presente artículo tiene como objetivo describir un subsistema informático para facilitar la gestión de la información en el proceso de producción agrícola en los invernaderos de la Empresa La Quinta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de esta investigación, se empleó una combinación de métodos que facilitaron la creación de una aplicación web diseñada para la gestión de datos agrícolas en los invernaderos de la Empresa La Quinta. El método **Histórico-Lógico** permitió analizar cómo la agricultura ha evolucionado, desde técnicas tradicionales hasta la adopción de sistemas basados en tecnologías de la información y comunicación (TIC). Este análisis fue esencial para entender el impacto positivo que la digitalización tiene en la productividad y eficiencia agrícola.

Asimismo, se utilizó el método **Analítico-Sintético** para caracterizar los procesos de gestión de datos dentro de los invernaderos. A través de entrevistas y encuestas a trabajadores agrícolas y técnicos, se identificaron las principales necesidades y áreas donde la automatización y tecnologías de precisión podían mejorar significativamente la eficiencia operativa.

En cuanto a la metodología de desarrollo del software, se empleó el **Proceso Unificado Racional (RUP)**, un enfoque iterativo que permitió gestionar el proyecto en fases, asegurando la calidad y funcionalidad del sistema en cada etapa. RUP facilitó la planificación estructurada, desde la captura de requisitos hasta la implementación y pruebas del sistema. Se optó por una arquitectura robusta y escalable utilizando **Python** y **Django** para la creación del backend, garantizando

un entorno eficiente para el manejo de datos. El frontend fue desarrollado con **Nuxt.js**, lo que facilitó una experiencia de usuario intuitiva y responsiva. La base de datos **PostgreSQL** fue seleccionada por su capacidad para gestionar grandes volúmenes de información y proporcionar un acceso rápido y seguro a los datos.

El sistema informático desarrollado se estructuró en varios subsistemas clave:

- **Subsistema físico:** Asociado al hardware, este subsistema incluye componentes como la CPU, la memoria principal, y la infraestructura de red necesaria para soportar la operación de la aplicación.
- **Subsistema lógico:** Enfocado en el software, este subsistema abarca el sistema operativo, el middleware, las aplicaciones desarrolladas, y la base de datos **PostgreSQL** utilizada para almacenar y gestionar la información de los cultivos.
- **Recursos humanos:** Incluye al personal involucrado en el uso y mantenimiento del sistema, desde los usuarios finales (técnicos y agricultores) hasta los desarrolladores y administradores de sistemas responsables del soporte técnico y las actualizaciones del software.

Para el desarrollo de la aplicación web se tuvieron en cuenta varios requerimientos funcionales que guían el desarrollo de la misma, garantizando una solución completa y efectiva. Estos requerimientos quedan detallados en la Tabla 1.

Tabla 1 Requerimientos Funcionales

Nº	Requerimientos Funcionales
R1	Autenticar usuarios
R2	Cambiar contraseña
R3	Gestionar usuarios
R4	Gestionar modelos de invernaderos
R5	Gestionar invernaderos
R6	Gestionar áreas de cultivos
R7	Gestionar tipos de suelo
R8	Gestionar tipos de cultivos
R9	Gestionar especies
R10	Gestionar variedades
R11	Gestionar cultivos
R12	Gestionar actividades fito-técnicas
R13	Gestionar fertilizaciones orgánicas
R14	Gestionar fertilizaciones químicas
R15	Gestionar fertilizaciones biológicas
R16	Gestionar controles de maleza manual
R17	Gestionar controles de maleza mecánicos
R19	Gestionar riegos
R20	Gestionar podas
R21	Gestionar aporques
R22	Gestionar drenajes
R23	Gestionar desbotones
R24	Gestionar controles mecánicos
R25	Gestionar controles químicos
R26	Gestionar controles biológicos
R27	Gestionar cosechas
R28	Mostrar listado de actividades fito-técnicas realizadas a un cultivo
R29	Mostrar listado de actividades fito-sanitarias realizadas a un cultivo
R30	Cerrar sesión

Fuente: Elaboración propia

Estos elementos interactúan de manera sinérgica para procesar los datos agrícolas, facilitando tanto las operaciones automáticas como las manuales. El resultado es un sistema que no solo mejora la gestión de los cultivos dentro de los invernaderos, sino que también optimiza la toma de decisiones basada en datos, incrementando así la eficiencia y productividad agrícola.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de la investigación, se desarrolló una para la gestión de los datos asociados a cultivos en invernaderos. Esta herramienta fue diseñada para mejorar la eficiencia y precisión en la gestión de datos agrícolas dentro de los invernaderos de la Empresa La Quinta. El sistema desarrollado se centra en capturar y analizar

tanto datos cuantitativos como no cuantitativos, integrando información crítica que normalmente no se considera en sistemas de gestión agrícola tradicionales.

La API REST de la aplicación fue creada con el objetivo de centralizar la gestión de datos en un único sistema que puede ser accedido por múltiples usuarios con distintos niveles de permisos. Para el desarrollo de la API se utilizaron tecnologías como Python, Django y PostgreSQL, las cuales permitieron construir una arquitectura sólida y escalable.

La interfaz de usuario se implementó con Nuxt.js, diseñándose con un enfoque en la usabilidad, presentando un menú en el lado izquierdo de la ventana que muestra todas las opciones disponibles según los permisos de cada usuario. En el caso del administrador, este menú ofrece acceso completo a todas las funcionalidades del sistema, incluyendo la gestión de usuarios. En el resto de la pantalla, se muestran las tablas con la información solicitada por el usuario, lo que permite una visualización clara y organizada de los datos.

La **Figura 1** muestra la interfaz principal que se activa tras la inserción de un cultivo, desde la cual los usuarios pueden acceder a una variedad de opciones, incluyendo la edición y eliminación de cultivos, lo que facilita la gestión de la información.



Figura 2 Gestionar cultivos

Por otro lado, la **Figura 2** presenta la interfaz específica para gestionar "Acciones fito-técnicas", permitiendo a los usuarios realizar un seguimiento detallado de estas actividades en los cultivos.



Figura 3 Gestionar acciones fitotécnicas

Finalmente, la **Figura 3** ilustra algunas de las validaciones implementadas en el formulario "Insertar Cultivo", asegurando la integridad y precisión de los datos ingresados, lo cual es crucial para mantener la calidad de la información gestionada por el sistema.

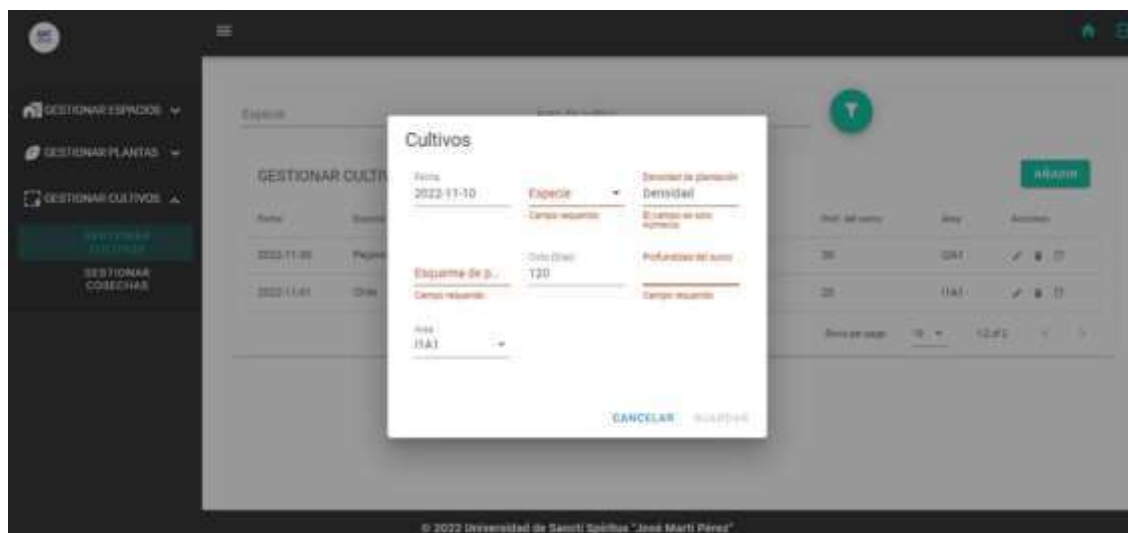


Figura 4 Validación de datos durante la inserción

El sistema desarrollado contempla diferentes roles de usuario, entre ellos el **Administrador del sistema** y el **Jefe de Invernadero**. La seguridad de los datos es un aspecto crítico, por lo que el acceso al sistema se realiza a través de un inicio de sesión que requiere un nombre de usuario y una contraseña. Una vez autenticado, cada usuario puede acceder a las funcionalidades correspondientes a su rol, como se describe a continuación:

- **Administrador del sistema:** Este rol tiene acceso a todas las funcionalidades del sistema. Puede gestionar usuarios, departamentos y cultivos, incluyendo la capacidad de registrar, modificar o eliminar datos relacionados con los cultivos. Para cada acción realizada, el sistema proporciona retroalimentación inmediata mediante mensajes que confirman la correcta ejecución o errores en la operación.
- **Jefe de Invernadero:** Este rol tiene acceso a funciones específicas dentro de su área de responsabilidad, como la gestión de los cultivos y registro de actividades agrícolas. Pueden registrar, modificar o eliminar información relacionada con los cultivos y las prácticas agrícolas, asegurando que todos los datos relevantes estén actualizados y disponibles para análisis posteriores.

Base de Datos

El sistema cuenta con una base de datos centralizada que soporta todas las operaciones realizadas por la API.

La **Figura 4** muestra el modelo físico de la base de datos de gestión de cultivos, destacando la estructura y relaciones entre las tablas utilizadas para almacenar la información agrícola. Esta organización permite un acceso rápido y eficiente a los datos, facilitando su análisis y procesamiento en tiempo real.

LITERATURA CITADA

- Akhter, R., & Sofi, S. A. (2021). Precision agriculture using IoT data analytics and machine learning. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2021.07.003>
- Amondaray, L. R., Figueredo, F. M. P., & Castilla, M. M. G. (2018). Red de sensores inalámbricos para las casas de cultivos protegidos “San José”. *Agricultural Engineering Review*.
- Erazo Neira, J. L., & Sánchez Escudero, M. A. (2022). Desarrollo de una aplicación en ambiente Android para el control automatizado de las variables de producción en condiciones de invernadero del tomate cherry en los hogares del cantón Daule. *Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/59912>
- FAO. (2022). Soil classification | FAO SOILS PORTAL | Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-classification/en/>
- Gondchawar, N., & Kawitkar, R. (2016). IoT based smart agriculture. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 5(6), 838–842. <https://doi.org/10.17148/IJARCCE.2016.5682>
- Harris, D. R., & Fuller, D. Q. (2014). Agriculture: Definition and overview. In *Encyclopedia of Global Archaeology* (pp. 104–113). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0465-2_1061
- Madrugá Peláez, A., Estevez Pérez, A. A., López, R. S., Santana Ching, I., & García Algora, C. M. (2019). Red de Sensores Inalámbricos para la Adquisición de Datos en Casas de Cultivo. *Ingeniería*, 24(3), 224–234. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/reving/article/view/14437>
- Martínez Pérez, E. M., & López de Jiménez, R. E. (2021). Diseño de sistema multiplataforma innovador para el monitoreo y control de variables microambientales de un invernadero y una estación acuícola, aplicando e-Agricultura: propuesta para la Escuela Nacional de Agricultura, ENA. *ITCA Editores*. <http://www.redicces.org.sv:80/jspui/handle/10972/4334>

Ofori, M., & El-Gayar, O. (2021). Drivers and challenges of precision agriculture: A social media perspective. *Precision Agriculture*, 22(3), 1019–1044. Springer.
<https://doi.org/10.1007/s11119-020-09772-w>

APLICACIONES DEL MICROBIOMA DE *Parkinsonia aculeata* L. PARA LA PROMOCIÓN DEL DESARROLLO INICIAL DEL CULTIVO DEL MAÍZ

Argentel-Martínez Leandris^{1*}, Peñuelas-Rubio Ofelda¹, Herera-Seppulveda
Angélica¹, Leyva-Ponce José Aurelio¹, Uğur azizoğlu^{2,3}

¹Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Bácum, Sonora, México. ²Department of Crop and Animal Production, Safiye Cikrikcioglu Vocational College, Kayseri University, Kayseri, Turkey. ³Betül-Ziya Eren Genome and Stem Cell Research Center, Erciyes University, Kayseri, Turkey. Autor de correspondencia: oleinismora@gmail.com

RESUMEN

Recientemente el uso de bioestimulantes bacterianos promotores del desarrollo vegetal ha tenido un gran éxito por las bondades ecológicas y económicas que ofrecen. Basado en lo anterior, se tomaron rizobacterias asociadas al palo verde (*Parkinsonia aculeata* L.) para conformar un consorcio bacteriano como posible promotor del desarrollo en maíz. El objetivo del trabajo fue aplicar un consorcio bacteriano dual (Tratamiento 1) formado por *Enterobacter cloacae* y *Prestia megaterium* para verificar su contribución al desarrollo inicial del maíz (híbrido Hipopótamo). El consorcio se aplicó a los 10 días posteriores a la emergencia a una concentración de 10^7 CFU mL⁻¹ y un volumen de 5 mL planta⁻¹, usando suelo sin esterilizar. Se estableció un tratamiento control (T2) sin aplicación del consorcio. Se evaluaron las variables altura de las plantas, longitud y volumen de raíces, NDVI y acumulación de biomasa fresca y seca. Como resultado se obtuvo un incremento significativo en las variables del desarrollo, de un 21% en promedio respecto al control. El NDVI fue el de mayor respuesta cuando se aplicó el consorcio (0.66 respecto a 0.44 en T2). La investigación demuestra la efectividad del consorcio en la promoción del desarrollo inicial del maíz.

Palabras clave: consorcio dual, AIA, solubilización de fosfatos, NDVI, volumen de raíces

ABSTRACT

Recently, the use of bacterial biostimulants that promote plant growth has had great success due to its ecological and economic benefits. Based on the above, rhizobacteria associated with palo verde (*Parkinsonia aculeata* L.) to form bacterial consortia as possible growth promotor if maize. The objective of the work was to apply a dual bacterial consortium (Treatment 1) formed by *Enterobacter cloacae* and *Prestia megaterium* to verify their contribution to the initial growth of maize (hybrid: Hipopotamo). The consortia was applied 10 days after emergence at a concentration of 10^7 CFU mL⁻¹ and a volume of 5 mL plant⁻¹, using unsterilized soil. A control treatment (T2) was established without application of the consortium. The variables plant height, length and volume of roots, NDVI and fresh and dry biomass accumulation were evaluated. As a result, a significant increase in the development variables was obtained, of 21% on average with respect to the control treatment. The NDVI was the one with the greatest response when the consortium was applied (0.66 compared to 0.44 in T2). The research demonstrates the effectiveness of the consortium in for the initial plant growth promotion in maize.

Keywords: Dual consortium, AIA, phosphate solubilization, NDVI, root volume

INTRODUCCIÓN

Los biofertilizantes microbianos ya sean bacterias u hongos desempeñan un rol fundamental en la mejora de la fertilidad del suelo, su saneamiento ante la presencia de metales pesados, y la productividad de los cultivos (Narayanan y Ma, 2023). Su principal efecto es el incremento del crecimiento y su resistencia o tolerancia a diversos estreses bióticos y abióticos (Azizoglu et al., 2021). En el escenario actual de cambio climático, los avances en los métodos biotecnológicos son bastante prometedores, lo que ha llevado al desarrollo de estudios sobre la diversidad del microbioma del suelo y las interacciones entre plantas y microbios (Aqeel et al., 2023).

La exploración de las bondades microbiómicas en ecosistemas desérticos locales también puede tener una gran aplicación en la promoción del desarrollo de cultivos como el maíz cuya importancia en la alimentación humana y animal es

extraordinaria (Ureta et al., 2024). Ante los cambios climáticos pronosticados para el noroeste de México, la sequía extrema y el incremento de la salinidad en el complejo absorbente del suelo se hace necesario explorar alternativas ecológicas y sustentables de producción. Por esta razón se desarrolló una investigación para evaluar el efecto de un consorcio bacteriano dual, obtenido de la rizosfera de una planta regional semidesértica (*Parkinsonia aculeata* L.) en el desarrollo inicial del maíz, usando como modelo experimental cuatro híbridos, dos de ellos obtenidos regionalmente y dos híbridos comerciales actualmente utilizados en la producción regional de maíz en Sonora, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Conformación del consorcio bacteriano

Se utilizaron dos cepas de *Enterobacter cloacae* y *Prestia megaterium* aisladas de la rizosfera de *Parkinsonia aculeata* L. existente en la localidad de Bahía de Lobos, San Ignacio Río Muerto. Estas bacterias, de forma individual presentaron capacidad de síntesis de ácido indolacético (AIA), siderófitos y solubilización de fosfatos (solo *Enterobacter cloacae*), entre sus principales propiedades químicas.

Especie vegetal utilizada y tipo de suelo

Se utilizó el híbrido de maíz comercial Hipopótamo, liberado por la compañía ASGROW, Región pacífico Centro. Las semillas se sembraron en charolas de unicel de 128 cavidades rellenas con un suelo vertisol de las áreas de cultivo del Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Sonora, México.

Preparación del consorcio, Tratamientos y diseño experimental

Las cepas rizobianas crecieron en medio agarizado del tipo LB, siguiendo la metodología desarrollada por (Ibarra-Villareal et al., 2023). Las bacterias, previo estudio de compatibilidad, crecieron en agitación lenta a un pH del caldo nutritivo de 6,8 a una temperatura de 29 °C. El período de incubación de los rizobios se realizó según la dinámica de crecimiento de cada cepa, hasta su fase exponencial-estacionaria de 24-36 h (Blanco et al., 2018). Los inóculos se prepararon de forma mixta (proporción 1:1) con el cultivo de cada cepa mediante el conteo celular con una cámara de Neubauer a una concentración 10^7 CFU mL⁻¹ con una dosis

final de aplicación de 5mL por planta en el tratamiento uno. La densidad óptica del consorcio fue de 630 nm.

Se establecieron dos tratamientos: T1: plantas tratadas con el consorcio bacteriano dual, y T2: plantas sin la aplicación del consorcio. Estos tratamientos se aplicaron a los cuatro híbridos (sin tomar en cuenta los híbridos como fuentes de variación. Los tratamientos fueron distribuidos siguiendo un diseño experimental completamente aleatorizado con arreglo unifactorial. A las plantas del tratamiento sin aplicación del inóculo (T2) se les aplicó solamente agua destilada a similar volumen (15 mL). A ambos tratamientos, previo a la aplicación del consorcio (cinco días después de la emergencia) se les aplicó un fertirriego a base de una solución de Hoagland (Taiz y Zeiger, 2010).

Variables evaluadas y procesamiento estadístico

Se evaluaron las variables altura de las plantas (AP) (cm) y longitud del sistema radicular (LR) (cm), ambas, por método destructivo tomando como tamaño de muestra 10 plantas por cada repetición con un total de 30 plantas por tratamiento. El volumen de raíces (VR) se midió en función del incremento del volumen de agua destilada contenida en una probeta graduada de 50 ml, una vez lavadas las raíces e introducidas en el volumen inicial del agua. El Índice de Vegetación de Diferencia normalizada (NDVI) se midió con un dispositivo portátil de tipo Greenseeker (GreenSeeker™). Se realizaron 10 repeticiones en cada tratamiento. La acumulación de biomasa fresca (M_{Ft}) y seca (M_{St}) total de las plantas, se valuó a los 45 días después de la emergencia, se determinó el peso fresco de las plantas completas y transcurridas 72 horas de secado en horno a 75°C se volvieron a pesar hasta obtener la masa seca de las plantas.

Para el procesamiento estadístico se utilizó la distribución teórica de probabilidades *t-student* para niveles de significación del 5 % y 1%, para variables cuantitativas continuas con tamaño de muestra $n < 30$. Se utilizó para este análisis el paquete estadístico profesional ESTATISTICA, versión 14.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó un incremento en la altura de las plantas de los tres híbridos evaluados cuando se aplicó el consorcio dual de microorganismos (Cuadro 1). Este resultado alude a la factibilidad del uso de microorganismos con capacidad de promoción del desarrollo en las plántulas (Timofeeva et al., 2023).

Cuadro 1: variables del desarrollo de las plantas con y sin la aplicación del consorcio mibrobiano dual [AP: altura de las plantas; LR: longitud de las raíces; VR: volumen de raíces; t: valor calculado de *t-student*. P: probabilidad.

Tratamientos	Variables del desarrollo				
	AP (cm)	LR (cm)	VR (mm ³)	MFt (g)	MSt (g)
Con consorcio	14.90 ±0.61	8.61 ±0.09	7.42 ±0.08	13.36±0.07	6.22±0.06
Sin consorcio	11.57 ±1.27	10.36 ±0.15	5.14 ±0.15	8.69±0.12	5.49±0.05
t	17.3244	-33.5878	24.5097	110.6028	31.4723
p	0.00021	0.00027	0.00326	0.00011	0.00013
Significancia	**	**	**	**	*

* y ** representan diferencias significativas por *t-student* para $p < 0.05$ y $p < 0.01$, respectivamente.

La longitud y el volumen radicular también presentaron diferencias significativas, con un incremento de sus valores en el tratamiento donde se aplicó el consorcio. El mayor incremento de la longitud del sistema radicular en el tratamiento donde no se aplicó pudiera estar relacionado con la menor disponibilidad de nutrientes en el complejo absorbente del suelo, lo que propició incrementar el volumen de raíces para explorar más en el suelo en búsqueda de nutrientes.

Aunque en el tratamiento sin aplicación de consorcio existió mayor longitud de las raíces. El volumen radicular del tratamiento con aplicación fue mayor. Esto demuestra que las raíces presentaron mayor grosor y vigor radicular.

La acumulación de materias fresca y seca también presentó diferencias significativas (Cuadro 1), con un incremento en el tratamiento donde se aplicó el consorcio. Vargas-Martinez et al., (2023) reportaron incrementos del 15% en la

biomasa total del cultivo del tomate, con la aplicación de consorcios microbianos promotores del desarrollo.

El NDVI se incrementó en el tratamiento donde se aplicó el consorcio y este resultado demuestra un mejor vigor vegetal, resultado de la adecuada nutrición mineral y estatus hídrico en las plantas (Fig. 1).

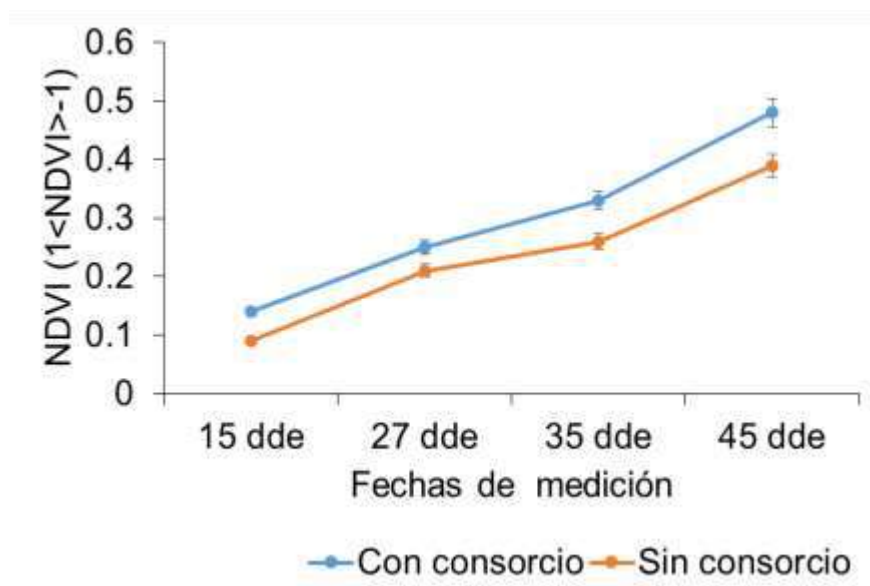


Figura 1: Variación del NDVI en diferentes fechas de medición en maíz tratados con consorcio microbiano dual y su respectivo control sin aplicación.

Estudios desarrollados por (Kaur et al., 2023) demostraron que las plantas de mijo tratadas con consorcio microbiano a base de bacterias solubilizadoras de fosfatos y productoras de AIA presentaron un incremento de las variables del desarrollo inicial del 7%, similar a lo obtenido en el presente estudio para las variables AP y MFt.

Múltiples estudios se han desarrollado en diferentes cultivos sobre el incremento del vigor vegetal de las plantas con la aplicación de consorcios microbianos. La medición del NDVI ha demostrado la capacidad benéfica de los consorcios microbianos en el desarrollo de las plantas, por ejemplo los resultados obtenidos por Ibarra-Villareal et al., (2023) en trigo, con un incremento del NDVI del 5% con el uso de bacterias productoras de AIA, respecto a cuando no se aplicó consorcio.

CONCLUSIÓN

El consorcio dual utilizado promovió el desarrollo inicial del maíz, híbrido Hipopótamo. El mayor aporte se observó en el incremento del NDVI demostrando su contribución al vigor vegetal y un mejor metabolismo nitrogenado en los primeros estadios del desarrollo.

LITERATURA CITADA

- Aqeel, M., Ran, J., Hu, W., Irshad, M. K., Dong, L., Akram, M. A., ... & Deng, J. (2023). Plant-soil-microbe interactions in maintaining ecosystem stability and coordinated turnover under changing environmental conditions. *Chemosphere*, 318, 137924.
- Azizoglu U, Yilmaz N, Simsek O, et al. The fate of plant growth-promoting rhizobacteria in soilless agriculture: future perspectives. 3 *Biotech*. 2021;11:1–13. Available from: <https://doi.org/10.1007/s13205-021-02941-2>.
- Ibarra-Villarreal, A. L., Villarreal-Delgado, M. F., Parra-Cota, F. I., Yopez, E. A., Guzmán, C., Gutierrez-Coronado, M. A., ... & Santos-Villalobos, S. D. L. (2023). Effect of a native bacterial consortium on growth, yield, and grain quality of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. durum) under different nitrogen rates in the Yaqui Valley, Mexico. *Plant Signaling & Behavior*, 18(1), 2219837.
- Kaur, T., Devi, R., Kumar, S., Kour, D., & Yadav, A. N. (2023). Plant growth promotion of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) by novel bacterial consortium with multifunctional attributes. *Biologia*, 78(2), 621-631.
- Narayanan, M., & Ma, Y. (2023). Mitigation of heavy metal stress in the soil through optimized interaction between plants and microbes. *Journal of Environmental Management*, 345, 118732.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2010. *Plant Physiology*. Sinauer. Sunderland, MA, USA. 623 p.
- Timofeeva, A. M., Galyamova, M. R., & Sedykh, S. E. (2023). Plant Growth-Promoting Bacteria of Soil: Designing of Consortia Beneficial for Crop Production. *Microorganisms*, 11(12), 2864.

- Ureta, C., González, E. J., Piñeyro-Nelson, A., Couturier, S., González-Ortega, E., & Álvarez-Buylla, E. R. (2023). A data mining approach gives insights of causes related to the ongoing transgene presence in Mexican native maize populations. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 47(2), 188-211.
- Vargas-Martínez, G., Betancourt-Galindo, R., Juárez-Maldonado, A., Sandoval-Rangel, M. S. V. A., & López, A. M. (2023). Impacto de NPsZnO y microorganismos rizosféricos en el crecimiento y biomasa del tomate. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 26(010).

ÁREAS CON POTENCIAL DE ADAPTACIÓN DE CANELA (*Cinnamomum verum* J. Presl) EN LA HUASTECA HIDALGUENSE

Francisco Paúl Gámez Vázquez¹, Jesús Hernández Ruiz², Juan José García Rodríguez¹, Juan Vargas Hernández³, Héctor Guillermo Gámez Vázquez³ y Alfredo Josué Gámez Vázquez^{1*}

¹ INIFAP, Campo Experimental Bajío, Km 6.5 Carr. Celaya – San Miguel de Allende, C.P. 38010, Roque, Celaya, Guanajuato. ² Universidad de Guanajuato, División de Ciencias de la Vida, Km 9 carretera Irapuato – Silao, ExHda. El Copal, Irapuato, Guanajuato, C.P. 36500, México. ³INIFAP, Campo Experimental San Luis. Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, C.P. 78431. San Luis Potosí S.L.P., México.* Autor de correspondencia: gomez.josue@inifap.gob.mx

RESUMEN

En la huasteca hidalguense y derivado de los problemas de plagas y enfermedades como broca, roya del cafeto, y el denominado dragón amarillo en cítricos y de mercado con precios deprimidos en café y cítricos, se requieren cultivos de alternativa para complementar los ingresos del productor y mejorar la rentabilidad de cada parcela. El cultivo de la canela es una buena opción tecnológica ya que México es de los principales importadores de esta. Con el objetivo de identificar las zonas con mayor potencial de producción de canela en cuatro municipios de la huasteca y con el procesamiento de sistemas de información geográfica se empleó el modelo de distribución espacial de especies para generar mapas de idoneidad de hábitat o hábitat potencial. Se geolocalizaron huertos y plantas de traspaso en cuatro municipios para lo cual se incluyeron 22 variables bioclimáticas con una resolución espacial de 0.5 minutos de arco, 120 m de resolución en datos de elevación y con una escala de 1: 1000000 de formato vectorial en el régimen de humedad y uso del suelo y vegetación. Se identificaron áreas con muy baja, baja, media y alta productividad para el cultivo, cuyas principales características de estas últimas son la presencia de un clima semicálido húmedo, con un promedio anual de 18 °C, con 18 °C en el mes más frío, 22 °C de promedio en el mes más caliente, precipitaciones anuales mayores a 500 mm, 40 mm en el mes más seco, con lluvias en verano y al menos 10.2 % de lluvia invernal con respecto a la total anual. Se

concluye que existen condiciones adecuadas para la producción de canela en la región, por lo que es una alternativa para generar empleos, mayores ingresos y rentabilidad parcelaria.

Palabras clave: SIG, potencial productivo, cultivo de alternativa, Hidalgo.

ABSTRACT

In the Huasteca region of Hidalgo, due to phytosanitary problems and economics in coffee and citrus, alternative crops are required to complement the producer's income and improve the profitability of each plot. Cinnamon cultivation is a good technological option since Mexico is one of the main importers of this. In order to identify the areas with the greatest potential for cinnamon production in four municipalities of the Huasteca region and with the processing of geographic information systems, the spatial distribution model of species was used to generate maps of habitat suitability or potential habitat. Orchards and backyard plants were geolocated in four municipalities for which 22 bioclimatic variables were included with a spatial resolution of 0.5 arc minutes, 120 m resolution in elevation data and with a scale of 1: 1000000 in vector format in the humidity and land use regime and vegetation. Areas with very low, low, medium and high productivity for the crop were identified, the main characteristics of which are the presence of a humid semi-warm climate, with an annual average of 18 °C, with 18 °C in the coldest month, 22 °C on average in the hottest month, annual rainfall greater than 500 mm, 40 mm in the driest month, with rain in summer and at least 10.2 % of winter rainfall with respect to the total annual rainfall. It is concluded that there are adequate conditions for cinnamon production in the region, making it an alternative to generate jobs, higher income and land profitability.

Keywords: GIS, productive potential, alternative cultivation, Hidalgo

INTRODUCCIÓN

Derivado de los problemas de plagas y enfermedades como broca, roya del cafeto, y el denominado dragón amarillo en cítricos y de mercado con precios deprimidos que se presentan en los cultivos de café y cítricos, en las regiones tropicales se han implementado estrategias para buscar opciones con cultivos alternativos, los cuales son aquellos que pueden sustituir o complementar a los cultivos tradicionales, y que pueden ser una oportunidad para mejorar la rentabilidad del campo y el ingreso de los productores. La canela (*Cinnamomum verum J. Presl*) es una especia de uso milenario por los hombres. En el antiguo testamento en la biblia, ya se hace mención a ella. También era utilizada por los egipcios desde el año 3000 A. C. México es uno de los principales países importadores de canela a nivel mundial. En el año 2020, el valor de las importaciones mexicanas de canela superó los 80 millones de dólares. Ello a pesar de que en las regiones tropicales de México existen las condiciones de clima y suelo apropiados para el cultivo de esta especia, y cuya producción posibilita abastecer la demanda interna. A México fue introducida al Campo Experimental El Palmar, en el estado de Veracruz, en el año 1961 (INIFAP, 2024). En 2022, México importó \$87,7M en Canela y flores de canelero, convirtiéndose en el importador número 3 de Canela y flores de canelero en el mundo. En el mismo año, fue el producto número 513 más importado en México. Las importaciones provienen principalmente de: Sri Lanka (\$80M), Estados Unidos (\$3,91M), Vietnam (\$3,18M), Guatemala (\$186k), y Alemania (\$120k) (Secretaría Economía, 2023). El cultivo de la canela se puede realizar en las áreas tropicales, hasta 600 m de altitud, con precipitaciones de 1,800 a 4000 mm anuales, temperatura media anual de 24 a 30°C, en suelos aluviales areno-arcillosos o arcillo-arenosos, profundos, ricos en materia orgánica y buen drenaje (INIFAP, 2024).

MATERIALES Y METODOS

El trabajo inicio ubicando plantas en huertas o traspatios en la huasteca Hidalguense, se realizó el geo posicionamiento de los sitios, el concepto se apoyó con las plantaciones realizadas por el programa sembrando vida y por iniciativa de los productores, se ubicaron 21 sitios de 10 localidades de 4 municipios, se

consideraron plantas en desarrollo y con buena adaptación en función de la altura de planta y desarrollo vegetativo.

Modelado de distribución. La distribución potencial del canelero se modeló con base en los registros conocidos, mediante la aplicación del programa MaxEnt versión 3.4.1 (Hernández-Ruiz et al., 2024, Phillips *et al.*, 2024), se modeló la idoneidad ambiental de canela, utilizando 22 variables como predictores (Cuadro 1); siguiendo la metodología propuesta por Nolasco-García *et al.* (2023). 19 variables bioclimáticas fueron obtenidas de la base de datos WorldClim (www.worldclim.org) con una resolución espacial de 0.5 minutos de arco. Los datos digitales de elevación (120 m de resolución) se obtuvieron del portal continuo de elevaciones mexicano (INEGI, 2022) Las capas en formato vectorial escala de 1:1000000 de régimen de humedad del suelo y uso de suelo y vegetación se obtuvieron de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (SIG CONABIO, 2023).

Tabla 1. Variables ambientales y bioclimáticas utilizadas para determinar la distribución potencial de *Passiflora edulis*

Código	Descripción de variable	Unidades
Bio1	Temperatura promedio anual	°C
Bio2	Oscilación diurna de la temperatura	°C
Bio3	Isotermalidad	Adimensionales
Bio4	Estacionalidad de la temperatura	CV
Bio5	Temperatura máxima promedio del periodo más cálido	°C
Bio6	Temperatura mínima promedio del periodo más frío	°C
Bio7	Oscilación anual de la temperatura	°C
Bio8	Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso	°C
Bio9	Temperatura promedio del cuatrimestre más seco	°C
Bio10	Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido	°C
Bio11	Temperatura promedio del cuatrimestre más frío	°C
Bio12	Precipitación anual	mm
Bio13	Precipitación del periodo más lluvioso	mm
Bio14	Precipitación del periodo más seco	mm
Bio15	Estacionalidad de la precipitación	CV
Bio16	Precipitación del cuatrimestre más lluvioso	mm
Bio17	Precipitación del cuatrimestre más seco	mm
Bio18	Precipitación del cuatrimestre más cálido	mm
Bio19	Precipitación del cuatrimestre más frío	mm
Bio20	Altitud	m
Bio21	Régimen de Humedad del suelo	días
Bio22	Cobertura del suelo	23 tipos
Bio23	Tipo de suelo	19 tipos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los criterios empleados en función de los datos obtenidos de las variables de clima y suelo disponibles, se obtuvo el mapa de idoneidad para el desarrollo del cultivo de Canela, estas localidades se ubican al noreste del estado de Hidalgo, colindantes con los estados de Veracruz y San Luis Potosí, principalmente en los municipios de Huautla, Yahualica, Atlapexco (Figura 1). Esta diferenciación de áreas con potencial se obtiene donde las condiciones de clima son: Semicálido húmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C, con precipitación anual mayor de 500 mm y precipitación del mes más seco mayor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual. Esta definición de áreas da mayor certeza a lo descrito por el INIFAP en 2024, lo que contribuye a disminuir riesgos en la inversión necesaria para establecer el cultivo

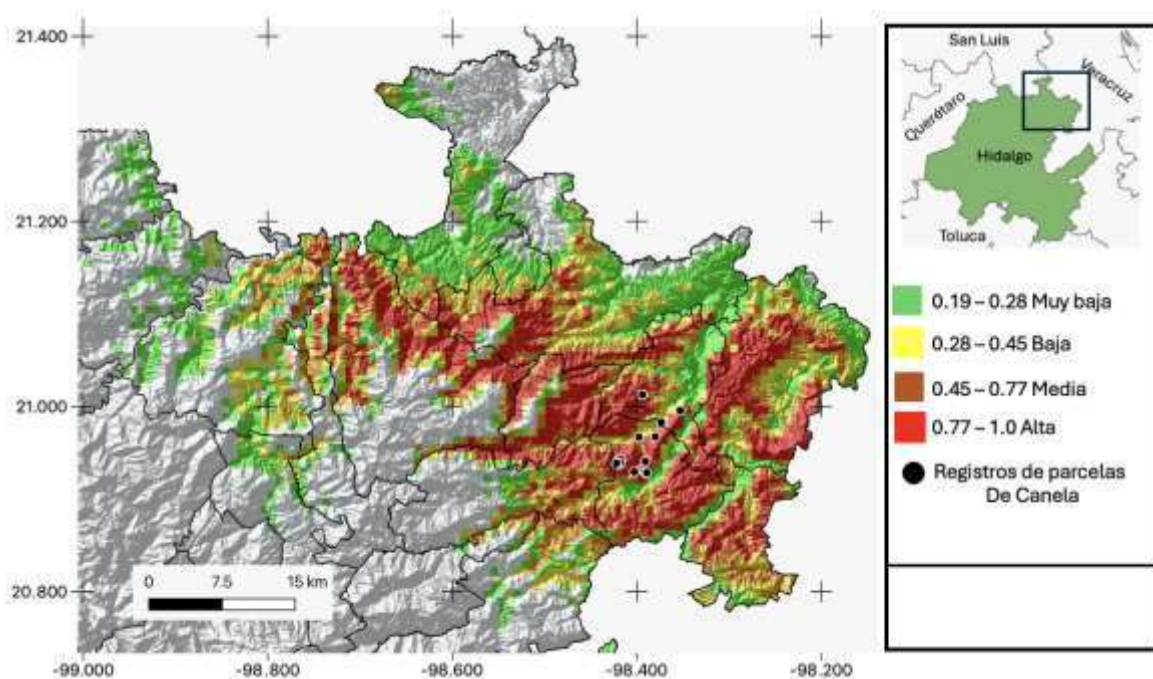


Figura 1. Áreas potenciales para el establecimiento de Canela (*Cinnamomum verum* J. Presl) en el estado de Hidalgo.

AGRADECIMIENTOS

A los compañeros técnicos y productores del programa sembrando vida de los municipios de la huasteca– sierra de Hidalgo, por su colaboración para desarrollar este documento.

CONCLUSIONES

Se identificaron áreas con características similares a las condiciones donde se desarrolla el cultivo de Canela lo cual implica menores riesgos para su establecimiento y producción con la consecuente generación de empleo, ingresos y rentabilidad.

LITERATURA CITADA

- Conti, L., Iacobelli, S., Sottili, C., and Taiariol, P.L., (2022). Analysis of the Rook (*Corvus frugilegus*) wintering population in the Friuli Venezia Giulia region (Italy) using maximum entropy models. *Rivista Italiana di Ornitologia*, [online] (92), pp.7-20. <https://doi.org/10.4081/rio.2022.564>
- González-Adán, M.D.L.Á., Jiménez-Sierra, C.L., Hernández-Cárdenas, R.A., Serrato-Díaz, A., Calderón Contreras, R. and Martínez-Adriano, C.A., (2022). Inventario de las Angiospermas de San Miguel Tolimán, Querétaro, México. *Botanical Sciences*, [online] 100(3), pp.710–728. <https://doi.org/10.17129/botsci.2948>
- Hernández-Ruiz, J., Herrera-Cabrera, B.E., Delgado-Alvarado, A., Salazar-Rojas, V.M., Bustamante-González, Á., Campos-Contreras, J.E. and Ramírez-Juárez, J., (2016). Potential distribution and geographic characteristics of wild populations of *Vanilla planifolia* (Orchidaceae) Oaxaca, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, [online] 64(1), p.235. <https://doi.org/10.15517/rbt.v64i1.17854>
- Hernández-Ruiz, J., Mireles-Arriaga, A. I., & Ruiz-Nieto, J. E. (2024). Habitat suitability and domestication stages of *Helianthus longipes* (Asteraceae: Heliantheae). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 27(3). <http://www.siap.gob.mx/> Consultado el 15 de agosto de 2024.

- INEGI. (2022). Continuo de elevaciones mexicano 3.0 (CEM 3.0). <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>. Consultado el 24 de marzo de 2024.
- INIFAP (2024). Cultivo de canela en huertos familiares y plantaciones comerciales disponible en <https://www.gob.mx/inifap/es/articulos/cultivo-de-canela-en-huertos-familiares-y-plantaciones-comerciales> consultado el 17 de septiembre de 2024
- Juárez-García, R.A., Sanzón-Gómez, D., Ramírez-Santoyo, L.F., Ruiz-Nieto, J.E., González-Castañeda, J. and Hernández-Ruiz, J., (2021). Áreas geográficas susceptibles a *Fusarium oxysporum* en el cultivo de fresa en Guanajuato, México. *Bioagro*, 33(1), pp.51-58.
- Nolasco-García, L.I., Marín-León, J.L., Mireles-Arriaga, A.I., Ruiz-Nieto, J.E. and Hernández-Ruiz, J., (2023). Áreas geográficas susceptibles al virus rugoso del tomate (ToBRFV) en Guanajuato, México. *Bioagro*, 35(1), pp.13-20.
- Phillips, S. J., Miroslav Dudík, Robert E. Schapire., (2024). Software Maxent software for modeling species niches and distributions (Versión 3.4.1). Disponible en la URL: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/ Consultado el 24 de marzo de 2024.
- Secretaría de Economía (2023) Canela y flores de canelero. Disponible en [https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/product/cinnamon-and-cinnamon-tree-flowers?redirect=true#:~:text=En%202023%2C%20las%20entidades%20federativas%20con%20mayores%20compras%20internacionales%20en,Madagascar%20\(US\\$86.5k\)](https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/product/cinnamon-and-cinnamon-tree-flowers?redirect=true#:~:text=En%202023%2C%20las%20entidades%20federativas%20con%20mayores%20compras%20internacionales%20en,Madagascar%20(US$86.5k)). Consultado el 17 de septiembre de 2024.
- SIAP, (2022). Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/>
- SIG CONABIO (2023). <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (Consultado el 24 de marzo de 2024)
- Tang, X., Yuan, Y., Li, X. and Zhang, J., (2021). Maximum entropy modeling to predict the impact of climate change on pine wilt disease in china. *Frontiers*

in Plant Science, [online] 12, p.652500.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2021.652500>

ÁREAS CON POTENCIAL DE ADAPTACIÓN DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*) EN LA HUASTECA HIDALGUENSE

Francisco Paúl Gámez Vázquez¹, Jesús Hernández Ruiz², Juan José García Rodríguez¹, Juan Vargas Hernández³, Héctor Guillermo Gámez Vázquez³ y Alfredo Josué Gámez Vázquez^{1*}

¹ INIFAP, Campo Experimental Bajío, Km 6.5 Carr. Celaya – San Miguel de Allende, C.P. 38010, Roque, Celaya, Guanajuato. ² Universidad de Guanajuato, División de Ciencias de la Vida, Km 9 carretera Irapuato – Silao, ExHda. El Copal, Irapuato, Guanajuato, C.P. 36500, México ³INIFAP, Campo Experimental San Luis. Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, C.P. 78431. San Luis Potosí S.L.P., México. * Autor de correspondencia gomez.josue@inifap.gob.mx

RESUMEN

En la huasteca hidalguense debido a los problemas fitosanitarios en café y cítricos, se requieren cultivos de alternativa para complementar los ingresos del productor y mejorar la rentabilidad de cada parcela. Por sus fechas de cosecha y valor de los frutos, el maracuyá es una buena opción tecnológica. Con el objetivo de identificar las zonas con mayor potencial de producción de maracuyá en cuatro municipios de la huasteca y con el procesamiento de sistemas de información geográfica (SIG) se empleó el modelo de distribución espacial de especies, para generar mapas de idoneidad de hábitat o hábitat potencial. Se geolocalizaron huertos y plantas de traspatio en cuatro municipios para lo cual se incluyeron 19 variables bioclimáticas con una resolución espacial de 0.5 minutos de arco, 120 m de resolución en datos de elevación y con una escala de 1: 1000000 de formato vectorial en el régimen de humedad y uso del suelo y vegetación. Se identificaron áreas con muy baja, baja, media y alta productividad para el cultivo, cuyas principales características de estas últimas son la presencia de un clima cálido húmedo, con un promedio anual de 22 °C, con 18 °C en el mes más frío, precipitaciones menores a 60 mm en el mes más seco, con lluvias en verano y al menos 10.2 % de lluvia invernal con respecto a la total anual. Se concluye que existen condiciones adecuadas para la producción de maracuyá en la región, por lo que es una alternativa para generar empleos, mayores ingresos y rentabilidad parcelaria.

Palabras clave: SIG, potencial productivo, cultivo de alternativa, Hidalgo.

ABSTRACT

In the Huasteca region of Hidalgo, due to phytosanitary problems in coffee and citrus, alternative crops are required to complement the producer's income and improve the profitability of each plot. Due to its harvest dates and fruit value, passion fruit is a good technological option. In order to identify the areas with the greatest potential for passion fruit production in four municipalities of the Huasteca region and with the processing of geographic information systems (GIS), the spatial distribution model of species was used to generate maps of habitat suitability or potential habitat. Orchards and backyard plants were geolocated in four municipalities for which 19 bioclimatic variables were included with a spatial resolution of 0.5 arc minutes, 120 m resolution in elevation data and with a scale of 1: 1000000 in vector format in the humidity and land use regime and vegetation. Areas with very low, low, medium and high productivity for the crop were identified, the main characteristics of which are the presence of a warm humid climate, with an annual average of 22 °C, with 18 °C in the coldest month, rainfall less than 60 mm in the driest month, with rain in summer and at least 10.2 % of winter rainfall with respect to the annual total. It is concluded that there are adequate conditions for passion fruit production in the region, making it an alternative to generate jobs, higher income and land profitability.

Keywords: GIS, productive potential, alternative cultivation, Hidalgo.

INTRODUCCIÓN

Derivado de los problemas fitosanitarios y de mercado que se presentan en los cultivos de café y cítricos, en las regiones tropicales se han implementado estrategias para buscar opciones con cultivos alternativos, los cuales son aquellos que pueden sustituir o complementar a los cultivos tradicionales, y que pueden ser una oportunidad para mejorar la rentabilidad del campo y el ingreso de los productores. La pasionaria o maracuyá, es una planta trepadora, leñosa, perenne y con buena adaptación propia de Sudamérica y Centroamérica; específicamente, se considera nativa de Brasil, pertenece al género *Passiflora* y su fruto es comestible,

siendo este de color amarillo, anaranjado o morado, también se le conoce como fruta de la pasión, parchita, calala o chinola. De este cultivo se tienen registradas 577.5 ha en México destacando el estado de Veracruz con el 92.7 % de la superficie total, Nayarit con el 5.2 %, Jalisco 1.2 % y Guerrero con el 0.9 %, (SIAP 2022); sin embargo, existen plantas en huertos y traspatios en muchos estados de la república con rangos de precipitación, temperatura y muy amplia diversidad de suelos. En el estado de Hidalgo se tienen referencias de su introducción en 1994, sin embargo, el cultivo se ha desarrollado en traspatios y con mínimo manejo agronómico, por su adaptación, fechas de cosecha y valor de los frutos que se registra en mercados locales es una muy buena opción productiva. Este trabajo se desarrolló con el objetivo de determinar las áreas con mayor probabilidad de adaptación de esta especie en la huasteca hidalguense.

Para realizarlo se tomaron criterios desarrollados con sistemas de información geográfica, los cuales para entender la idoneidad del hábitat podrían ofrecer una visión detallada de los requisitos ecológicos de la especie, facilitando así el diseño de estrategias de conservación (González-Adán *et al.*, 2022). Uno de los modelos más eficientes en la predicción de distribución espacial de especies es el modelo Maxent (Tang *et al.*, 2021), el cual puede combinar análisis de los patrones espaciales de presencia y ausencia de especies que se utilizan comúnmente en los modelos de distribución de especies (Hernández-Ruiz *et al.*, 2016). Bajo la premisa de que la probabilidad de presencia es una interpretación del valor de idoneidad ambiental para el desarrollo favorable de una especie (Juárez-García *et al.*, 2021; Conti *et al.*, 2022). En la bibliografía científica estos modelos han recibido denominaciones diferentes en función de su interpretación. Por ejemplo, modelos de nicho (niche models), modelos de idoneidad (suitability models) o modelos predictivos del hábitat (predictive habitat distribution models). Últimamente se están unificando criterios y el término más frecuentemente utilizado es "modelos de distribución de especies" (species distribution models) que se reflejan cartográficamente en un mapa de idoneidad de hábitat o de hábitat potencial (habitat suitability maps).

MATERIALES Y METODOS

Se inició con la geolocalización de plantas en huertos y/o traspatios de la zona de interés, a partir de las plantaciones realizadas por el programa sembrando vida y por iniciativa de los productores, de las cuales se identificaron 16 sitios de 9 localidades de cuatro municipios, se consideraron plantas en producción y con buena adaptación.

Modelado de distribución. Se modeló la distribución potencial del maracuyá con base en los registros conocidos. Siguiendo la metodología de Hernandez-Ruiz *et al.*, 2024, mediante la aplicación del programa MaxEnt versión 3.4.1 (Phillips *et al.*, 2024), se modeló la idoneidad ambiental de *Passiflora edulis*, utilizando 22 variables como predictores (Cuadro 1); siguiendo la metodología de Nolasco-García *et al.* (2023) 19 variables bioclimáticas fueron obtenidas de la base de datos WorldClim (www.worldclim.org) con una resolución espacial de 0.5 minutos de arco. Los datos digitales de elevación (120 m de resolución) se obtuvieron del portal continuo de elevaciones mexicano (INEGI, 2022) Las capas en formato vectorial escala de 1:1000000 de régimen de humedad del suelo y uso de suelo y vegetación se obtuvieron de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (SIG CONABIO, 2023).

Tabla 1. Variables ambientales y bioclimáticas utilizadas para determinar la distribución potencial de *Passiflora edulis*

Código	Descripción de variable	Unidades
Bio1	Temperatura promedio anual	°C
Bio2	Oscilación diurna de la temperatura	°C
Bio3	Isotermalidad	Adimensionales
Bio4	Estacionalidad de la temperatura	CV
Bio5	Temperatura máxima promedio del periodo más cálido	°C
Bio6	Temperatura mínima promedio del periodo más frío	°C
Bio7	Oscilación anual de la temperatura	°C
Bio8	Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso	°C
Bio9	Temperatura promedio del cuatrimestre más seco	°C
Bio10	Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido	°C
Bio11	Temperatura promedio del cuatrimestre más frío	°C
Bio12	Precipitación anual	mm
Bio13	Precipitación del periodo más lluvioso	mm
Bio14	Precipitación del periodo más seco	mm
Bio15	Estacionalidad de la precipitación	CV

Código	Descripción de variable	Unidades
Bio16	Precipitación del cuatrimestre más lluvioso	mm
Bio17	Precipitación del cuatrimestre más seco	mm
Bio18	Precipitación del cuatrimestre más cálido	mm
Bio19	Precipitación del cuatrimestre más frío	mm
Bio20	Altitud	m
Bio21	Régimen de Humedad del suelo	días
Bio22	Cobertura del suelo	23 tipos
Bio23	Tipo de suelo	19 tipos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las zonas con mayor probabilidad para el óptimo desarrollo del cultivo de Maracuyá se ubican al noreste del estado principalmente en los municipios de San Felipe Orizatlán, Tlanchinol, Huejutla de Reyes, Atlapexco, y Huazalingo (Figura 1). Donde las características ambientales son principalmente Cálido húmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, con precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual.

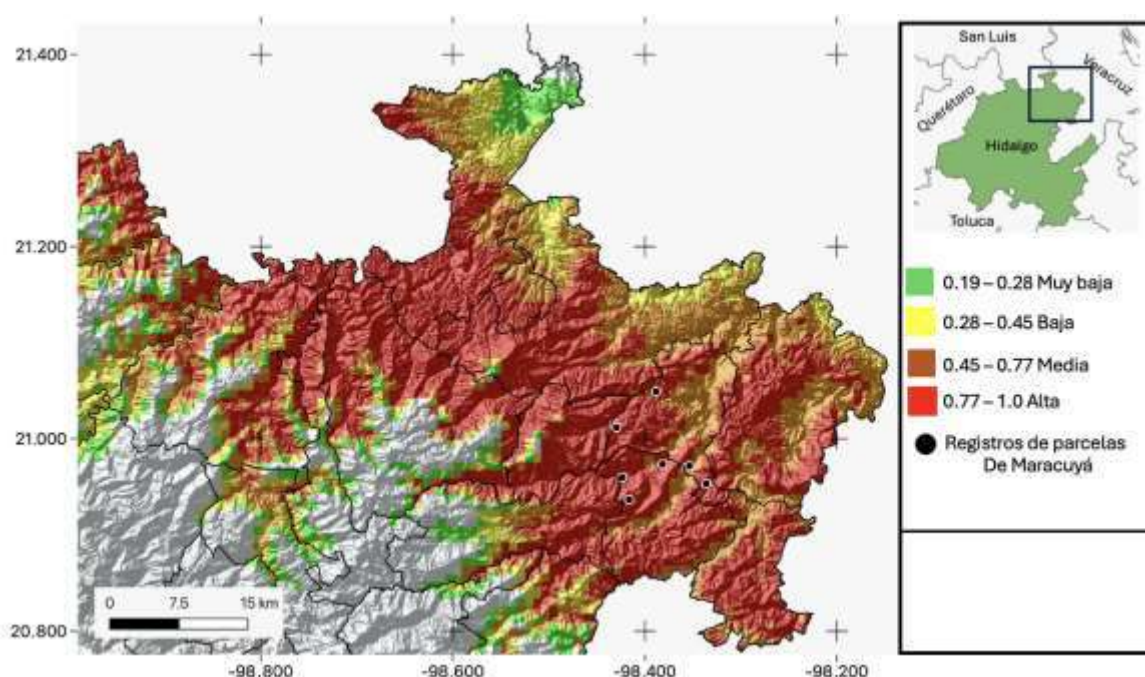


Figura 1. Áreas potenciales para el establecimiento de Maracuyá en el estado de Hidalgo.

AGRADECIMIENTOS

A los compañeros del programa sembrando vida de los municipios de la huasteca–sierra de Hidalgo, por su colaboración para desarrollar este documento.

CONCLUSIONES

Existen condiciones edafoclimáticas para la producción de Maracuyá en el estado de Hidalgo, la cual es una excelente alternativa de generación de empleo, ingresos y rentabilidad.

LITERATURA CITADA

- Conti, L., Iacobelli, S., Sottili, C., and Taiariol, P.L., 2022. Analysis of the Rook (*Corvus frugilegus*) wintering population in the Friuli Venezia Giulia region (Italy) using maximum entropy models. *Rivista Italiana di Ornitologia*, [online] (92), pp.7-20. <https://doi.org/10.4081/rio.2022.564>
- González-Adán, M.D.L.Á., Jimenez-Sierra, C.L., Hernández-Cárdenas, R.A., Serrato-Díaz, A., Calderón Contreras, R. and Martínez-Adriano, C.A., 2022. Inventario de las Angiospermas de San Miguel Tolimán, Querétaro, México. *Botanical Sciences*, [online] 100(3), pp.710–728. <https://doi.org/10.17129/botsci.2948>
- Hernández-Ruiz, J., Herrera-Cabrera, B.E., Delgado-Alvarado, A., Salazar-Rojas, V.M., Bustamante-Gonzalez, Á., Campos-Contreras, J.E. and Ramírez-Juarez, J., 2016. Potential distribution and geographic characteristics of wild populations of *Vanilla planifolia* (Orchidaceae) Oaxaca, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, [online] 64(1), p.235. <https://doi.org/10.15517/rbt.v64i1.17854>
- INEGI. 2022. Continuo de elevaciones mexicano 3.0 (CEM 3.0). <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/> Consultado el 24 de marzo de 2024.

- Juárez-García, R.A., Sanzón-Gómez, D., Ramírez-Santoyo, L.F., Ruiz-Nieto, J.E., González-Castañeda, J. and Hernández-Ruíz, J., 2021. Áreas geográficas susceptibles a *Fusarium oxysporum* en el cultivo de fresa en Guanajuato, México. *Bioagro*, 33(1), pp.51-58.
- Nolasco-García, L.I., Marín-León, J.L., Mireles-Arriaga, A.I., Ruiz-Nieto, J.E. and Hernández-Ruíz, J., 2023. Áreas geográficas susceptibles al virus rugoso del tomate (ToBRFV) en Guanajuato, México. *Bioagro*, 35(1), pp.13-20.
- Phillips, S. J., Miroslav Dudík, Robert E. Schapire., 2024. Software Maxent software for modeling species niches and distributions (Versión 3.4.1). Disponible en la URL: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/ Consultado el 24 de marzo de 2024.
- SIAP, 2022. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/> Consultado el 15 de agosto de 2024.
- SIG CONABIO 2023. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (Consultado el 24 de marzo de 2024)
- Tang, X., Yuan, Y., Li, X. and Zhang, J., 2021. Maximum entropy modeling to predict the impact of climate change on pine wilt disease in china. *Frontiers in Plant Science*, [online] 12, p.652500. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.652500>

AVANCES DEL MEJORAMIENTO GENETICO DE UNA POBLACION DE MAIZ (*Zea mays* L.) CRIOLLO DE LA RAZA TUXPEÑO

Isaac Meneses-Márquez^{1*}, Enedina Sánchez-González², Eloy Meneses-Márquez², Juan Manuel García-Toral², Santiago Domínguez-Monge³ y Rosi Edith Santes-Olmedo²

^{1*}Investigador, Campo Experimental Cotaxtla - INIFAP, ^{2*}Técnico Programa Producción para el Bienestar-Región 18, SADER, ³Investigador, Campo Experimental Ixtacuaco - INIFAP. *Autor de correspondencia: meneses.isaac@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es determinar la ganancia genética en características de mazorca y semilla al realizar la selección masal visual estratificada en una población de maíz nativo, Este trabajo se llevó a cabo en la localidad de Ojite de Matamoros, del municipio de Coxquihui, Veracruz, durante los años 2021, 2022, 2023 y 2024, en la parcela de un productor innovador participante en el Programa Producción para el Bienestar de la Secretaría de Agricultura (SADER) en el marco de la Estrategia de Acompañamiento Técnico. Se han realizado cinco ciclos de selección masal visual estratifica, con manejo del cultivo bajo un paquete de transición agroecológica. Los resultados obtenidos por la implementación del proceso de mejoramiento genético mediante la selección masal visual estratificada en la población de maíz nativo de amplia base genética, han sido favorables en los caracteres de mayor impacto en el rendimiento del cultivo. Se han presentado cambios favorables para la longitud y diámetro de mazorca, en este caso de acuerdo con la ecuación de regresión el valor de ganancia de la selección es de 0.27 unidades por cada ciclo. La ganancia genética por cada ciclo de selección para semilla útil por mazorca ha sido de 7 unidades y en el mismo tenor la selección ha permitido disminuir el peso de semilla de los extremos de la mazorca en aproximadamente 4 g por cada ciclo de selección.

Palabras clave: *diversidad genética, avance genético, agricultura ecológica, transición agroecológica, maíz criollo*

ABSTRACT

To determine the genetic gain in ear and seed characteristics by performing stratified visual mass selection in a population of native corn was the objective of this work. This work was carried out in Ojite de Matamoros Coxquihui, Veracruz, during the years 2021, 2022, 2023 and 2024, on the plot of an innovative producer participating in the Production for Well-being Program of the Ministry of Agriculture (SADER) within the framework of the Technical Support Strategy. Five cycles of stratified visual mass selection have been carried out, with crop management under an agroecological transition package. The results obtained by the implementation of the genetic improvement process through stratified visual mass selection in the native corn population with a broad genetic base have been favorable in the characters with the greatest impact on crop yield. Favorable changes have been presented for the length and diameter of the cob, in this case according to the regression equation the value of selection gain is 0.27 units for each cycle. The genetic gain for each selection cycle for useful seed per ear has been 7 units and in the same vein, selection has allowed the seed weight of the ends of the ear to be reduced by approximately 4 g for each selection cycle.

Key words: *Genetic diversity, genetic gain, ecological agricultura, agroecological transition, landrace*

INTRODUCCIÓN

En la región Golfo Centro que comprende los estados de Veracruz, Puebla y Tabasco el rendimiento medio por hectárea es de 1.84 toneladas. Del total de la superficie sembrada, el 80% se siembra durante el ciclo primavera-verano en condiciones de temporal y 20% en el ciclo otoño-invierno en condiciones de tonalmil, que se logra con la humedad residual del temporal y las lluvias ocasionadas por los vientos denominados “nortes”, sobre todo en las regiones norte y sur de Veracruz, oriente de Puebla y estado de Tabasco (Sierra *et al.*, 2012). Estos rendimientos de maíz generalmente se ven afectados por varios factores, entre alguno de ellos es el tipo de suelo donde se desarrolla el cultivo, dado que, en suelos de la región de centro de Veracruz, en evaluación de materiales se logra tener rendimientos de

hasta 7 toneladas por hectárea, en el sur esto se disminuye hasta 2.7 toneladas (Sierra *et al.*, 2009). No obstante, la media potencial de rendimiento para el estado de Veracruz es de 4 toneladas (Cumpian, 2009).

González *et al.*, 2020, señalan que, para mitigar el impacto de la agricultura en el ambiente, se requiere de la aplicación de técnicas agroecológicas, que desarrollen una explotación amigable para el ambiente y donde el proceso de producción del maíz sea estable y no ser opuesto al desarrollo sustentable de la producción agrícola. Es decir, se busca la optimización del sistema mediante las interacciones de los componentes bióticos y abióticos (Altieri, 1994).

En ese sentido, hay un campo fértil tanto para implementar estrategias de producción con enfoque de bajo impacto ambiental, así como buscar la mejora de las poblaciones de maíz nativo y mediante el proceso de mejoramiento genético se busca aprovechar toda esa amplia diversidad presente en la población y considerando que los productores de generación en generación han venido realizando selección masal, se determinó implementar la Selección Masal Visual Estratificada de acuerdo a lo propuesto por Aragón y Espinoza (2008). Con base en lo anterior los objetivos del trabajo fueron:

1. Determinar los cambios en las características de mazorca y grano en una población de maíz nativo por efecto de cinco ciclos de selección masal visual estratificada.
2. Determinar la ganancia genética en características de mazorca y grano en una población de maíz nativo por efecto de cinco ciclos de selección masal visual estratificada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se llevó a cabo en la localidad de Ojite de Matamoros, perteneciente al municipio de Coxquihui, Veracruz, desde el 2021 hasta 2024, en la parcela de un productor innovador que participa en el Programa Producción para el Bienestar de la Secretaría de Agricultura (SADER) en el marco de la Estrategia de

Acompañamiento Técnico. Esta localidad está a una altitud de 73 m y presenta un clima cálido húmedo, con lluvias en verano y una precipitación anual de 1650 mm (García, 1988).

El material vegetal fue una población de maíz nativo de la raza tuxpeño, de grano blanco, dentado y la producción obtenida se destina para autoconsumo y el excedente se vende en el mercado municipal de Coyutla, Ver. También se realiza el aprovechamiento del totomoxtle el cual representa un mayor ingreso económico en comparación con la venta del grano. En la población se implementó un Plan de Transición Agroecológica (PTA) por lo que el manejo agronómico del cultivo fue de bajo impacto ambiental y se incluyó a la Selección Masal Visual Estratificada (SMVE) como un componente tecnológico adicional, con el fin de preservar y aprovechar las variedades nativas existentes en la sierra del Totonacapan (Pérez *et al.*, 2009). Por su naturaleza de obtención de semilla ciclo tras ciclo, los materiales criollos son poblaciones heterogéneas, homo-heterocigóticas, desarrolladas y conservadas por los agricultores a través de múltiples generaciones de selección empírica para caracteres específicos como textura de grano, color, forma de mazorca, sanidad, ciclo vegetativo, entre otros (Aragón *et al.*, 2006).

Selección Masal Visual Estratificada (SMVE)

El mejoramiento genético de esta población ha sido a través del esquema de SMVE el cual se llevó a cabo durante los ciclos otoño-invierno 2021/2022, primavera-verano 2022, otoño-invierno 2022/2023, primavera-verano 2023 y otoño-invierno 2023/2024, por lo que actualmente es una población con cinco ciclos de selección. Lo anterior se realizó en la parcela de un productor innovador en la que se delimitó un lote de 20 m de ancho por 50 m de largo y se estratificó en 20 sublotes, en la que cada sublote estuvo integrado con cinco surcos de 10 m de longitud (Aragón y Espinoza, 2008).

En la etapa de preselección en campo se seleccionaron y marcaron un total de 400, en cada sublote se seleccionaron 20 plantas, considerando las variables altura de planta y de mazorca, así como aspectos como la sanidad y con competencia

completa. Se marcaron las plantas sujetando al tallo un listón de color rojo para su facilidad de localización al momento de realizar la cosecha.

Posterior a la cosecha de las 400 muestras preseleccionadas en campo, estas se llevaron a la troja y en ese sitio se hizo la selección final de las mazorcas que tuvieron las características de interés para el productor como son la sanidad de mazorca, llenado de mazorca, aspecto visual de la mazorca y cobertura total del totomoxtle, registrándose un total de 13 características cuantitativas y cualitativas (Aragón y Espinoza, 2008; Aragón *et al.*, 2008). En número final de mazorcas varió en cada ciclo, siendo 191, 38, 40, 40 y 219 mazorcas para el primero, segundo, tercer, cuarto y quinto ciclo de selección, respectivamente, las cuales cumplían con las características deseadas por el productor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la implementación del proceso de mejoramiento genético mediante la SMVE en la población de maíz nativo de amplia base genética, se han obtenido resultados favorables en los caracteres de mayor impacto en el rendimiento del cultivo. Como resultado de los cinco ciclos de selección el peso de mazorca en general se ha mantenido, aunque se ha logrado una ganancia genética por ciclo de selección de aproximadamente 2 g (Figura 1).

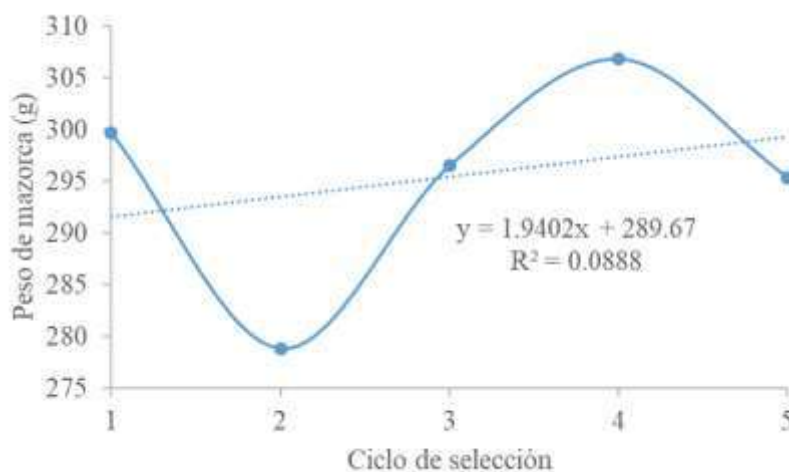


Figura 1. Peso promedio de mazorca en una población de maíz nativo.

Con base en la recta de regresión el valor de B_1 le correspondió un valor de 1.94 unidades, no obstante que otra variable como la longitud de mazorca se ha visto ampliamente favorecido por el proceso de mejoramiento genético, con incrementos muy sobresalientes en promedio de cinco ciclos de SMVE (Figura 2).

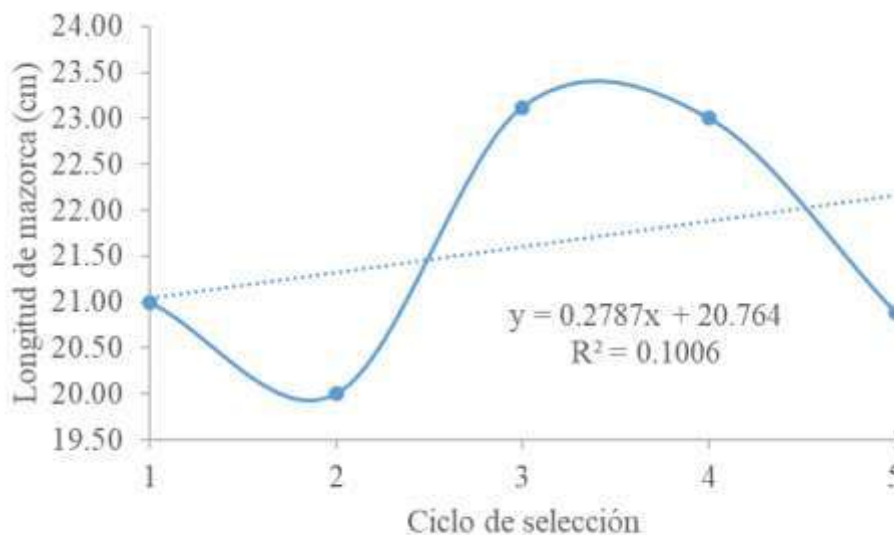


Figura 2. Longitud de mazorca en una población de maíz nativo.

Respecto del diámetro de mazorca, ha tenido un cambio positivo producto del mejoramiento genético, en este caso de acuerdo con la ecuación de regresión el valor de ganancia de la selección es de 0.27 por cada ciclo (Figura 3)

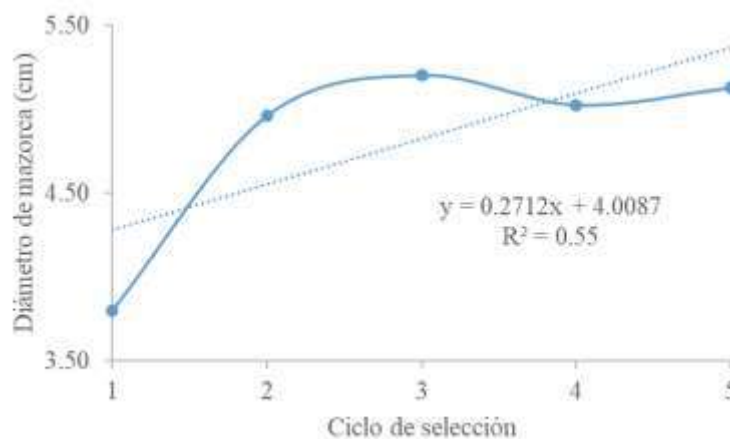


Figura 3. Diámetro de mazorca en una población de maíz nativo.

Un aspecto importante durante el proceso de mejoramiento y que finalmente es lo que más llama la atención se refiere a los rendimientos propiamente del producto de interés, como es el grano. Que en este caso cuando hablamos de selección es la semilla, en ese tenor, la SMVE ha resultado sumamente favorable en este carácter. La ganancia genética por cada ciclo de selección ha sido de 6.97 unidades, anteriormente se tenía 158 g de producción de semilla en cada mazorca en la población sin mejoramiento, actualmente se logra hasta 197 g de semilla útil por mazorca (Figura 4).

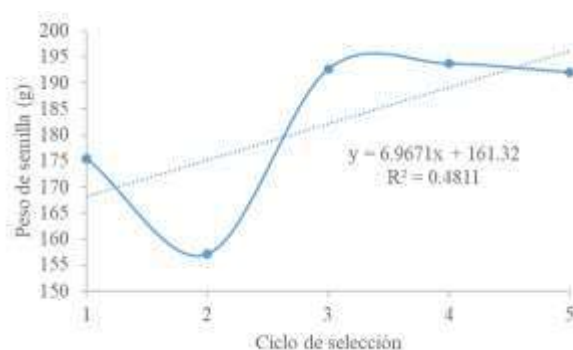


Figura 4. Peso de semilla por mazorca en una población de maíz nativo.

Cuando se busca incrementar el volumen de producción de semilla, una característica importante es el peso de semilla útil en una mazorca, y en este caso, los avances han sido hacia un mayor aumento en este valor de hasta 20 g.

De acuerdo con la selección que se ha hecho ha permitido disminuir ese volumen de semilla en aproximadamente 3.8 g por cada ciclo de selección, ya que de iniciar con 82 g de grano que no es apto para utilizarse como semilla ahora solo se obtienen cerca de 50 g, lo que implica una mejora de 32 g que ahora son semilla útil (Figura 5).

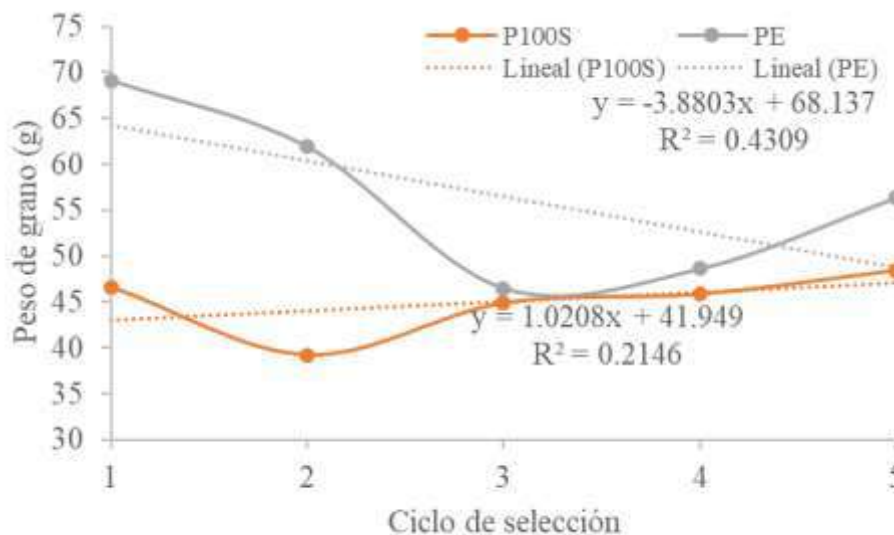


Figura 5. Peso de cien semillas y peso de extremos en una población de maíz nativo.

La variable relacionada con el peso de cien semillas representa el mejor indicador para hacer comparativos entre poblaciones, ya que muestra que tan pesado es el grano de algún material, este valor se ha mantenido más o menos uniforme, con unos cambios muy ligeros que no impactan en el rendimiento (Figura 5).

El incremento en la longitud de mazorca se ha visto reflejado en la cantidad de semilla útil logrado, y que esto va de la mano con la reducción del volumen de semilla que se desecha de los extremos de la mazorca. El camino de la selección, aun es factible de continuarse, toda vez que existe variabilidad genética que se puede aprovechar mediante este esquema. Así mismo indica que se debe atender y buscar impactar en la reducción de la altura de planta, dado que una de las propiedades de los materiales criollos es el alto valor de esa característica, mayor a 3.5 m, lo cual la hace muy susceptible al acame. El avance logrado en estos cinco ciclos de SMVE eran de esperarse, toda vez que se está trabajando con una población de maíz nativo, con una amplia diversidad intrapoblacional y aunado a que la selección masal explota los efectos aditivos del individuo y mientras se logre aumentos en la media de la característica bajo selección, el método seguirá siendo el adecuado (Molina, 1992; Reyes, 1985).

CONCLUSIONES

Se obtuvieron resultados favorables en los caracteres de mayor impacto en el rendimiento del cultivo.

Se han presentado cambios favorables para la longitud y diámetro de mazorca, en este caso, de acuerdo con la ecuación de regresión el valor de ganancia de la para ambas es de 0.27 por cada ciclo.

La ganancia genética por cada ciclo de selección semilla útil por mazorca ha sido de 7 unidades, y para el peso de semilla de los extremos de la mazorca en aproximadamente 4 g por cada ciclo de selección.

LITERATURA CITADA

- Altieri, M. 1994. Biodiversity and pest management un agroecosystems. The Haworth Press. New York. 236 p.
- Aragón C. F., S. Taba, J. M. Hernandez C., J. D. Figueroa C., V. Serrano A. y F. H. Castro G. 2006. Catálogo de maíces criollos de Oaxaca. INIFAP-SAGARPA. Libro Técnico Núm. 6. Oaxaca, Oax., México. 344 p.
- Aragón C., F. y H. Espinoza P. 2008. Conservación. Mejoramiento y producción de semilla de maíces criollos. INIFAP. Publicación Especial No.3, 74 p.
- Cumpian G., J. 2009. Comportamiento agronómico de testigos de maíz (*Zea mays* L.) en ensayos del CCVP. p. 51-58. In: INIFAP, UV, CP, UACH, ITUG, ITBOCA. 2009. Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, y Acuícola en el Trópico Mexicano 2009. Libro Científico No. 6. Veracruz, México. 416 p.
- González, F. S., L. G. Guajardo H., S. X. Almeraya Q., L. M. Perez H. y D. M. Sangerman J. 2020. Evaluación de la sustentabilidad del cultivo de maíz en Villaflores y La Trinitaria, Chiapas. Rev. Mex. Ciencias Agrícolas 11(7): 1565-1578.
- García, E. 1988. Sistema de Clasificación Climática de Koppen, adaptado a las condiciones de la República Mexicana. 388 p. México, D. F.

- Molina, G. J. D. 1992. Introducción a la Genética de Poblaciones y Cuantitativa (algunas implicaciones en Genotecnia). Ed. AGT Editor. México, D. F. 349 p.
- Perez P., J. R., A. Montiel F. y M. F. Herrera T. 2009. Caracterización morfológica y clasificación de maíces locales del complejo racial Nal Tel en la Península de Yucatán. P. 59-68. In: INIFAP, UV, CP, UACH, ITUG, ITBOCA. 2009. Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, y Acuícola en el Trópico Mexicano 2009. Libro Científico No. 6. Veracruz, México. 416 p.
- Reyes, C. P. 1985. Fitogenotecnia Básica y Aplicada. Ed. AGT Editor. México, D.F. 460 p.
- Sierra M. M., A. Palafox C., F. Rodríguez M., A. Espinosa C., G. Vásquez C., R. Rodríguez R. *et al.* 2009. Caracterización agronómica, calidad industrial y nutricional de genotipos de maíz normal y con alta calidad proteínica para el sureste de México. p. 41-50. In: INIFAP, UV, CP, UACH, ITUG, ITBOCA. 2009. Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, y Acuícola en el Trópico Mexicano 2009. Libro Científico No. 6. Veracruz, México. 416 p.
- Sierra M. M., I. Meneses M., A. Palafox C., N. Francisco N., A. Zambada M., M. Uribe B. *et al.* 2012. Diversidad genética, clasificación y distribución racial del maíz nativo en los estados de Veracruz, Puebla y Tabasco, México. p. 33-40. In: Memoria del I Simposium Internacional en Producción Agroalimentaria y XXIV Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 2012. Cárdenas, Tab., México.

BIOFERTILIZACION Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TOMATE BAJO INVERNADERO

Juárez Gámez Isidro Jesús¹, Guevara Acevedo Luis Patricio²[✉], Daniel Rodríguez Mercado², Ricardo Yáñez López², Hans Blanquet², María Eugenia Gallardo Rodríguez²

¹Estudiante de Ingeniería en Agronomía. Tecnológico Nacional de México-Roque². Carretera Celaya-Juventino Rosas Km. 8. CP 38110. Celaya, Gto. ²Tecnológico Nacional de México-Roque. Carretera Celaya-Juventino Rosas Km. 8. CP 38110. Celaya, Gto. [✉]Autor de correspondencia:

luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar el efecto de los tratamientos de ácido salicílico, algas marinas y su combinación en los parámetros de rendimiento en peso de fruto, diámetro ecuatorial, longitud de fruto en plantas de tomate. Las plantas de tomate de var. Rio Grande[®] CS, PCA con 30 d de edad se trasplantaron en camas de 10 m de largo x 1 m de ancho en un invernadero. Para la evaluación se utilizó un diseño experimental con bloques al azar utilizando 4 bloques, 3 tratamientos, un testigo comercial y un testigo absoluto. La unidad experimental estuvo constituida utilizando 20 plantas por tratamiento. Los tratamientos evaluados fueron: ácido salicílico (AS) a dosis de 10^6 M, Algas marinas (AM) (Alga Grow Organic[®] De Asistencia Biotecnológica S.P.R. de R.L.) 4 mL L^{-1} , la combinación de AS + AM ($10^6 \text{ M} + 4 \text{ mL L}^{-1}$), el testigo comercial se aplicó 4 mL L^{-1} (UltraFol[®] Biochem Crop Systems), con adición de adherente (Inex-A[®] Cosmocel) al 1% y un testigo absoluto al que solamente se le adiciono agua y adherente, las aplicaciones se realizaron cada 8 días durante el desarrollo del cultivo. Se etiquetaron 10 plantas al azar por unidad experimental y los 30 ddt se les midió el diámetro ecuatorial, el largo y el peso del fruto. Con los resultados de las evaluaciones de las variables evaluadas se sometieron a un análisis de varianza y cuando este indico diferencias significativas se realizó una prueba de medias Tukey. Los resultados muestran que es una alternativa viable la aplicación de algas marinas y acido salicílico con una dosis de

4 mL L⁻¹ + 10⁶ M en el cultivo de tomate con incrementos de 84.34% en peso, 23.24% en el diámetro ecuatorial y 21.86% en la longitud de fruto con respecto al testigo comercial.

Palabras clave: *ácido salicílico, algas marinas, aplicación foliar, extracto de algas, Solanum lycopersicum L.*

ABSTRACT

The objective of the study was to determine the effect of salicylic acid, seaweed and their combination treatments on yield parameters such as fruit weight, equatorial diameter, and fruit length in tomato plants. Tomato plants of var. Rio Grande® CS, PCA, 30 d old, were transplanted into 10 m long x 1 m wide beds in a greenhouse. For the evaluation, a randomized block experimental design was used using 4 blocks, 3 treatments, a commercial control and an absolute control. The experimental unit was constituted using 20 plants per treatment. The treatments evaluated were: salicylic acid (AS) at a dose of 10⁶ M, Seaweed (AM) (Alga Grow Organic® from Asistencia Biotecnológica S.P.R. de R.L.) 4 mL L⁻¹, the combination of AS + AM (10⁶ M + 4 mL L⁻¹), the commercial control was applied 4 mL L⁻¹ (UltraFol® Biochem Crop Systems), with the addition of adhesive (Inex-A® Cosmocel) at 1% and an absolute control to which only water and adhesive were added, the applications were carried out every 8 days during the development of the crop. 10 plants were randomly labeled per experimental unit and the equatorial diameter, length and weight of the fruit were measured at 30 ddt. With the results of the evaluations of the evaluated variables they were subjected to an analysis of variance and when this indicated significant differences a Tukey means test was performed. The results show that the application of seaweed and salicylic acid at a dose of 4 mL L⁻¹ + 10⁶ M in tomato crops is a viable alternative, with increases of 84.34% in weight, 23.24% in equatorial diameter and 21.86% in fruit length compared to the commercial control.

Keywords: *salicylic acid, seaweed, foliar application, seaweed extract, Solanum lycopersicum L.*

INTRODUCCION

El incremento de la producción y calidad de productos hortícolas es un tema de interés para muchos investigadores, ya que los rendimientos de las hortalizas y las propiedades nutraceuticas de sus frutos son bajos en los sistemas de producción a cielo abierto y bajo condiciones protegidas (Gómez *et al.*, 2009; López-Elías *et al.*, 2011). El ácido salicílico (AS) es un elicitor clave en la vía de transducción de señales en respuesta al estrés biológico de las plantas, el cual actúa como un regulador de crecimiento (Horváth *et al.*, 2007; Sánchez-Chávez *et al.*, 2011). El AS se caracteriza por tener una alta actividad fisiológica y metabólica en las plantas, que le permite realizar funciones reguladoras en su desarrollo (Bandurska, 2013); provoca aumento de la actividad fotosintética, lo cual, se refleja en una mayor producción de biomasa foliar, radical y de frutos (Sánchez-Chávez *et al.*, 2011), activa el metabolismo, aumentando de esta manera el contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante (Chen *et al.*, 2016; Tucuch-Haas *et al.*, 2017). Bula (2004) indica que las algas marinas, se han utilizado como fertilizantes desde los principios de la agricultura en países como Japón, China, Grecia, Chile e islas y costas del noroeste de Europa. Blaine *et al.* (1990), reportan un incremento en los rendimientos y la buena calidad de los frutos como efecto del uso de las algas marinas y/o sus derivados en la agricultura se debe a que las algas marinas contienen todos los elementos mayores, menores y elementos traza que ocurren en las plantas. Estos bioproductos contienen principios activos, los cuales actúan sobre la fisiología de las plantas, incrementando el crecimiento y desarrollo vegetal, así como el rendimiento y calidad de las cosechas (Terry A. *et al.*, 2017; Das P. *et al.*, 2019). Entre los bioproductos que se han evaluado se encuentran las algas y productos derivados que han sido utilizados como alimento humano, animal, forraje, en la producción de papel y en otras industrias (Hamed SM. *et al.*, 2019; Ansari 2019). En la agricultura se han utilizado como biofertilizantes y bioestimulantes en el mundo entero, para aumentar el crecimiento y el rendimiento de las plantas. Se han utilizado extractos de algas con resultados significativos en plantas cultivadas en condiciones de invernadero y de campo tales como, bulbos (papa, zanahoria, remolacha, boniato), frutales (limón, plátano, melocotón, peral), hortalizas (tomate,

pimiento, salmuera), granos (arroz, maíz), leguminosas (guisante, granos negros, granos verdes, frijol común) y flores (orquídea, rosa, flor del sol) o en condiciones de cultivo in vitro (*Arabidopsis*, tomate, berenjena, mijo) (Hernández-Herrera RM *et al.*, 2016). Los bioestimulantes agrícolas se definen como cualquier sustancia natural y/o microorganismo, aplicados a las plantas, semillas o rizosfera, con el objetivo de aumentar el crecimiento vegetal, el uso eficiente de nutrientes, la tolerancia al estrés y los parámetros de calidad de las cosechas (du Jardin, 2015; Van Oosten *et al.*, 2017). Evidencias científicas corroboran la acción estimulante de los EAM en la germinación de las semillas, el vigor de las plántulas, el crecimiento y morfología de las raíces, la floración temprana, el retardo de la senescencia, la maduración de los frutos, el rendimiento de los cultivos y la calidad nutricional del producto comestible (Khan *et al.*, 2009; Craigie, 2011; Sharma *et al.*, 2014; Nabti *et al.*, 2017). El estudio de sustancias bioactivas que modifiquen positivamente el metabolismo de las plantas se ha incrementado en los últimos años. A estas investigaciones se les ha incorporado el uso de productos fenólicos como es el ácido salicílico (AS), el ácido acetyl salicílico (ASA) y el ácido benzoico (AB) (Kauss y Jeblick, 1996; López-Delgado *et al.*, 1998; López-Tejeda, 1998) como estimulantes y promotores de resistencia ante situaciones de estrés biótico y abiótico.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se estableció bajo condiciones de invernadero, en el Tecnológico Nacional de México-Roque, Celaya-Guanajuato, México, localizado entre los 20° 34'47" latitud norte, 100° 49'30" longitud oeste, a una altitud de 1.766 m. Se utilizaron plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette. var. Rio Grande®. Para el establecimiento del cultivo, primeramente, se formaron las camas de 10 m de largo por 1 m de ancho. Se realizó la aplicación de los tratamientos a los 30 días después de trasplante (ddt) en un diseño experimental de bloques al azar con 4 bloques, 3 tratamientos, un testigo comercial y un testigo absoluto. La unidad experimental estuvo constituida por 20 plantas por tratamiento. Los tratamientos evaluados fueron: AS a dosis de 10⁶ M, Algas marinas (Alga Grow Organic® De Asistencia Biotecnológica S.P.R. de R.L.) 4 mL L⁻¹, la combinación de AS + algas

marinas (10^6 M+4 mL L⁻¹), el testigo comercial se aplicó 4 mL L⁻¹ (UltraFol® Biochem Crop Systems), con adición de adherente (Inex-A® Cosmocel) al 1% y un testigo absoluto al que solamente se le adiciono agua y adherente (Inex-A® Cosmocel) al 1%, las aplicaciones se realizaron cada 8 días durante el desarrollo del cultivo. Se etiquetaron al azar 10 plantas por unidad experimental, a las cuales se les midió el diámetro ecuatorial del fruto, el largo y el peso fresco del fruto.

Con los resultados de los parámetros de rendimiento evaluados, se sometieron a una Análisis de Varianza (ANOVA) con un diseño de bloques completamente al azar con 5 bloques, 3 tratamientos, un testigo comercial y un testigo absoluto con 10 repeticiones, mediante el programa Statistical Analysis System (SAS Institute, 2010) ($p \leq 0.05$) y cuando el ANOVA indico diferencia se realizó una prueba de comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se observa el efecto de la aplicación foliar de biomoléculas en parámetros fisiológicos las plantas de tomate, los tratamientos, fechas de muestreo, los bloques y repeticiones observaron efecto altamente significativo ($p \leq 0.01$) para el peso fresco, diámetro ecuatorial y longitud de fruto. Estos valores son comparados con Zamora *et al.*, (2021) quien menciona que la aplicación de extractos de algas observó efecto altamente significativo ($p \leq 0.01$) en el peso de fruto de pepino. Mientras que, Vega (2016) menciona que los tratamientos de la aplicación edáfica de extractos de algas marinas observo un efecto altamente significativo ($p \leq 0.01$) en la longitud del fruto y el diámetro en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*) con biofertilizantes Alga/Tec-WP+Lonite(200g+1L), resultados similares reporto Cuellar (2016) menciona que la aplicación de los tratamientos con aplicación de algas marinas en tomate bajo invernadero presento efectos altamente significativos en el diámetro ecuatorial del fruto.

Las repeticiones presentaron efecto altamente significativo ($p \leq 0.01$) para el peso fresco, significativo ($p \leq 0.01$) para el diámetro ecuatorial y la longitud del fruto. La

interacción tratamiento por muestreo (T x M) tuvieron efecto altamente significativo ($p \leq 0.01$) en el peso fresco, significativo ($p \leq 0.05$) en el diámetro ecuatorial y efecto en la longitud del fruto.

Cuadro 1. Cuadrado medio de peso fresco, diámetro de tallo y longitud de fruto de plantas de tomate por efecto de la aplicación foliar de biomoléculas.

Fuente	GL	Peso Fresco (g)	Diámetro Ecuatorial	Longitud Fruto
Trat (T)	4	160692**	3550.09**	3137.23**
Muest (M)	3	864484.3**	37410.19**	29609.28**
T x M	12	318765.5**	2750.01**	2012.34**
E.E	180	7725.75	-	-
Total	199	-	-	-

La aplicación de la combinación de algas marinas y ácido salicílico (AM + AS) a dosis de $4 \text{ mL L}^{-1} + 10^6 \text{ M}$ se observó los mayores valores con 212.39 g en peso fresco, 90 mm diámetro ecuatorial y 90.63 cm en longitud de fruto. Para el peso fresco la combinación de AM + AS presento un valor de 212.39 g valor inferior a 331.9 g reportado por Zamora *et al.*, (2021) con su trabajo de extracto de algas como biofertilizante en pepino (*Cucumis sativus*). El valor observado para esta variable supero a la aplicación con un solo producto como es el tratamiento con AM (4 mL L^{-1}) con 187.51 g y con AS (10^6 M) con 167.68 g que estadísticamente presentaron valores aproximadamente similares. El valor menor observado en el peso fresco fue de 128.05 g en el testigo comercial, esto indica que la combinación de AM + AS se supera en más de 84.34% de peso fresco con respecto a plantas sin aplicación. Este valor es superior al 78.84% reportado por Vega (2016) con aplicación de algas marinas en pimiento (*Capsicum annum*).

Cuadro 2. Efecto de la aplicación foliar de biomoléculas en peso fresco, diámetro de tallo y longitud de fruto de plantas de tomate.

No. Trat	Tat	Dosis	Peso Fresco (gr)	Diámetro Ecuatorial (mm)	Longitud Fruto (cm)
4	AM + AS	4 mL L ⁻¹ + 10 ⁶ M	212.39 a	90.00 a	90.63 a
3	AM	4 mL L ⁻¹	187.51 ab	86.41 ab	78.07 b
2	AS	10 ⁶ M	167.68 b	75.29 bc	74.41 b
5	T.A	5 mL L ⁻¹	157.72 bc	74.99 bc	69.6 b
1	T.C	4 mL L ⁻¹	128.05 c	66.76 c	68.77 b

T.C=testigo comercial, AS= ácido salicílico, AM=algas marinas, AM + AS= algas marinas + ácido salicílico, T.A=testigo absoluto

En cuanto al diámetro ecuatorial y longitud del fruto la combinación de (AM + AS) a dosis de 4 mL L⁻¹ + 10⁶ M presento en valores más altos con una media de 90.00 mm de grosor y 90.63 cm en la longitud del fruto resultados superiores a los reportados por Vega (2016) con aplicación de algas marinas Alga/Tec-WP+Lonite(200g+1L) en la producción de tomate muestran medias de 12.83 cm en la longitud del fruto y 6.50 mm en el diámetro del fruto respectivamente.

En la variable longitud de fruto el tratamiento (AM + AS) a dosis de 4 mL L⁻¹ + 10⁶ M observó 90.63 cm siendo el más alto, mientras que el testigo comercial reporta una longitud de fruto de 68.77 cm siendo el menor valor, este valor supera a los resultados reportado por Zamora *et al.*, (2021) quien reporta 19.4 cm con extracto de algas como biofertilizante en pepino (*Cucumis sativus*) con una dosis de 25 mL L⁻¹, mientras que, Vega (2016) reporto una longitud del fruto inferior de 12.83 cm en el cultivo de pimiento con biofertilizantes Alga/Tec-WP+Lonite(200g+1L).

CONCLUSIÓN

Se recomienda aplicar su combinación de algas marinas + ácido salicílico la dosis recomendada en función a los resultados es la de 4 mL L⁻¹ + 10⁶ M con el fin de obtener mejores resultados en rendimiento del cultivo de tomate se obtiene un 21.86

% en la longitud del fruto, 23.24 % en el diámetro ecuatorial y un 84.34% en peso del fruto, lo que sin duda repercutirá en el aumento de calidad y rendimiento de la producción con respecto al tratamiento con testigo comercial.

LITERATURA CITADA

- Ansari, A. A.; Ghanem, S. M. y Naeem, M. Brown (2019). Alga *Padina*5: A review. International Journal of Botany Studies ; 4(1): 01-03.
- Bandurska, H. (2013). Salicylic acid: an update on biosynthesis and action in plant response to water deficit and performance under drought. In Salicylic Acid, pp. 1-14. Springer.
- Bula MG. (2004). Las macroalgas marinas en la agronomía y el uso potencial del sargassum flotante en la producción de fertilizantes en el archipiélago de San Andrés y providencia, Colombia. Revista entrópica. 1794-161x: 91-103
- Blaine M., Zimmerman W. J., Crouch I., Staden J. V. 1990. Agronomic Uses of Seaweed and Microalgae. Introduction to Applied Phycology. Ed. bv. The Hague. Netherland. p. 589-627.
- Craigie JS (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. Journal of Applied Phycology 23: 371-393; doi:10.1007/s10811-010-9560-4
- Chen, Y., Cui, J., Li, G., Yuan, M., Zhang, Z., Yuan, S., and Zhang, H. (2016). Effect of salicylic acid on the antioxidant system and photosystem II in wheat seedlings. Biologia plantarum 60, 139-147.
- Das P, Khan S, Chaudhary AK, AbdulQuadir M, Thaher MI, Al-Jabri H. (2019). Potential Applications of Algae-Based Bio-fertilizer. In: Biofertilizers for Sustainable Agriculture and Environment. Springer;. p. 41-65.
- du Jardin P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae 196: 3-14; doi:10.1016/j.scienta.2015.09.021
- Gómez, L.; Rodríguez, M. G.; Enrique, R.; Miranda, I. and González, E. (2009). Factores limitantes de los rendimientos y calidad de las cosechas en la producción protegida de hortalizas en Cuba. Rev. Protec. Veg. 24:117-122.

- Hamed SM, El-Rhman AAA, Abdel-Raouf N, Ibraheem IB. (2018). Role of marine macroalgae in plant protection & improvement for sustainable agriculture technology. Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences.;7(1):104-10.
- Hernández-Herrera RM, Santacruz-Ruvalcaba F, Zañudo-Hernández J, Hernández-Carmona G. (2016). Activity of seaweed extracts and polysaccharide-enriched extracts from *Ulva lactuca* and *Padina gymnospora* as growth promoters of tomato and mung bean plants. Journal of applied phycology;28(4):2549-60.
- Horváth, E., Szalai, G., and Janda, T. (2007). Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. Journal of Plant Growth Regulation 26, 290-300.
- Kauss, H. and W. Jeblick (1996). Influence of salicylic acid on the induction of competence for H₂O₂ elicitation. Plant Physiol. 111:755-763.
- Khan W, Rayirath UP, Subramanian S, Jithesh MN, Rayorath P, Hodges DM, Critchley AT, Craigie JS, Norrie J, Prithiviraj B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. Journal of Plant Growth Regulation 28: 386-399; doi:10.1007/s00344-009-9103-x
- López-Delgado, H.; J. Dat; C. Foyer and I. Scott. (1998). Induction of thermotolerance in potato microplants by acetylsalicylic acid and H₂O₂. J. Exp. Bot. 49:713-720.
- López Tejada, R.; V. Camacho Rodríguez y M. A. Gutiérrez Coronado (1998). Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de trigo. Terra 16:43-48.
- López-Elías, J.; Rodríguez, J. C.; Huez, M. A.; Garza, S.; Jiménez, J. and Leyva, E. I. (2011). Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero. Idesia. 29:21-27.
- Nabti E, Jha B, Hartmann A. (2017). Impact of seaweeds on agricultural crop production as biofertilizer. International Journal of Environmental Science and Technology 14(5): 1119-1134; doi:10.1007/s13762-016-1202-1
- Sánchez-Chávez, E., Barrera-Tovar, R., Muñoz-Márquez, E., Ojeda-Barrios, D. L., and Anchondo-Nájera, Á. (2011). Efecto del ácido salicílico sobre biomasa,

- actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. Revista Chapingo. Serie horticultura 17, 63-68.
- Sharma HS, Fleming C, Selby C, Rao JR, Martin T. (2014). Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. Journal of Applied Phycology 26(1): 465-490; doi:10.1007/s10811-013-0101-9
- Terry Alfonso E, Falcón Rodríguez A, Ruiz Padrón J, Carrillo Sosa Y, Morales Morales H. (2017). Respuesta agronómica del cultivo de tomate al bioproducto QuitoMax(r). Cultivos Tropicales.;38(1):147-54.
- Tucuch-Haas, C., Alcántar-González, G., Salinas-Moreno, Y., Trejo-Téllez, L. I., Volke-Haller, V. H., and Larqué-Saavedra, A. (2017). Aspersión foliar de ácido salicílico incrementa la concentración de fenoles en el grano de maíz. Revista Fitotecnia Mexicana 40.
- Van Oosten MJ, Pepe O, De Pascale S, Silletti S, Maggio A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. Chemical and Biological Technologies in Agriculture 4(5): 1-12; doi:10.1186/s40538-017-0089-5

BIOMOLECULAS EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO DE CEBOLLA *Allium cepa* L)

Manuel Medina Serrano¹, Luis P. Guevara Acevedo^{2§}, María E. Gallardo
Rodríguez², Ricardo Yáñez López², Erik F. Rodríguez Segura², Laura Copul
Moreno²

¹Estudiante de ingeniería en Agronomía TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ² TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ³Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto. §Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de aplicaciones foliares de ácido salicílico y extracto de algas marinas en parámetros de crecimiento de plantas de cebolla Carta Blanca® (Nunhems). El experimento se llevó a cabo en Santa María del Refugio, Celaya, Gto., donde se trasplantaron plántulas en surcos de 1 m de ancho por 19 m de largo, con una distancia de 15 cm entre plantas. Se empleó un diseño experimental en bloques completamente al azar, con 4 bloques y 3 tratamientos: ácido salicílico (MEYER®) a 0.067 mM, extracto de algas marinas (NG-PLUS®) a 4 mL L⁻¹, una combinación de ambos y un testigo comercial con Arrancador Power® (AGRO POWER SECRET). Cada unidad experimental estuvo conformada por 3 surcos de 4 m de largo. Las aplicaciones se realizaron cada 8 días durante 60 días, empezando a los 8 días después del trasplante (ddt). Las variables evaluadas fueron número de hojas, altura de planta, longitud de hojas y unidades SPAD de clorofila, iniciándose las mediciones a los 18 ddt. Los datos de cada variable se recolectaron dos veces por semana durante 43 días, y se analizaron con un nivel de significancia de P<0.001. Los resultados mostraron diferencias significativas en todas las variables, con los valores más altos en el tratamiento combinado de ácido salicílico y extracto de algas, presentando los mayores valores en número de hojas, altura de planta, unidades SPAD de clorofila y longitud de hojas, mientras que el testigo comercial presentó los valores más bajos

en la mayoría de las variables evaluadas, excepto en la longitud de hojas, donde el tratamiento de algas marinas obtuvo el valor mínimo.

Palabras clave. *Ácido salicílico, algas marinas, aplicación foliar, biofertilizante, parámetros agronómicos*

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the effect of foliar applications of salicylic acid and seaweed extract on growth parameters of Carta Blanca® (Nunhems) onion plants. The experiment was conducted in Santa María del Refugio, Celaya, Gto., where seedlings were transplanted into furrows 1 m wide by 19 m long, with a spacing of 15 cm between plants. A completely randomized block design was used, with 4 blocks and 4 experimental units of 12 m² each. The treatments applied were salicylic acid (MEYER®) at 0.067 mM, seaweed extract (NG-PLUS®) at 4 mL L⁻¹, a combination of both, and a commercial control with Arrancador Power® (AGRO POWER SECRET). Applications were made every 8 days for 60 days, starting 8 days after transplanting (DAT). The variables evaluated were number of leaves, plant height, leaf length, and SPAD chlorophyll units, with measurements beginning at 18 DAT. Data for each variable were collected twice a week over 43 days and analyzed with a significance level of $P < 0.001$. The results showed significant differences in all variables, with the highest values in the combined treatment of salicylic acid and seaweed extract. This treatment exhibited the highest values for number of leaves, plant height, SPAD chlorophyll units, and leaf length, while the commercial control showed the lowest values in most of the evaluated variables, except for leaf length, where the seaweed treatment recorded the minimum value.

Keywords. *Salicylic acid, seaweed, foliar application, biofertilizer, Agronomic parameters.*

INTRODUCCIÓN

La cebolla (*Allium cepa* L.), tiene el tercer lugar como la hortaliza que más se produce en México, cada año se tiene un consumo per cápita de 9.7 kilos y tiene una participación en la producción de hortalizas en el país del 9.3 por ciento

(SADER, 2021). Ante la creciente demanda de alimentos y la preocupación por no dañar el agroecosistema, sumado al aumento en el costo de las nuevas tecnologías, surge la necesidad de encontrar soluciones que permitan aumentar la producción y generar cultivos libres de sustancias dañinas para los consumidores (Elein *et al.*, 2017). Una de las soluciones a este problema son las algas, que han sido utilizadas en la agricultura como biofertilizantes y bioestimulantes a nivel mundial para mejorar el crecimiento y rendimiento de las plantas. Los extractos de algas pueden combinarse con fertilizantes inorgánicos y orgánicos, lo que genera beneficios como una mejor germinación, mayor desarrollo de raíces, mejor rendimiento de cultivos, más clorofila y área foliar, mayor calidad y vigor del fruto, mayor resistencia al estrés y una vida más prolongada de los productos después de la cosecha (Pérez *et al.*, 2020). Al igual que las algas, otro bioestimulante importante es el ácido salicílico (AS), una hormona vegetal perteneciente a un grupo de compuestos llamados fenólicos. Este compuesto está presente en todos los órganos de las plantas y su papel es muy importante en la regulación de su crecimiento, desarrollo e interacción con organismos patógenos. Además, el ácido salicílico es clave para activar los mecanismos de defensa de las plantas contra los estreses ambientales como sequía, salinidad, inundaciones y cambios de temperatura. También, hay estudios que han demostrado que el ácido salicílico tiene diferentes efectos fisiológicos en las plantas (INTAGRI, 2018). Por tal motivo el objetivo de este trabajo, fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de algas marina, ácido salicílico y su combinación en parámetros de crecimiento en el cultivo de cebolla.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en una superficie de 285 m², en la comunidad de Santa María del Refugio Celaya, Gto., para evaluar el efecto de extracto de algas marinas NG-PLUS® y ácido salicílico MEYER® en el crecimiento foliar de la cebolla Carta Blanca® (Nunhems), se surcó a paso de yunta y se realizó un trasplante en surcos de 1 m de ancho por 19 m de largo con una distancia entre plantas de 15 cm. La superficie se dividió en cuatro bloques con cuatro unidades experimentales por bloque con una superficie de 12 m² para cada unidad y se delimitaron con pasillos

de 1 m. Los tratamientos evaluados fueron extracto de algas marinas NG-PLUS® 4 mL L⁻¹, ácido salicílico MEYER® 0.067 mM, una combinación de el extracto de algas 4 mL L⁻¹ y ácido 20 mL L⁻¹ y un testigo comercial Arrancador Power AGRO POWER SECRET® 10 mL L⁻¹ aplicados de manera foliar a los 8 días después de trasplante (ddt), los tratamientos se aplicaron cada 8 días durante 60 d.

A los 18 ddt se seleccionaron al azar 10 plantas por unidad experimental y evaluó el número de hojas de forma manual, la altura de la planta con un flexómetro PRETUL®, el largo de hojas midiendo con el mismo flexómetro midiendo tres hojas al azar y las unidades SPAD de clorofila con un medidor de clorofila FIELDSCOUP®.

A partir de los 18 ddt las mediciones se realizaron 2 veces por semana por 43 d y a los 26 ddt se realizó una aplicación de diazinon Rotor 40® (PetroAgro) a una dosis de 50 mL L⁻¹ para el control de trips *Frankliniella occidentalis*. Solamente se hizo un aporque a los 30 ddt y se realizó una aplicación para controlar trips *Frankliniella occidentalis* con malatión MALPHOS® (UPL agro) (50 ddt).

Se realizó un análisis de varianza con los resultados de las variables evaluadas, y cuando se encontraron diferencias, se aplicó una prueba de medias Tukey ($p > 0.05$) utilizando el software estadístico SAS System 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.001$), con un nivel de confianza del 99.99%, en cada uno de los parámetros evaluados, como el número de hojas, altura de planta, unidades SPAD de clorofila y longitud de hojas (Cuadro 1). Estos resultados coinciden con los reportados por Cruz *et al.* (2016), quienes observaron diferencias altamente significativas en la altura de planta, pero significativas ($P < 0.005$) en las unidades SPAD de clorofila debido a la aplicación de miel de abeja al 2% en la cebolla, esto concuerda con lo reportado por Risco (2018), quien menciona que la aplicación de campos magnéticos estacionarios a $167 \text{ kJ m}^{-3} \text{ s}^{-1}$ presentó diferencias significativas en las unidades de clorofila.

Cuadro 1. Cuadrado medio del efecto de la aplicación foliar en variables agronómicas del cultivo de cebolla.

FV	GL	Cuadrado Medio			
		Numero hojas	Altura de planta (cm)	Unidades SPAD de clorofila	Largo de hojas (cm)
Trat (T)	3	5.49 **	207.18 **	318.31 **	151.11 **
Muest (M)	11	53.21 **	1706.20 **	910.72 **	1937.09 **
Bloq (B)	1	0.06 ^{ns}	2.45 ^{ns}	349.06 **	27.07 *
T x M	33	0.37 *	29.05 **	106.00 **	19.31 **
EE	143	0.25	6.20	26.65	3.68
Total	191	-	-	-	-

En el Cuadro 2, se puede observar el efecto de las aplicaciones foliares de la combinación de ácido salicílico a dosis de 0.067 mM + el extracto de algas marinas a dosis de 4 mL L⁻¹ presentaron los mayores valores en todas las variables evaluadas, número de hojas, altura de planta, unidades SPAD de clorofila y largo de hojas. Mientras que, el testigo comercial presentando los menores valores en el testigo comercial Arrancador Power® (Agro Power Secret) a 10 mL L⁻¹ todas las variables evaluadas, a excepción del largo de hojas que presentó el menor valor por efecto de la aplicación de algas marinas a dosis de 4 mL L⁻¹.

Para la variable de número de hojas el valor más alto fue de 7.45 hojas para el tratamiento de ácido salicílico (AS) + extracto de algas marinas (AM) y el menor valor observado 6.73 hojas se observó en el testigo comercial, teniendo un incremento del 10.69% con aplicación de AS + AM con respecto al testigo comercial, estos datos son similares a los obtenidos por Ruiz *et al.* (2007), quien registró un promedio de 8.07 hojas por planta aplicando estiércol caprino y 7.07 hojas para su testigo e inferiores al respecto con el incremento que obtuvo en relación con su tratamiento y testigo con un 14.14%.

Los tratamientos con la combinación de AS) + extracto de algas marinas (AM) y ácido salicílico (AS) estadísticamente presentaron los mayores valores con 49.91 y 49.23 cm respectivamente para altura de planta, mientras que la aplicación de algas marinas y el testigo comercial estadísticamente presentaron los menores valores con 45.81 y 46.22 cm respectivamente, esto indica que con la aplicación de AS de forma individual o combinado con algas marinas se aumenta en más del 7.72% con

respecto a la aplicación de AS o TC, este valor es menor al registrado por Álvarez *et al.* (2020), quien observó un incremento superior al 15.79% en la altura de las plantas de cebolla al aplicar Cyt-hor® a dosis de 1.5 L ha⁻¹, en comparación con su testigo.

En el caso de las unidades SPAD de clorofila con la aplicación de AS + AM obtuvieron el valor mayor que fue de 64.63 unidades promedio mientras que el valor menor que se obtuvo para el testigo comercial con un valor de 58.97 unidades promedio teniendo un incremento del 9.59% en la aplicación de AS + AM con respecto al TC, este promedio es mayor al señalado por Bonza *et al.* (2016), reportando su mayor promedio con 40.3 unidades SPAD de clorofila con la aplicación de sacarosa al 1% y como menor 34.7 unidades aplicando KNO₃ al 0.5% + sacarosa al 1% y con un incremento inferior al respecto con el obtenido ya que obtuvo a relación con sus tratamientos un 16.13%.

Por último, en la variable de largo de hojas aplicando (AS) combinado con extracto de algas marinas (AM) siendo el mayor valor con un promedio de 46.13 cm a comparación de la aplicación de extracto de algas marinas (AM) siendo el menor valor con un promedio de 42.05 cm teniendo un incremento del 9.70% en la aplicación de AS + AM con respecto a AM, este valor es inferior al observado por Bello (2016), quien registró como mayor promedio 57.53 cm debido a la aplicación de Biol 30% y con el promedio menor de 51.95 cm para su testigo y con un incremento comparable al obtenido en relación con la aplicación de biol al 30%, mostrando una diferencia del 10.74% respecto al testigo.

Cuadro 2. Efecto de aplicación foliar de activadores fisiológicos en parámetros agronómicos del cultivo de cebolla.

No Trat	Tratamiento	Dosis	Número de hojas (cm)	Altura de planta (cm)	Unidades SPAD de Clorofila	Largo de hojas (cm)
3	AS + AM	0.067 mM + 4 ml L ⁻¹	7.45 a	49.91 a	64.63 a	46.13 a
2	AS	0.067 mM	7.18 b	49.23 a	62.75 ab	45.02 b
1	AM	4 ml L ⁻¹	6.80 c	45.81 b	60.03 bc	42.05 d
4	TC*	20 ml L ⁻¹	6.73 c	46.22 b	58.97 c	43.55 c

AS=Ácido Salicílico, AM=Algas Marinas, TC=Testigo Comercial. *XXXXXXX

CONCLUSIÓN

Para la producción de cebolla y de acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda la aplicación de ácido salicílico a dosis de 0.067 mM con extracto de algas marinas a dosis de 4 mL L⁻¹ con esta aplicación se aumentará en más del 7% los parámetros agronómicos y con ello se aumentará la producción en cuanto a cantidad y calidad.

LITERATURA CITADA

- Alvarez, M. M., Choque, D. A. C., & Condori, G. Y. (2020). Aplicación de reguladores de crecimiento sobre el rendimiento de cebolla roja llabaya (*Allium cepa*). *Ciencia & Desarrollo*, (26), 61-67. <https://doi.org/10.33326/26176033.2020.26.933>
- Bello, I. P., Vera, H. E., Vera, C. G., Macías, R. R., Anchundia, X. E., & Avellán, M. D. C. (2016). Fertilización foliar con Biol en cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) valorando rendimiento. *Ciencias agronómicas*.
- Bonza, M., Pinzón, E., & Álvarez, J. (2016). Efecto del nitrato de potasio y la sacarosa sobre el rendimiento de plantas de cebolla (*Allium cepa* L.). *Temas Agrarios*, 21(2), 40-50. <https://doi.org/10.21897/rta.v21i2.900>
- Integra, (2021) Cebolla, regmurcia integra_digital https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,543,m,2714&r=ReP-20245-DETALLE_REPORTAJESPADRE
- INTAGRI, Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura. (2018). Efectos del Ácido Salicílico en los Cultivos <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/efectos-del-acido-salicilico-en-los-cultivos>
- Mesa, Y. I. R. Efecto de la aplicación de campos magnéticos estacionarios en semillas de cebolla (*Allium cepa* L.) sobre la germinación y rendimiento bajo invernadero en Valdivia.

- Pérez, Y. López, I. & Reyes, Y. (2020). Las Algas como alternativa natural para la producción de diferentes cultivos. Cultivos Tropicales, vol. 41, núm. 2, e09, 2020. Ediciones INCA.
- Romero, W. C., Díaz, J. M. B., Mendoza, M. D. L. N. R., Victoria, D. E., & Torres, J. L. T. (2016). Producción de plántulas de hortalizas con Azospirillum sp. y aspersión foliar de miel de abeja* Production of vegetable seedlings with Azospirillum sp. and foliar spray with bee honey. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.7 Núm.1, p. 59-70
- Ruiz, C., Russián, T., & Tua, D. (2007). Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de la cebolla. Agronomía Tropical, 57(1), 7-14.
- SADER, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2021). Aporta México una de cada 50 toneladas de cebolla que se consumen en el mundo <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/aporta-mexico-una-de-cada-50-toneladas-de-cebolla-que-se-consumen-en-el-mundo?idiom=es>
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2020). Avance de siembras y cosechas Resumen nacional por estado OTOÑO-INVIERNO 2020 RIEGO+TEMPORAL http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do
- Terry, E. Falcón, A. Ruiz, J. Carrillo, Y. & Morales, H. (2017). Respuesta agronómica del cultivo de tomate al bioproducto QuitoMax®. Cultivos Tropicales, 38(1), 147-154.

CÁLCULO DE LOS MERCADOS HIPOTECARIOS AMERICANOS Y SU AFECTACIÓN ECONÓMICA EN MÉXICO

Sandra Natalia Hernandez¹; Vanessa P. Andrade Mendez², Eduardo E. Coronel Yerena³; Julio C. Flores Medina⁴

¹TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato

¹Estudiante de Ingeniería en Gestión Empresarial TecNM-campus Roque, Carretera Celaya –

Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. Autor de correspondencia:

erick.rs@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El presente trabajo es una idea clara sobre los sucesos económicos y financieros que se han venido suscitando desde el inicio de la crisis hipotecaria en los Estados Unidos y sus posibles repercusiones económicas en México, además da un panorama general de los posibles efectos macroeconómicos y de la forma en que se pueden solventar. El objetivo del artículo es el análisis económico de la crisis hipotecaria ocurrida en los Estados Unidos y sus repercusiones en México desde una perspectiva teórica. El origen inmediato de la crisis se enfoca en el mercado hipotecario estadounidense, en el que la expansión del sector inmobiliario generó una masiva oferta de hipotecas, de las cuales la quinta parte fue concedida a familias con los ingresos justos para liquidarlas solo si los intereses eran bajos. Al elevarse la tasa de interés y darse los impagos, los bancos que habían concedido las hipotecas procedieron a vender los títulos hipotecarios a los mercados financieros dando lugar a la crisis que se extendió a todo el sistema financiero, generó falta de liquidez y una reducción importante en la oferta de créditos a los consumidores y empresas. Esta situación resultó en una menor inversión y reducción de la actividad productiva no sólo en Estados Unidos sino también en otros países, entre ellos México donde el impacto sobre la producción y el empleo han sido adversos. El origen de la crisis financiera estadounidense se explica a partir de la interacción de seis factores básicos: bajas tasas de interés, laxitud de criterios en materia crediticia, excesivo riesgo moral, marcadas asimetrías de información, inadecuada regulación y supervisión financiera, y escasa disciplina de mercado. En

segundo lugar, se estudia cómo la crisis del sector financiero de EUA se hizo extensiva al sector real. En este caso, tres fueron los canales que operaron: 1) El crédito, 2) La confianza y las expectativas, y 3) Los precios de los activos, tanto reales como financieros. A través de estos tres canales la crisis financiera desembocó en sendas caídas del consumo, la inversión y el crecimiento de la economía norteamericana. En tercer lugar, se dilucida cómo a través del comercio y de los flujos de capital se propagó, de EUA hacia México, la contracción en los niveles de actividad económica y empleo. Finalmente, se evalúan las medidas de respuesta del gobierno mexicano frente a la crisis, así como las principales lecciones que ésta ha dejado no sólo para México sino para el mundo

Palabras clave: *Estados Unidos, Crisis Hipotecaria Subprime, Reserva Federal, Economía Mexicana, crisis financiera, política económica.*

ABSTRACT

This paper provides a clear idea of the economic and financial events that have been occurring since the beginning of the mortgage crisis in the United States and its possible economic repercussions in Mexico. It also provides a general overview of the possible macroeconomic effects and how they can be resolved. The objective of the article is the economic analysis of the mortgage crisis that occurred in the United States and its repercussions in Mexico from a theoretical perspective. The immediate origin of the crisis focuses on the American mortgage market, in which the expansion of the real estate sector generated a massive supply of mortgages, of which one fifth was granted to families with just enough income to pay them off only if the interest rates were low. When the interest rate rose and defaults occurred, the banks that had granted the mortgages proceeded to sell the mortgage securities to the financial markets, giving rise to the crisis that spread to the entire financial system, generated a lack of liquidity and a significant reduction in the supply of credit to consumers and companies. This situation resulted in lower investment and a reduction in productive activity not only in the United States but also in other countries, including Mexico, where the impact on production and employment has been adverse. The origin of the US financial crisis is explained by the interaction of

six basic factors: low interest rates, lax credit criteria, excessive moral risk, marked information asymmetries, inadequate financial regulation and supervision, and poor market discipline. Secondly, the article studies how the crisis in the US financial sector spread to the real sector. In this case, three channels operated: 1) Credit, 2) Confidence and expectations, and 3) Asset prices, both real and financial. Through these three channels, the financial crisis led to falls in consumption, investment, and growth of the US economy. Thirdly, the article explains how the contraction in economic activity and employment levels spread from the US to Mexico through trade and capital flows. Finally, the Mexican government's response measures to the crisis are evaluated, as well as the main lessons that it has left not only for Mexico but for the world

Keywords: *Economic policy, Federal Reserve, financial crisis, Mexican Economy, Subprime Mortgage Crisis, United States.*

INTRODUCCIÓN

Según J. Stiglitz, Premio Nobel de Economía, la crisis hipotecaria acontecida en los Estados Unidos ha sido la peor desde la Gran Depresión de los años treinta. Históricamente, la globalización y la liberalización han resultado de las grandes crisis del capitalismo. En este sentido, los procesos de globalización, flexibilización de los mercados de trabajo, liberalización comercial, desregulación financiera, así como la fundación de un régimen de acumulación cuyo principal pilar lo ha constituido el capital financiero han sido la respuesta de los sectores productivos y del gobierno para restablecer las vías de reproducción del capital y de modificación de las relaciones capital trabajo en aras de una mayor tasa de ganancia. El modelo de acumulación basado en el desarrollo del sector financiero en detrimento del productivo se ha convertido en el background de la crisis inmobiliaria actual. Ello evidentemente significó un cambio en la lógica de reproducción del capital, donde la esfera financiera establece sus necesidades de alta rentabilidad a corto plazo más que la perspectiva productiva de largo plazo, por tanto, la economía real queda supeditada a la búsqueda de esos objetivos. El nuevo régimen de acumulación trae aparejada una profunda transformación en el funcionamiento del sistema financiero.

Éste ha tendido a ser controlado por la denominada bursatilización del sistema financiero, que no es otra cosa más que el predominio de los mercados de obligaciones, donde los bancos de inversión relacionados con los grandes bancos comerciales, junto con los intermediarios no bancarios (aseguradoras, arrendadoras, casas de cambio, de factoraje, almacenes, entre otras) han desempeñado un papel creciente en la escena financiera. Por tanto, el régimen de acumulación financiera subordina la lógica de la reproducción del capital a las necesidades de la valorización del capital financiero. En la actualidad, en la mayoría de las economías existe un mayor predominio de estructuras financieras complejas, donde las empresas transnacionales, los grandes bancos, los bancos de inversión, las aseguradoras, los operadores de fondos de inversión y de pensiones ejercen diferentes funciones como las actividades tradicionales de captación de depósitos bancarios y colocación de créditos, la intermediación financiera y el financiamiento mediante la emisión de obligaciones. Cada mercado muestra distintos niveles de liquidez y de riesgo, y ahora con el proceso de diversificación e innovación financiera (futuros, opciones, forwards y swaps) que permite disminuir riesgos específicos en mercados financieros subyacentes. Propiamente la especulación del capital financiero se encuentra en los siguientes mercados: el mercado de cambios, las bolsas de valores y los mercados de productos derivados. Una evidencia palpable de lo anterior, lo constata la revista *The Economist* (2008), que argumenta que las ganancias como parte de las ganancias corporativas crecieron del 10% en 1980 a 40% en 2007. Así mismo “la participación de las acciones de las sociedades financieras en el valor total del mercado accionario pasó en el mismo período de 6% a 19%”. La crisis hipotecaria queda inscrita en una crisis de deuda-deflación del tipo Fisher-Minsky, donde los problemas medulares los representan la falta de liquidez en los mercados financieros y la insolvencia económica; mientras no haya una importante reactivación de la economía y del empleo en Estados Unidos todavía no se verá el fondo de la crisis financiera en ese país. Los precios de las casas siguen cayendo, en ciudades como Miami, Los Angeles, San Diego y Las Vegas, se habla de un ajuste cercano al 30% en el precio de estas para reactivar el sector inmobiliario. A nivel internacional esta caída de precios también se manifestó en

España, Gran Bretaña, Irlanda y otros. Esta misma tendencia también la han sufrido la mayoría de los mercados bursátiles en todo el mundo. De acuerdo con Stiglitz y Greenwald (2003), la importancia medular de la política monetaria se demuestra en su capacidad de afectar la actividad económica mediante el impacto en el crédito que se irriga mediante el sistema bancario. Ante la crisis financiera y económica actual, más peligrosa incluso que la acontecida en 1929 en los Estados Unidos, se busca tenazmente precisar los factores que la desataron. Entre ellos se cita al capitalismo por ser un sistema incapaz de contribuir a un desarrollo económico sostenido; otro más es el rol ineficiente que desempeñan las instituciones en la prevención y reacción de los agentes económicos, y el último se atribuye a la existencia de una política económica y monetaria de bajo impacto sobre variables económicas críticas. El análisis histórico de estas variables muestra que el exceso de “libertad” que tanto pregonaba el mercado no ha sido suficiente para asegurar un crecimiento sostenido de la producción ni para frenar las tasas de inflación y asegurar el pleno empleo. La era de la globalización de los mercados impone por necesidad el cambio rápido, continuo y complejo del ambiente de negocios lo que genera mayor incertidumbre y menores posibilidades de predicción para los agentes económicos. De donde la política monetaria ha de ir acompañada de una amplia intervención de la autoridad monetaria para garantizar mercados financieros ordenados y transparentes más el desarrollo de la capacidad de anticipación a las posibles crisis financieras.

La teoría de la ventaja comparativa puede ser considerada como el paradigma fundacional del comercio internacional y es el centro de la teoría neoclásica del comercio que forma una rama de la microeconomía internacional. En un comienzo, las modernas teorías del comercio aparecen como un fruto tardío del desarrollo del campo de la economía. Se dice que ciertos economistas, en cierto modo, sentaron las bases de la moderna teoría del comercio internacional, ya que cada quien destacó o resaltó uno de los elementos que estarían presentes en tales teorías: se inauguró la idea del comercio como una actividad motivada por el factor geoclimático de los países; mientras que se inauguraría la idea del comercio asociado al concepto de ventajas.

No obstante, la economía moderna se fue formando en un contexto histórico distinto, y fue así como cuando en 1776 se publica un libro importante, la teoría del valor-trabajo de los mercantilistas ya comienza a ser superada por la teoría clásica del valor basada en el concepto de "utilidad". Si bien el valor-utilidad venía surgiendo desde el siglo XVIII por medio de ciertos pensadores, será otro quien explote este concepto con su "cálculo del placer y del dolor" y posteriormente será otro quien integre en su análisis una teoría más clara y directa del valor y de la distribución basada en los postulados del utilitarismo. Por su parte, en cuanto a la teoría del valor-trabajo, se realizarán importantes rectificaciones al modelo iniciado por otros.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el análisis descriptivo se realizó la investigación de los mercados hipotecarios Americanos, por lo tanto, se hizo un análisis comparativo de México en relación a Estados Unidos y México donde se abarcaron los bancos hipotecarios de ambos países por ello se tomó en cuenta la variable de la tasa de interés de cada banco hipotecario.

La investigación utiliza la metodología cualitativa descriptiva y utiliza la información de datos en diferentes bancos de ambos países se tomó desde el año 2021 al 2024 para la observación de que tanto subió o disminuyó la tasa de interés en los mercados hipotecarios de Estados Unidos y México.

Se utilizaron cinco bancos americanos y siete bancos Mexicanos donde al final se realizó el promedio tomando desde el año 2021 al 2024 para obtener un porcentaje acumulado. Con esta comparación de los bancos las personas pueden observar que tanta tasa de interés tiene cada banco hipotecario y así mismo poder elegir de la mejor manera posible el de menor tasa de interés. En la investigación se obtuvo información de la inteligencia artificial Research Rabbit con el cual se obtuvo información de diferentes autores de nuestro tema de la investigación. Se investigó de varias fuentes cuales eran los bancos hipotecarios de México y de Estados Unidos para poder hacer la comparación de la tasa de interés de cada banco como también se espera tener más conocimiento a largo plazo de los mercados

hipotecarios para poder observar más a detalle la tasa de interés y observar cual es el que conviene mejormente. En este trabajo no se realizaron encuestas ya que esta mejor hacer un cálculo y comparar los dos países para mejor observación en ambos países. Por ello se hicieron las tablas comparando la tasa de interés de México y Estados Unidos.

La hipótesis plateada es que la tasa de interés hipotecario tiene un impacto significativo en la demanda de préstamos en México.

Tabla 1. Cálculo de la tasa de interés americano

CÁLCULO DE LOS MERCADOS HIPOTECARIOS MEXICANOS						
TASA DE INTERES DE LOS MERCADOS HIPOTECARIOS MEXICANOS						
AÑOS	BANCOS	2021	2022	2023	2024	PROMEDIO
2021-2024	SANTANDER MÉXICO	11.35%	12.25%	13.50%	14.25%	12.84%
2021-2024	INBURSA	10.50%	11.25%	12.50%	13.25%	11.88%
2021-2024	BANORTE	10.75%	11.50%	12.25%	11.50%	11.50%
2021-2024	BBVA	11.25%	11.25%	12.50%	12.75%	11.94%
2021-2024	BANAMEX	10.25%	10.75%	11.75%	12.25%	11.25%
2021-2024	INFONAVIT	9.75%	10.25%	10.50%	10.75%	10.31%
202-2024	HSBC	10.25%	10.75%	11.25%	11.25%	10.88%

Tabla 2. Cálculo de la tasa de interés de México

CÁLCULO DE LOS MERCADOS HIPOTECARIOS AMERICANOS						
TASA DE INTERES DE LOS MERCADOS HIPOTECARIOS AMERICANOS						
AÑOS	BANCOS	2021	2022	2023	2024	PROMEDIO
2021-2024	BANK OF AMERICA	2.98%	6.00%	6.50%	5.50%	5.25%
2021-2024	WELLS FARGO	2.65%	5.00%	6.50%	7.00%	5.29%
2021-2024	QUICKEN LOANS	3%	5.00%	7.00%	7.54%	5.64%
2021-2024	CHASE BANK	4.20%	5.90%	7.89%	8.90%	6.72%
2021-2024	CITI MORTGAGE	4.57%	6.88%	8.65%	9.74%	7.46%

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron dos tablas para mejor observación del trabajo de esas tabla se sacaron los porcentajes y los años para realizar unas graficas de cada país en este caso Estados Unidos y México así mismo se compararon los bancos hipotecarios de ambos países y se analizó que los países están a la par en varios años. Para ello se realizaron las tablas en los años 2021- 2024 por eso mismo fue más fácil realizar la investigación. En las gráficas se observa los porcentajes, en México existe más tasa de interés que en Estados Unidos al igual se colocaron más bancos en México por que al momento de investigar para Estados Unidos daba muy pocos resultados respecto a los bancos. Los resultados en parte están como se desearon para Estados Unidos pero por lo mismo que no se obtuvo mucha información no se pudieron sacar más datos y en México no se puede decir mucho porque solamente fue base para hacer la comparación en entre ambos países.

La hipótesis colocada anterior mente se podría decir que se cumple por que la tasa de interés si afecta a la demanda de los préstamos hipotecarios por que bajan bastante los préstamos por lo que las personas mejor buscan más opciones de bancos por la tasa de interés que tienen los bancos. Se sabe que la tasa de interés es bastante importante para las personas por que buscan no pagar mucho interés a largo plazo por el préstamo hipotecario en Estados Unidos. Por ello los bancos no suben mucho el interés o están a la par de los demás bancos que se dedican a lo mismo de los mercados hipotecarios. En esta investigación se observó que los bancos casi tienen los mismos porcentajes pero cada año aumentan consecutivamente. Por ello las personas hasta a veces llegan a ya no solicitar préstamos hipotecarios por la tasa de interés que con año llegan aumentar.

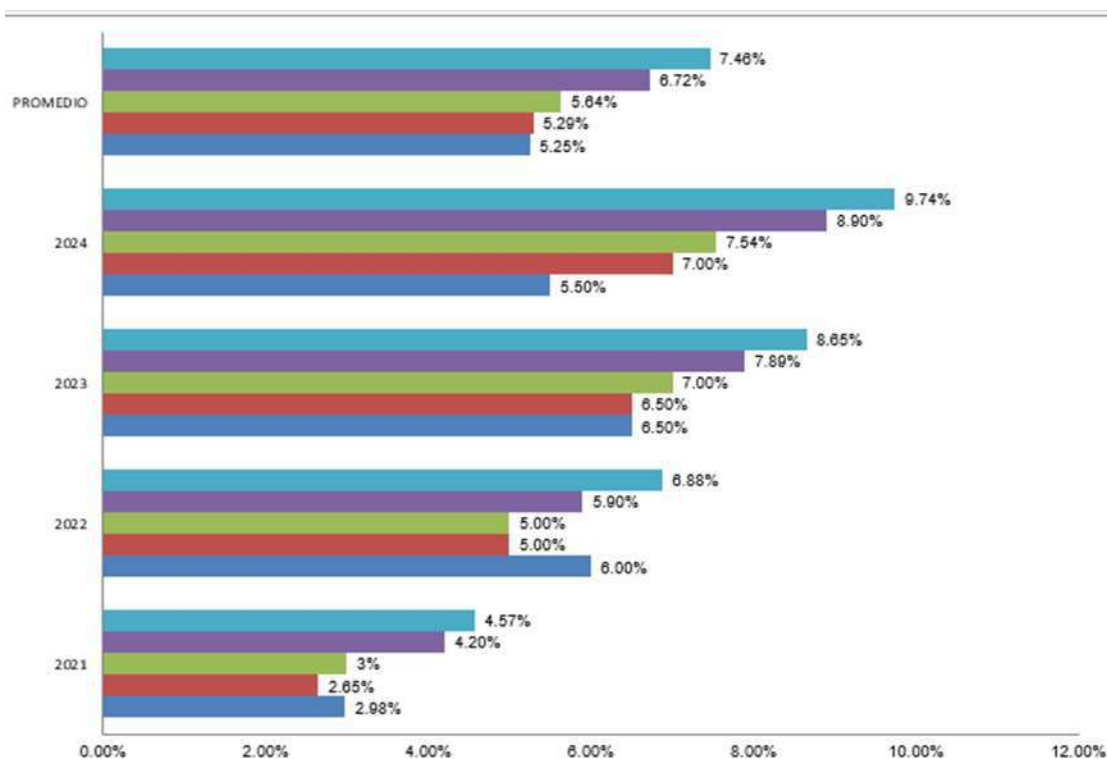


Figura 1. EEU cálculo de su tasa de interés

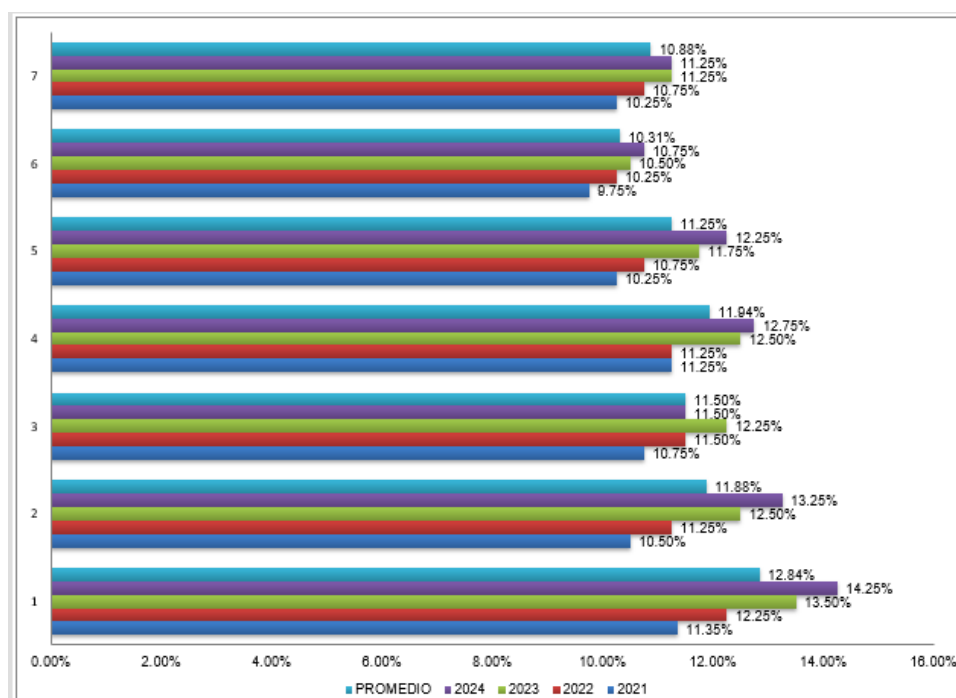


Figura 2. México y su cálculo en la tasa de interés

CONCLUSIÓN

Se recomienda que en la tasa de interés de los bancos no sea tan elevada para mejora de las personas y así tengan una mejor economía ambas partes. En este protocolo de investigación ha analizado el factor de crecimiento o disminución de la tasa de interés en los mercados hipotecarios como también se analizaron diferentes variables y se analizó la hipótesis mencionada anteriormente. Algunos objetivos alcanzados con esta investigación son los siguientes, se analizó la estructura de los factores del interés. Por ello también se identificó los factores económicos y financieros que se llegan a influir en los mercados hipotecarios. Se estableció la hipótesis para entender más sobre la investigación realizada.

Los mercados hipotecarios americanos llegan hacer muy demandados ya que, llegan a ofrecer una gran variedad de productos, desde préstamos hipotecarios convencionales hasta préstamos gubernamentales y subprime. Como también la población de Estados Unidos en edad de comprar casas sigue y sigue aumentando. En los últimos años los mercados hipotecarios americanos han estado influenciados por factores como la política monetaria, la economía y la regulación gubernamental. La reserva federal ha jugado un papel clave en la configuración de la tasa de interés lo que ha impactado en la demanda de préstamos hipotecarios. La tasa de interés puede variar o influir en la demanda de préstamos hipotecarios, la regulación gubernamental influye en las políticas y afecta la disponibilidad de crédito y los requisitos para los prestatarios.

LITERATURA CITADA

- Nación, L. (2023). Los 10 mercados inmobiliarios más fuertes en EE.UU. en 2023. LA NACION. <https://www.lanacion.com.ar/estados-unidos/los-10-mercados-inmobiliarios-mas-fuertes-en-eeuu-en-2023-nid20072023/>
- ResearchRabbit. (2024). ResearchRabbit. <https://www.researchrabbit.ai/>
- Rocket Mortgage.(2024) <https://www.rocketmortgage.com/es/learn/mercado-secundario-de-hipotecas>

CALIDAD EXTERNA DE FRUTOS DE NARANJA VALENCIA DURANTE POSTCOSECHA

G. Areli Tochiuitl-Martíñón¹; Anahi Tochiuitl-Martíñón²; C. Miguel Ramos-Cruz¹;
Juan Vargas-Hernández³; M. de Jesús Bermúdez-Guzmán⁴ y A. Angélica López-
Urbina²

¹INIFAP-Campo Experimental General Terán. KM. 31 Carretera Montemorelos-China Exhacienda Las Anacuas, C.P. 67400, ²Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso. Av. Instituto Tecnológico, S/N, ejido de San Felipe del Progreso, C.P. 50640, ³INIFAP-Campo Experimental San Luis. Ejido Palma de la Cruz soledad de Graciano Sánchez, C.P. 78431, ⁴INIFAP-Campo Experimental Tecomán Km. 35 Carretera Colima-Manzanillo, C.P. 28100. *Autor de correspondencia: tochiuitl_anahi@outlook.com

RESUMEN

La naranja Valencia es considerada la variedad con mayor superficie de siembra en el estado de Nuevo León, contar con materiales que presenten características similares a esta variedad es necesario, ya que podrían considerarse como una alternativa de producción. La calidad externa de los frutos es un factor que determina en primera instancia su aceptabilidad, debido esto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar cada tercer día, la calidad externa de frutos de naranja Valencia (V) y naranja Valencia Dom João (VDJ) almacenados a 24 ± 2 °C durante 15 días; las variables evaluadas fueron: color, pérdida de peso y dimensiones. Los resultados indicaron que a los 15 días de almacenamiento la variedad V presentó el mayor porcentaje de pérdida de peso (8.7 %), la variedad V fue quien mostró valores ligeramente inferiores de diámetro y longitud (6.8 y 6.3 cm) a los presentado por VDJ (6.9 y 6.5 cm), mientras que en la variable de color, al llegar a los 15 días de almacenamiento, luminosidad (V= 72.1 y VDJ= 70.8) y Croma (V=78.1 y VDJ=79.1) no presentaron diferencia significativa en ambas variedades, sin embargo, sí existió en los °Hue (V= 78.9 y VDJ= 75.2).

Palabras clave: naranja, Valencia Dom João, calidad externa, postcosecha, color.

ABSTRACT

The Valencia orange is considered the variety with the largest planting area in the state of Nuevo León. Having materials that have similar characteristics to this variety is necessary, since they could be considered as an alternative production. The external quality of the fruits is a factor that determines in the first instance their acceptability, due to this, the objective of the present investigation was to evaluate every third day, the external quality of Valencia orange (V) and Valencia Dom João orange (VDJ) fruits stored at 24 ± 2 °C for 15 days; the variables evaluated were: color, weight loss and dimensions. The results indicated that after 15 days of storage, the V variety showed the highest percentage of weight loss (8.7 %), the V variety showed slightly lower values of diameter and length (6.8 and 6.3 cm) than those presented by VDJ (6.9 and 6.5 cm), while in the color variable, after 15 days of storage, luminosity (V= 72.1 and VDJ= 70.8) and Chroma (V=78.1 and VDJ=79.1) did not show significant differences in both varieties, , however, did exist in °Hue (V= 78.9 and VDJ= 75.2).

Keywords: orange, Valencia Dom João, external quality, postharvest, color.

INTRODUCCIÓN

La calidad de los frutos de cítricos depende de las especies y variedades, no obstante, está muy influenciada por las condiciones climáticas, prácticas agronómicas y manejo poscosecha. La calidad se mide principalmente de dos formas: calidad externa y calidad interna. El tamaño, el color, la forma, el estado de frescura y la ausencia de defectos superficiales generalmente se tienen en cuenta al evaluar las cualidades externas (Akter *et al.*, 2024).

Los índices de madurez de los cítricos son muy variables, por lo tanto, las decisiones de cosecha son arduas (Gupta *et al.*, 2021). De acuerdo a la época de cosecha, la naranja valencia es considerada una variedad tardía.

En el estado de Nuevo León la superficie de siembra (SIAP, 2024) en el año 2023 fue de 16,483.50 ha. alcanzando una producción de 168,070.9 toneladas. Contar

con materiales que presenten características similares a esta variedad es necesario, ya que podrían considerarse como una alternativa de producción, el Banco de Germoplasma del INIFAP-Campo Experimental General Terán cuenta con algunas variedades de naranja tardía, entre las que se encuentra la variedad Valencia Dom João.

Debido a lo antes mencionado, el objetivo de la presente investigación fue evaluar cada tercer día, la calidad externa de frutos de naranja Valencia (V) y naranja Valencia Dom João (VDJ) almacenados a 24 ± 2 °C durante 15 días; con la intención de que esta última variedad pueda ser considerada una alternativa de producción, las variables evaluadas fueron color, pérdida de peso y dimensiones.

MATERIALES Y MÉTODOS

En febrero del 2024 se cosecharon frutos de Naranjas Valencia y Valencia Dom João de árboles injertados en naranjo agrio, establecidos en el Banco de Germoplasmas del INIFAP-Campo Experimental General Terán, los frutos se almacenaron a 24 ± 2 °C, hasta alcanzar un total de 15 días. Las variables evaluadas fueron color (L, °Hue, croma), pérdida de peso (%) y dimensiones (cm).

Color: el color del epicarpio se midió utilizando un colorímetro portátil e inteligente LS170, con los valores obtenidos (L, a y b) se calculó la luminosidad [L], el ángulo de tono (**ecuación 1**) e índice de saturación (**ecuación 2**), Lancaster *et al.*, 1997.

$$^{\circ}\text{Hue} = \tan^{-1} \frac{b}{a} \quad \text{ecuación 1.}$$

$$\text{Chroma} = \sqrt{a^2 + b^2} \quad \text{ecuación 2.}$$

Pérdida de peso: con el apoyo de una balanza digital se midió el peso de frutos de naranja cada tercer día, y el cálculo del porcentaje de pérdida de peso se realizó empleando la **ecuación 3**.

$$\text{Pérdida de peso (\%)} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100 \quad \text{ecuación 3.}$$

Dimensiones: con la ayuda de un vernier digital se midieron el diámetro y la longitud de los frutos de naranja, los resultados se reportaron en centímetros (cm).

Diseño experimental: los resultados de color se analizaron aplicando un diseño experimental completamente al azar, considerando un fruto como unidad experimental, las medias se compararon con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Se utilizó el programa estadístico SAS® System Version 9.4 for Microsoft® Windows®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tiempo y temperatura de almacenamiento afectan significativamente la mayoría de los parámetros de calidad (Owoyemi *et al.*, 2024). La calidad externa representa directa y fácilmente la calidad comestible y el valor de mercado de un producto (Akter *et al.*, 2024).

Al alcanzar los 15 días de almacenamiento (Cuadro 1), la variedad V presentó el mayor porcentaje de pérdida de peso (8.7 %), los valores fueron superiores a los presentados por De Carvalho *et al.*, 2023, quienes reportan, valores de 6 a 7.5 % de pérdida de peso en frutos de naranja variedad Valencia Late y Natal IAC, almacenados por 15 días a 5 °C.

Los frutos en ambas variedades redujeron su tamaño en aproximadamente 3 cm de diámetro y 4 cm de longitud, la variedad V fue quien mostró valores ligeramente inferiores de diámetro y longitud (6.8 y 6.3 cm) a los presentado por VDJ (6.9 y 6.5 cm), sin embargo, ambos se encuentran en el calibre 7 de acuerdo a la NMX-FF-027-SCFI-2007, la cual, menciona que se excluye todas las naranjas con un diámetro inferior a 58 mm.

Cuadro 1. Pérdida de peso (%), diámetro (cm) y longitud (cm) de frutos de naranja Valencia y Valencia Dom João durante 15 días de almacenamiento.

Tiempo de evaluación (días)	Pérdida de peso (%)		Diámetro (cm)		Longitud (cm)	
	V	VDJ	V	VDJ	V	VDJ
0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	7.1 ± 0.3	7.2 ± 0.1	6.7 ± 0.4	6.9 ± 0.2
3	2.4 ± 0.4	1.9 ± 0.1	7.0 ± 0.3	7.2 ± 0.1	6.6 ± 0.4	6.8 ± 0.2
6	3.9 ± 0.6	3.1 ± 0.2	7.0 ± 0.3	7.1 ± 0.1	6.5 ± 0.4	6.7 ± 0.2
9	5.3 ± 0.8	4.4 ± 0.3	7.0 ± 0.3	7.1 ± 0.1	6.5 ± 0.4	6.6 ± 0.2
12	7.3 ± 0.9	6.1 ± 0.4	6.9 ± 0.3	7.0 ± 0.1	6.4 ± 0.4	6.6 ± 0.2
15	8.7 ± 1.1	7.4 ± 0.4	6.8 ± 0.3	6.9 ± 0.1	6.3 ± 0.4	6.5 ± 0.2

Para evaluar la coloración de cítricos de manera más objetiva, se han utilizado colorímetros, los cuales nos permiten evaluar los cambios de color durante la maduración o después de algún tratamiento postcosecha (Lado *et al.*, 2014).

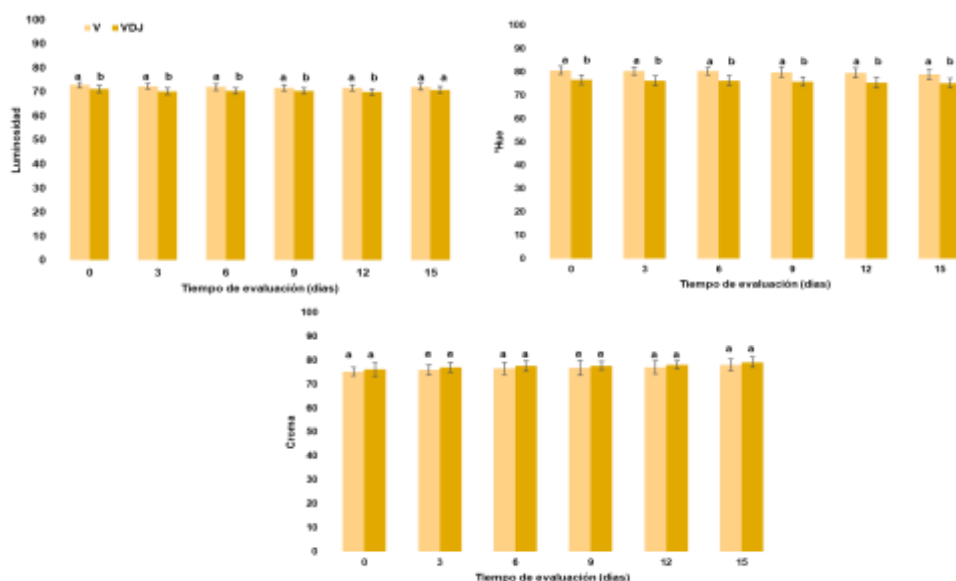


Figura 1. Color del epicarpio de frutos de naranja Valencia (V) y Valencia Dom João (VDJ) almacenados por 15 días a 24 ± 2°C. Valores con diferente letra en cada día de evaluación (0, 3, 6, 9, 12 y 15) son estadísticamente diferentes (Tukey; p ≤ 0.05).

Como se puede notar en la Fig. 1, los valores de luminosidad fueron mayores durante la cosecha (día 0= 72.8), la variedad V tuvo una diferencia significativa superior respecto a VDJ hasta los 12 días de almacenamiento, sin embargo, al llegar a los 15 días, no se presentó diferencia significativa en ambas variedades (V= 72.1 y VDJ= 70.8). De acuerdo a los valores obtenidos de °Hue, la variedad V tuvo diferencia significativa respecto a VDJ, siendo el día de cosecha cuando se obtuvieron los valores más altos (día 0= 80.7), al transcurrir los días, los valores fueron disminuyendo, indicando que los frutos tendían de una coloración amarilla a ligeramente naranja.

Croma no mostro diferencia significativa entre ambas variedades, sin embargo, se percibió una tendencia ascendente al transcurrir los días, alcanzando valores de 76.2 a 79.1 para la variedad VDJ a los 15 días de almacenamiento, mientras que para la variedad V fueron de 75.2 a 78.1.

Los resultados de luminosidad y °Hue tendieron a comportarse como los reportados por Habibi *et al.*, 2024, disminuyeron, lo que indica un cambio en el color de la cáscara, sin embargo, los resultados de Croma se comportaron de manera opuesta a la presente investigación.

CONCLUSIONES

La naranja VDJ presentó menor pérdida de peso y el mismo comportamiento que Valencia en cuanto a la reducción del diámetro y longitud, a excepción de °Hue, no se presentó diferencia significativa al llegar a los 15 días de almacenamiento en cuanto a luminosidad y croma, si bien es cierto, que son diversos los factores que influyen en la calidad de los frutos, de acuerdo a los resultados obtenidos hasta el momento, se considera que la naranja Valencia Dom João puede ser considerada una alternativa de producción.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, por las facilidades prestadas para realizar el presente trabajo.

LITERATURA CITADA

- Akter, T., Bhattacharya, T., Kim, J.-H., Kim, M. S., Baek, I., Chan, D.E., and Cho, B.-K. (2024). A comprehensive review of external quality measurements of fruits and vegetables using nondestructive sensing technologies. *Journal of Agriculture and Food Research* 15,101068. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101068>
- De Carvalho, D.U.; Neves, C.S.V.J.; Da Cruz, M.A.; Colombo, R.C.; Alferez, F.; Leite Junior, R.P. (2023) Effectiveness of Natural-Based Coatings on Sweet Oranges Post-Harvest Life and Antioxidant Capacity of Obtained By-Products. *Horticulturae* 9, 635. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9060635>
- NMX-FF-027-SCFI-2007. Productos Alimenticios no Industrializados para el Consumo Humano-Fruta fresca-Naranja (*Citrus sinensis* Osbeck) – Especificaciones.
- Gupta, A. K.; Pathak, U.; Tongbram, T.; Medhi, M.; Terdwongworakul, A.; Magwaza, L. S.; Mditshwa, A.; Chen, T.; Mishra, P. (2021). Emerging approaches to determine maturity of citrus fruit. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 62(19), 5245–5266. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1883547>
- Habibi, F., Shahid, M. A., Spicer, R. L., Voiniciuc, C., Kim, J., Gmitter, Jr. F. G., Brecht, J. K. and Sarkhosh, A. (2024). Postharvest storage temperature strategies affect anthocyanin levels, total phenolic content, antioxidant activity, chemical attributes of juice, and physical qualities of blood orange fruit. *Food Chemistry Advances* 4,100722. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100722>
- Lado, J., Rodrigo, M. and Zacarías, L. (2014). Maturity indicators and citrus fruit quality. *Stewart Postharvest Review*. 10.
- Owoyemi, A., Porat, R., Lichter, A., Doron-Faigenboim, A., Jovani, O., Koenigstein, N. and Salzer, Y. (2022). Evaluación del rendimiento de almacenamiento de naranjas 'Valencia' y generación de modelos de predicción de vida útil. *Horticultura*, 8, 570. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070570>

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Acciones y Programas.

Cierre de la producción agrícola. noviembre 2024.

<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

CALIDAD FISICA Y CONTENIDO DE PROTEINA DE SEMILLA DE CEBADA EN DIFERENTES FECHAS DE SIEMBRA EN EL VALLE DEL YAQUI SONORA

Francisco Javier Salazar-Huerta¹; Miguel Ángel Avila-Perches²; Gilberto Rodríguez-Pérez¹; Miguel Casas-Ramírez¹; Mario Castillo-Ortiz¹; Mario Bacasegua-Nocamea³

¹Investigadores del Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, ²INIFAP, Campo Experimental Bajío, km 6.5 de la carretera Celaya-San Miguel de Allende, C.P. 38010, Roque, Celaya, Gto. ³Residente Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. Autor de correspondencia: franciscosala.huerta@gmail.com

RESUMEN

Las fechas de siembra en términos de temperaturas cambiantes son fundamentales para determinar el rendimiento potencial del cultivo, ya que es un aspecto importante en el manejo agronómico de la cebada, debido a que está directamente relacionada con la calidad industrial del grano. En el presente estudio se evaluaron tres fechas de siembra y en cada una se sembraron 10 variedades de cebada, en condiciones de riego en Bacum, Sonora. Los resultados indican que el mayor rendimiento de semilla y peso de mil semillas se obtuvo en los ensayos sembrados del 30 de noviembre al 15 de diciembre, además se observó que conforme se retrasó el establecimiento del cultivo, hubo una disminución del peso de mil semillas. Por último, es importante mencionar que la fecha de siembra del 10 de enero, presentó el mayor porcentaje de proteína.

Palabras clave: *Variedades, Peso de grano, Hordeum vulgare, Calidad de semilla, Cereales.*

ABSTRACT

Sowing dates in terms of changing temperatures are essential to determine the potential yield of the crop, since it is an important aspect in the agronomic management of barley, because it is directly related to the industrial quality of the grain. In the present study, three sowing dates were evaluated and in each one, 10

varieties of barley were sown, under irrigation conditions in Bacum, Sonora. The results indicate that the highest seed yield and weight per thousand seeds was obtained in the trials sown from November 30 to December 15, and it was also observed that as the establishment of the crop was delayed, there was a decrease in the weight of a thousand seeds. Finally, it is important to highlight that on January 10, the highest percentage of protein was presented.

Keywords: *Varieties, Grain weight, Hordeum vulgare, Seed quality, Cereals.*

INTRODUCCION

En el mundo, la cebada es el cuarto cereal más importante, se siembran cerca de 48 millones de ha y se obtienen alrededor de 157 millones de t, los principales países son: la Federación Rusa, Australia, Francia, Alemania, Canadá y Turquía que cosechan más del 50 % de la producción internacional (FAO, 2024). En 2023 en nuestro país, se establecieron alrededor de 298,000 ha con cebada y se cosecharon poco más de 832,000 t, de éstas, el 63 % se obtienen principalmente en el Altiplano Central en temporal durante el ciclo primavera-verano y el resto se producen primordialmente en El Bajío y Chihuahua bajo riego en el otoño-invierno. Los principales estados productores son Hidalgo y Guanajuato, que cosechan el 37.6 % de la producción nacional (SIAP, 2024).

La evaluación del rendimiento en entornos que van desde condiciones óptimas a condiciones severas de estrés permiten conocer la capacidad de adaptación de los genotipos a un amplio rango de condiciones ambientales. La variación del rendimiento se atribuye al potencial productivo del ambiente y al potencial genético en interacción con el primero (Pérez *et al.*, 2015). Alrededor del 81 % de la producción total de cebada en México se destina a la industria para su transformación a malta, principal insumo que demandan los grupos cerveceros, mientras que el 18 % se utiliza en la alimentación animal. Hasta hace pocos años, en nuestro país, se realizaba la producción de malta para cerveza, con cebada de seis hileras en la espiga, porque las investigaciones en mejoramiento genético las hicieron aptas a muchas regiones con distintas condiciones climáticas y a resistencia de plagas y enfermedades y además posee un alto potencial enzimático.

No obstante, en Estados Unidos, Canadá y Europa, es preferida la cebada de dos hileras para fabricar una mejor cerveza, esto, porque presentan granos más gruesos y uniformes y una cáscara más fina que la cebada de seis hileras. Diferentes prácticas de manejo agronómico pueden tener efecto en el contenido de proteína del grano, de tal modo que si este es muy elevado no es apropiado para la fabricación de malta para cerveza (Navarrete, 2015). La fecha de siembra es una de las decisiones más importantes que el productor debe tomar en cada inicio del ciclo agrícola, sobre todo cuando se trata de producción de semilla, por lo que deberá considerar diversos factores que afectan directa e indirectamente el potencial de rendimiento de la variedad que vaya a utilizar (Noriega *et al.*, 2019). La cebada crece en un amplio rango de condiciones ambientales, sin embargo, se comporta mejor cuando el espigamiento y llenado de grano tienen lugar con temperaturas moderadas y adecuada humedad del suelo. Entre las principales causas que afectan la calidad industrial del grano, están las condiciones durante y después de la anthesis y llenado de grano, es decir, los efectos causados por la presencia de altas temperaturas o heladas (Pérez, 2014). Las fechas de siembra en términos de temperaturas cambiantes son fundamentales para determinar el rendimiento potencial del cultivo, ya que es un aspecto importante en el manejo agronómico de la cebada, porque está directamente relacionada con la calidad industrial del grano (Alam *et al.*, 2007).

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue cuantificar el efecto de 3 fechas de siembra en el rendimiento, calidad física y contenido de proteína de semilla de 10 genotipos de cebada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló bajo condiciones de riego en el ciclo otoño-invierno 2023-24 en los terrenos del campo experimental del Tecnológico Nacional de México campus Valle del Yaqui, localizado en Bacum, Sonora (27° 41' 54" N, 110° 13' 03" O, y una altitud de 17 metros sobre el nivel del mar). en un suelo vertisol, ligeramente alcalino (pH 7.4) y de textura franco arcillosa. La temperatura promedio y precipitación acumulada durante el desarrollo del cultivo fueron 20.4 °C y 75.2 mm, respectivamente. Se realizaron tres fechas de siembra: 30 de noviembre (FS1),

15 de diciembre (FS2) de 2023 y 10 de enero (FS3) de 2024, en cada una se evaluaron 10 genotipos de cebada (Cuadro 1).

Cuadro 1. Genotipos de cebada en tres fechas de siembra en el Valle del Yaqui, Sonora.

Genotipo	No. de hileras por espiga	Origen y Riego
1.-Guanajuato	dos	INIFAP R
2.-Metcalfe	dos	Francia T y R
3.-Estelar	seis	INIFAP T
4.-Maravilla	seis	INIFAP T F
5.-Doña Josefa	seis	ICAMEX T y R
6.-Adabella	seis	INIFAP T
7.-Alina	seis	INIFAP R
8.-Esmeralda	seis	INIFAP T
9.-Prunella	dos	Canadá T y R
10.-Esperanza	seis	INIFAP R

ICAMEX: Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México. INIFAP: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.
T: Temporal. R: Riego. F: Forraje

Los genotipos en cada fecha de siembra (FS) se manejaron bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. La densidad de siembra fue de 100 kg de semilla por ha. La parcela experimental fue de cuatro surcos de 3 m de largo y 80 cm de separación sembrados a doble hilera con separación de 20 cm entre hileras, en tanto que la parcela útil fue de dos surcos centrales de 3 metros de largo. Se aplicó la fórmula de fertilización, 180-60-00 y se incorporó todo el fertilizante en la siembra. Se efectuó un riego después de la siembra para promover la germinación de semilla y emergencia de la plántula, posteriormente, se realizaron tres riegos de auxilio a los 40, 65 y 85 días. El resto del manejo agronómico se realizó de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP para la región. Se determinaron las siguientes variables: Rendimiento de semilla (RS), peso de mil semillas (PMS), así como porcentaje de proteína de semilla (PPS). Se realizaron análisis estadísticos individuales de cada fecha de siembra y combinados, se utilizó

el programa SAS. La comparación de promedios se hizo con la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron diferencias significativas en todas las fuentes de variación de los tres caracteres estudiados, sin embargo, por la proporción de los cuadrados medios de los análisis de varianza (ANVA), resalta la relevancia de la fecha de siembra (FS) en la manifestación de las variables evaluadas, la importancia de la FS en cebada también ha sido reportada por (Alam *et al.*, 2007) y en trigo por (Noriega *et al.*, 2019). Los coeficientes de variación tuvieron valores menores al 15 %, lo cual se consideran aceptables e indica la confiabilidad de los resultados (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cuadrados medios de los análisis de varianza de tres caracteres de 10 genotipos de cebada evaluados en tres fechas de siembra. En el Valle del Yaqui, Sonora

Fuente de variación	Rendimiento	Peso de mil semillas	Porcentaje Proteína
G	182435.5**	154.2**	11.2**
FS	234567.8**	272.1**	13.7**
GXFS	12569845.3NS	22.6**	1.9NS
C.V.	12.4	5.9	6.6

G: Genotipo.

FS: Fecha de siembra.

C.V. Coeficiente de variación.

N.S.: No significativo; * y ** Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente

El Cuadro 3 muestra el rendimiento de semilla, el peso de mil semillas y el porcentaje de proteínas en donde se observó que la mejor fecha de siembra fue el 30 de noviembre ya que obtuvo 32.8% más de rendimiento que la fecha del 10 de enero. Así mismo es importante mencionar que los porcentajes de proteína más altos se presentaron en la fecha de siembra tardía. Lo cual concuerda con lo reportado por (Perches *et al.*, 2020) y (Perches *et al.*, 2021) en donde menciona que la fecha de siembra tardía presenta en promedio el menor rendimiento de semilla y el mayor contenido de proteína en los genotipos evaluados.

Cuadro 3. Rendimiento de semilla, calidad física y contenido de proteína de 10 genotipos de cebada evaluados en tres fechas de siembra en el Valle del Yaqui, Sonora.

Fuente de variación	Rendimiento (RS)	Peso mil semillas (PMS)	% Proteína (PPS)
30 noviembre	6100a	59.9a	10.4a
15 diciembre	5610a	55.2b	11.2b
10 enero	4130b	51.2c	11.9b
DMS	550	2.8	0.7

Cuadro 4. Rendimiento de semilla, calidad física y contenido de proteína de 10 genotipos de cebada evaluados en tres fechas de siembra en el Valle del Yaqui, Sonora

Genotipo	Rendimiento de	Peso de mil semillas (g) semilla	% de proteína (PPS) (kg	ha-1)
1.-Guanajuato (2)	5385	54	11.4	
2.-Metcalfe (2)	4762	50	11.5	
3.-Estelar (6)	4986	49	10.7	
4.-Maravilla (6)	4397	46	11.3	
5.-Doña Josefa (6)	5355	50	11.5	
6.-Adabella (6)	5310	45	11.5	
7.-Alina (6)	6118	51	11.2	
8.-Esmeralda (6)	4888	47	11.7	
9.-Prunella (2)	6010	58	10.0	
10.-Esperanza (6)	5670	49	11.1	

(2) = dos hileras

(6) = seis hileras

El mayor rendimiento de semilla se observó en la fecha de siembra del 30 de noviembre con 6,100 kg ha⁻¹. Es importante señalar que los menores valores se presentaron en la fecha de siembra del 10 de enero, el más alto rendimiento de semilla en las fechas establecidas en establecidas al final del otoño también fue reportado por (Pérez, 2014). además, conforme se retrasó la fecha de siembra disminuyó el peso de mil semillas, en este aspecto (Noriega *et al.*, 2019) mencionan que el ambiente de producción tiene efecto en la calidad física de la semilla, ya que ambientes favorables propician mayor peso de la misma. En rendimiento de semilla, en promedio de las tres fechas de siembra, Alina y Prunella presentaron los valores

más altos con 6118 y 6010 kg ha⁻¹ respectivamente, de igual manera presentaron un contenido de proteína de 11.2 a 10.0% los cuales se encuentran en un rango aceptable para la elaboración de malta. Además, es importante señalar que en promedio los genotipos de dos hileras en la espiga presentaron un 11.8% más en el peso de mil semillas comparado con los genotipos de seis hileras.

CONCLUSIONES

- El mayor rendimiento de semilla se presentó en la fecha de siembra establecida del 30 de noviembre.
- En la fecha de siembra tardía del 10 de enero presento en promedio el mayor contenido de proteína de semilla.
- Los genotipos de seis hileras Alina y dos hileras Prunella, sobresalieron por su alto rendimiento, así como por su menor promedio en el contenido de proteína.
- El retrasó la fecha de siembra, disminuyó el peso de mil semillas y aumento el porcentaje de proteína en todos los genotipos.

AGRADECIMIENTOS

Sincero agradecimiento al Tecnológico Nacional de México por su apoyo en el financiamiento de este proyecto 21040.24-P.

LITERATURA CITADA

- Alam, M. Z., Haider, S. A., and Paul N. K. (2007). Yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.) in relation to sowing times. Journal of Biological Sciences, 15:139-145.
- Ávila Perches, M.A; Huerta Zurita, R; Gámez Vázquez, J.A; Zamora Díaz, M.R; Gámez Vázquez, F.P. (2020). Comportamiento agronómico de variedades de cebada en diferentes fechas de siembra; In Memoria de la XXXII Semana Internacional de Agronomía Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Dgo. Pág. 178-183
- Ávila Perches, M.A; Huerta Zurita, R; Gámez Vázquez, J.A; Zamora Díaz, M.R; Gámez Vázquez, F.P. (2021). Calidad Física y Contenido de proteína de

- semilla de cebada en diferentes fechas de siembra. In Memoria de la XXXIII Semana Internacional de Agronomía Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Dgo. pág. 271-277.
- Ávila Perches, M.A; Huerta Zurita, R; Gámez Vázquez, J.A; Zamora Díaz, M.R; Gámez Vázquez, F.P. (2021). Componentes del rendimiento de semilla de variedades de cebada. In Memoria de la XXXIII Semana Internacional de Agronomía Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Dgo. pág. 337-342.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2024). Consultado en www.fao.org/faostat
- Navarrete, R. D. (2015). Rendimiento y calidad de grano en líneas experimentales de cebada de dos hileras (*Hordeum distichum* L.). Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Noriega, C. M. A., Cervantes O. F., Solís M.E., Andrio E. E, Rangel L.J., Rodríguez, P. G., Mendoza E. M., García, J. R. (2019). Efecto de la fecha de siembra sobre la calidad de semilla de trigo en El Bajío, México. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 42 (4): 375-384.
- Pérez R. J. A. (2014). Rendimiento de grano, fenología y calidad de semilla en genotipos de cebada maltera. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Anuario estadístico de la producción. Disponible: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.

CALIDAD FÍSICA Y MALTERA DE DOS VARIEDADES DE CEBADA ZURITA Y MARAVILLA

Patricia López-Perea¹, Mauro R. Zamora Díaz², Francisco Paúl Gámez Vázquez¹ y
José Gómez-Espinoza¹

¹Investigador, Campo Experimental Bajío-INIFAP, ²Investigador, Campo Experimental Valle de México-INIFAP. * Autor de correspondencia: patricialoperea@yahoo.es

RESUMEN

La cebada es cuarto cereal de importancia nivel internacional y nacional, principalmente el grano de cebada se emplea para industria maltera como materia prima para la producción de cerveza y forraje, un porcentaje mínimo se emplea para productos de consumo humano. Por ello la necesidad de conocer la calidad que presenta física y maltera de la variedad Zurita que es de nuevo registro, comparando con la variedad Maravilla que tiene algunos años en producción. Se analizaron dos variedades Zurita y Maravilla cultivadas en Valles Altos, Texcoco. La calidad física se determinó bajo la NMX-FF-043-SCFI-2003, lo cual fue granos dañados, peso hectolítrico, peso mil granos e índice de llenado, la calidad maltera se determinó tamaño por cribas, humedad del grano y malta, contenido de proteína, almidón, recuperación maltera, extracto, viscosidad, poder diastásico, pH, color y turbidez, todo bajo métodos de la ASBC (2012). La variedad Zurita presentó mayor contenido de almidón, tamaño del grano al existir un porcentaje de 92.4% retenido en criba 6/64 en comparación a 89.9% en Maravilla, esto se ve reflejado en el llenado del grano, se observó un menor contenido de humedad y proteína, en calidad maltera Zurita posee mayor extracto y poder diastásico, la viscosidad y color es inferior que Maravilla. Ambas variedades presentan valores de cebada forrajeras tanto en calidad física y maltera. La variedad Zurita es una cebada cuyo objetivo a cubrir era las necesidades forrajeras, sin embargo, presenta características que pueden ser empleadas en productos de consumo humano y abrir las oportunidades de uso de esta variedad.

Palabras clave: Cebada, Calidad maltera, NMX-FF-043-SCFI-2003, Consumo humano, Forrajera.

ABSTRACT

Barley is the fourth cereal of international and national importance, mainly barley grain is used for the malting industry as raw material to produce beer and forage, a minimum percentage is used for products for human consumption. Therefore, it is necessary to know the physical and malting quality of the Zurita variety, which is newly registered, compared to the Maravilla variety, which has been in production for some years. Two varieties Zurita and Maravilla grown in Valles Altos, Texcoco, were analyzed. The physical quality is measured under the NMX-FF-043-SCFI-2003, which was damaged grains, hectoliter weight, thousand grain weight and filling index, the malting quality is considered size by sieves, grain and malt moisture, content. protein, starch, malt recovery, extract, viscosity, diastatic power, pH, color and turbidity, all under ASBC methods (2012). The Zurita variety presented a higher starch content, grain size as there was a percentage of 92.4% retained in the 6/64 sieve compared to 89.9% in Maravilla, this is reflected in the filling of the grain, a lower moisture content and protein is observed, in malting quality Zurita has greater extract and diastatic power, the viscosity and color is lower than Maravilla. Both varieties present forage barley values in both physical and malting quality. The Zurita variety is a barley whose objective was to cover forage needs; however, it has characteristics that can be used in products for human consumption and open up opportunities for the use of this variety.

Keywords: Barley, Malting quality, NMX-FF-043-SCFI-2003, Human consumption, Forage.

INTRODUCCIÓN

La cebada forrajera (*Hordeum vulgare*) es uno de los cereales de mayor importancia en la producción agrícola a nivel mundial, especialmente valorada en sistemas ganaderos por su alto rendimiento en biomasa y su capacidad para adaptarse a diversas condiciones agroclimáticas. A lo largo de las últimas décadas, el cultivo de cebada forrajera ha experimentado un auge debido a su resistencia a bajas temperaturas, su habilidad para crecer en suelos menos fértiles y su menor requerimiento hídrico en comparación con otros cereales, lo que la convierte en una

alternativa viable para zonas con limitaciones ambientales. La cebada forrajera desempeña un papel crucial en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas al servir como cultivo de cobertura, ayudando a controlar la erosión y a mejorar la estructura del suelo (Alam et al., 2007).

La cebada forrajera se ha constituido como un cultivo de vital importancia tanto en la alimentación animal como en la dietética humana. Este cereal, conocido por su resistencia y versatilidad, ofrece una serie de beneficios que van más allá de su uso tradicional en la ganadería. En los últimos años, ha cobrado relevancia su potencial para ser incorporado en la dieta humana, destacándose por sus propiedades nutricionales y su capacidad para contribuir a una alimentación más sostenible. A medida que la preocupación por la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental aumenta, la cebada se posiciona como un recurso valioso que merece ser explorado y valorado, tanto al interior de los sistemas agropecuarios como en las mesas de consumo (O'Donovan et al., 2012). En este contexto, es fundamental analizar las características físicas y de calidad maltera de la variedad Zurita, comparando con la variedad Maravilla que es una variedad forrajera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Experimentos en campo: Los experimentos se establecieron bajo un diseño Látxice de 4x4, en Valles Altos Estado de México para ambas variedades Zurita y Maravilla.

Análisis físicoquímico de grano: el grano fue recibido en el Laboratorio de Cebada del Campo Experimental Bajío, los análisis para calidad físico fueron peso mil granos, peso hectolítrico, tamaño de grano por criba y llenado de grano (NMX-FF-043-SCFI-2003; Figueroa, 1984). También, se determinó en grano contenido de humedad, proteína y almidón por un equipo FOSS siguiendo metodología de la AOAC (2000).

Calidad maltera: primero se realizó un micro malteo basado en remojo, germinación y secado bajo la metodología de Figueroa (1984). A la malta se le determinó

humedad, gravedad específica, °plato, extracto, viscosidad, pH, poder diastásico, color y turbidez (ASBC, 2012).

Análisis estadístico: los análisis se realizaron por triplicado, los resultados fueron analizados por una ANOVA de una vía, y se realizó la prueba de Tukey para comparación de medias con $p \leq 0.05$, empleando el paquete estadístico JMP.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1, se muestran los resultados del análisis fisicoquímico realizado en ambas muestras, el contenido de humedad de la variedad Zurita se encuentra dentro de la NMX-FF-043-SCFI-2003, esta norma establece un contenido de humedad de 11.5 a 13.5%, sin embargo, la variedad Maravilla sobrepasa el límite máximo. Con respecto al contenido de proteína, para la industria cervecera se prefieren cebada con un porcentaje de 8 a 12.5%, ambas variedades poseen un contenido alto de proteína (Figueroa, 1985). Un contenido alto para la industria cervecera causa turbidez, pero un contenido alto de proteína es valorado para la alimentación de ganado o consumo humano. El contenido de almidón es bajo en estas variedades, menor a 60%, para cebadas malteras se desea un contenido de almidón mayor al 70% para obtener altos extractos. En estos tres parámetros no hubo diferencias estadísticas significativas entre muestras.

Cuadro 1. Valores medios del análisis fisicoquímico del grano de cebada.

Parámetro	Zurita	Maravilla
Humedad (%)	13.5±0.7a	14.3±0.2a
Proteína (%)	16.1±1.4a	18.4±1.5a
Almidón (%)	59.0±0.5a	58.7±0.4a
Peso mil granos (g.BS)	32.4±0.5b	40.7±0.5a
Peso Hectolítrico (Kg/hL)	60.8±0.9b	63.6±0.4a
Sobre criba 6/64	92.4±0.7a	89.9±0.6b
Sobre criba 5/64	7.1±0.4b	9.8±0.9a
Índice de llenado	592±1.0a	590±0.6b

*Media±Desviación estándar, letras iguales dentro de la misma fila no presenta diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$).

Generalmente el cultivar influye sobre el peso de mil granos, la variedad Maravilla presentó mayor valor que Zurita (Cuadro 1). La calidad física del grano es mayor cuando el cultivo se desarrolla en ambientes con temperaturas frescas, debido a que el tiempo para la acumulación de materia seca es mayor y la humedad en el suelo puede ser mayor, cuando el cultivo se desarrolla en ambientes con temperaturas altas (Pérez-Ruiz et al., 2016). el peso mil granos suele ser menor debido a que disminuye el peso individual del grano (Hossain et al., 2012). Lo anterior también se ve reflejado en el Peso hectolítrico, donde se observa el mismo comportamiento, la norma mexicana establece que debe ser mayor de 56 Kg/hL, ambas variedades superan este valor. Las diferencias fueron significativas entre los genotipos. La calidad industrial y el rendimiento del grano de cebada es mayor cuando el peso hectolítrico es alto (López et al., 2005). Generalmente el peso del grano está determinado por la duración de la etapa de llenado, pero las temperaturas altas durante esta etapa lo reducen (Alam et al., 2007).

Sin embargo, la tendencia en el paso retenido en las cribas y el índice de llenado es diferente a los parámetros antes mencionados. La variedad Zurita presenta granos más grandes dando lugar a un porcentaje mayor retenido en criba de 6/64 y por lo tanto a un porcentaje menor en la criba de 5/64, en comparación que la variedad Maravilla, habiendo diferencias estadísticas significativas. Esto resulta en un índice de llenado mejor para la variedad Zurita (Cuadro 1).

Con respecto a la calidad maltera de ambas variedades se muestran los resultados en el cuadro 2. La gravedad específica del mosto obtenido después del proceso de maceración de Zurita es mayor con respecto a Maravilla, esto se relaciona con los °plato y el extracto obtenido, se observa la misma tendencia, lo cual significa que existe mayor cantidad de azúcares fermentables en Zurita teniendo un extracto de 76.34% (Figueroa, 1985). La humedad en malta no mostró diferencias estadísticas significativas, las muestras son tratadas de la misma forma durante el proceso de malteo.

Cuadro 2. Valores medios de la calidad malera del grano de cebada.

Parámetro	Zurita	Maravilla
Gravedad específica	1.0338±0.03a	1.0335±0.05b
°Plato	8.49±0.56a	8.42±0.89b
Extracto (% BS)	76.34±1.05a	73.58±0.99b
Humedad	6.74±0.89a	6.69±0.67a
Viscosidad (cp)	1.7627±0.56b	1.7862±0.37a
Poder Diástasico (°L)	140.67±1.56a	131.16±2.24b
pH	5.80±0.06a	5.76±0.05a
Color °SRM	3.49±0.12b	5.02±0.22a
Turbidez	0.01±0.00b	0.02±0.00a

*Media±Desviación estándar, letras iguales dentro de la misma fila no presenta diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$).

La viscosidad del mosto obtenido de ambas variedades es por arriba del límite máximo permitido para cebada de uso maltero, el cual es de 1.5 cp, sin embargo, la variedad Maravilla mostró significativamente una viscosidad mayor (Cuadro 2). El poder diastásico representa la actividad enzimática de las enzimas amilolíticas, es decir, la capacidad de hidrolizar el almidón, por lo cual se espera valores altos mayores a 140°L, la variedad Zurita tiene mejor actividad enzimática con un valor de 140.67 °L (Gómez, 2014). El pH del mosto es parámetro importante para lograr una buena fermentación, los rangos de pH deben ser entre 5.1 y 5.5 en caso del mosto (Ditrych et al., 2024), ambas variedades presentan valores mayores, no habiendo diferencias significativas entre ellas.

Las melanoidinas de la malta y los productos de caramelización de la ebullición son los principales contribuyentes al color de la cerveza (Gallone et al., 2016). La variedad Zurita presenta un color más claro al presentar menos °SRM en comparación con la variedad Maravilla, este parámetro tiene relación con la turbidez, sin embargo, para ambas variedades no hay presencia de turbidez (Cuadro 2).

CONCLUSIONES

La variedad Zurita presenta características físicas y de calidad maltera que son similares a la variedad forrajera Maravilla, principalmente en el contenido de proteína, almidón y viscosidad del mosto, pero posee un buen tamaño del grano, extracto, poder diastásico y características del mosto que podrían ser aptos para uso de esta variedad en productor de consumo humano.

LITERATURA CITADA

- Alam, M. Z., S. A. Haider, and N. K. Paul. (2007). Yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.) in relation to sowing times. *J. Biol. Sci.* 15: 139-145.
- AOAC-Association of Official Analytical Methods. (2000). Official Methods of Analysis of AOAC International.
- ASBC. (2004). Methods of Analysis. American Society of Brewing Chemists. En Barley-7 (Vol. I). USA: St. Paul.
- Ditrych, M., Mertens, T., Filipowska, W., Soszka, A., Jaskula-Goiris, B., De Rouck, G., ... Andersen, M. L. (2024). Effect of Mashing-in pH on the Biochemical Composition and Staling Properties of the Sweet Wort. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 82(3), 238–251.
- Figueroa, J. D. 1985. Métodos para Evaluar la calidad Maltera en Cebada. México, D.F.: SARH-INIA.
- Gallone, B., Steensels, J., Prahl, T., Soriaga, L., Saels, V., Herrera-Malaver, B., ... & Verstrepen, K. J. (2016). Domestication and divergence of *Saccharomyces cerevisiae* beer yeasts. *Cell*, 166(6), 1397-1410.
- Gómez García, A. (2014). Mejora y optimización del proceso de elaboración de la cerveza dentro de una industria cervecera (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Hossain, A., J. A. Teixeira da Silva, M.V. Lozovskaya, V. P. Zvolinsky, and V. I. Mukhortov. (2012). High temperature combined with drought affect rainfed

- spring wheat and barley in south-eastern Russia: Yield, relative performance and heat susceptibility index. *Journal of Plant Breed. Crop Sci.* 4: 184-196.
- López, P., F.A. Guzmán, E.M. Santos, F. Prieto, G. Román, y D. Alma. (2005). Evaluación de la calidad física de diferentes variedades de cebada (*Hordeum sativum* jess) cultivadas en los estados de Hidalgo y Tlaxcala, México. *Revista Chilena de Nutrición* 32(3): 247-253.
- NMX-FF-043-SCFI-2003. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-cereal-cebada maltera (*Hordeum vulgare* L. y *Hordeum distichum* L.)-especificaciones y metodos de prueba.
- O'Donovan J. T., T. K. Turkington, M. J. Edney, P. E. Juskiw, R. H. McKenzie, K. N. Harker, G. W. Clayton, G. P. Lafond, C. A. Grant, S. Brandt, E. N. Johnson, W. E. May, and E. Smith. (2012). Effect of seedling date and seedling rate on malting barley production in western Canada. *Can. J. Plant Sci.* 92: 321-330
- Pérez-Ruiz, Juan A., Zamora-Díaz, Mauro, Mejía-Contreras, José A., Hernández-Livera, Adrián, & Solano-Hernández, Salomón. (2016). Evaluación de 10 genotipos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en cinco fechas de siembra y dos ciclos agrícolas. *Agrociencia*, 50(2), 201-213.

CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLA DE MAÍZ CON ENVEJECIMIENTO NATURAL Y ACELERADO

Jose R. Cañada Peña¹ Luis P. Guevara Acevedo^{2§}, Mariano Mendoza Elos², María E. Gallardo Rodríguez², Abril de M. Montesinos Bernal², Mariana Villanueva Amador¹

¹Estudiante de ingeniería en Agronomía TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ² TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ³Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto. [§]Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESÚMEN

El presente trabajo se llevó a cabo con el objetivo de evaluar el efecto del envejecimiento artificial a 24 h y envejecimiento natural en la variedad de semilla mejorada en el ITR, Roque García Tropical, se aplicaron dos tratamientos a las semillas: envejecimiento natural de 5 años y envejecimiento acelerado. Para este último, las semillas se colocaron en charolas con agua y se mantuvieron a 60°C por 24 h. Se sembraron en un diseño experimental de bloques al azar con 3 bloques y 2 tratamientos, la unidad experimental estuvo conformada por un surco en donde se sembraron 25 semillas se regaron regularmente. Se contó el número de semillas emergidas y, una vez estabilizada la emergencia, se seleccionaron 5 plantas al azar de cada tratamiento para medir su crecimiento, peso fresco y peso seco tras secarlas en una estufa. Estas mediciones se repitieron después de 15 días de crecimiento adicional y se seleccionaron al azar cinco plantas una vez que se estabilizó la emergencia. Se midieron longitud de plúmula, raíz y altura total de las plantas con una regla de precisión, y el peso fresco de cada planta fue determinado con una balanza. Después, las plantas se dividieron en plúmula, raíz, semilla y hojas, se pesaron por separado y se almacenaron en bolsas de papel. Posteriormente, las muestras fueron secadas en una estufa a 72°C durante 48 h para medir el peso seco. Los resultados indican que las plantas sometidas a

envejecimiento natural presentaron mayores valores en las variables agronómicas evaluadas en comparación con el envejecimiento acelerado.

Palabras clave. Artificial, natural, biomasa, plúmula, semilla

ABSTRACT

The present work was carried out with the objective of evaluating the effect of artificial aging at 24 h and natural aging in the improved seed variety at the ITR, Roque García Tropical, two treatments were applied to the seeds: natural aging for 5 years and accelerated aging. For the latter, the seeds were placed in trays with water and maintained at 60°C for 24 h. Seeds were sown in a randomized block experimental design with 3 blocks and 2 treatments. The experimental unit consisted of a furrow in which 25 seeds were sown and watered regularly. The number of emerged seeds was counted and, once the emergence was stabilized, 5 plants were randomly selected from each treatment to measure their growth, fresh weight and dry weight after drying them in an oven. These measurements were repeated after 15 days of additional growth and five plants were randomly selected after emergence stabilized. Plumule length, root and total plant height were measured with a precision ruler, and the fresh weight of each plant was determined with a balance. The plants were then divided into plumule, root, seed and leaves, weighed separately and stored in paper bags. Subsequently, the samples were dried in an oven at 72°C for 48 h to measure the dry weight. The results indicate that plants subjected to natural aging presented higher values in the agronomic variables evaluated compared to accelerated aging.

Keywords. Artificial, natural, biomass, plumule, seed

INTRODUCCION

El maíz (*Zea mays*) es uno de los cultivos más importantes del mundo y es esencial para la alimentación humana y animal, así como para una variedad de industrias, la producción de maíz se elevó a más de mil millones de toneladas, convirtiéndolo en uno de los cereales más cultivados del mundo. (FAO, 2020). La producción de maíz

enfrenta desafíos importantes, como plagas, enfermedades y cambios climáticos. Por lo tanto, es necesario adoptar prácticas agrícolas sostenibles, la investigación en agronomía ha avanzado mucho en la creación de variedades resistentes y métodos de manejo que maximizan el rendimiento y la calidad del grano (López *et al.*, 2020). La parte importante de la producción lo constituye la semilla (Doria, 2010), que presenta características genéticas, físicas, sanitarias y fisiológicas de una semilla son determinantes de la uniformidad poblacional, la ausencia de enfermedades, el alto vigor de la planta y la mayor productividad (Lagos *et al.*, 2003), por lo tanto la calidad genética se relaciona con la homogeneidad, la resistencia a plagas y enfermedades, el potencial productivo, la precocidad y la calidad del producto, la calidad física implica la ausencia de materiales inertes y materiales ajenos a la semilla, el contenido de humedad, el peso, el tamaño, el color y la apariencia; la calidad sanitaria implica la ausencia de problemas sanitarios que afecten a la semilla o interfieran con la productividad y la sostenibilidad del cultivo de maíz que dependen de la calidad de la semilla, mas sin embargo, la viabilidad y el vigor de las semillas pueden verse comprometidos por el envejecimiento de las semillas, investigaciones recientes han demostrado que varios factores, como lo han señalado estudios previos, factores ambientales como la temperatura, la humedad y la calidad del almacenamiento pueden afectar el envejecimiento de las semillas (Molina *et al.*, 2003). Este proceso de envejecimiento, ya sea de manera natural o artificial, provoca un deterioro de las semillas, lo que a su vez reduce su capacidad de germinación, ralentiza su velocidad de crecimiento y disminuye su tolerancia frente a condiciones adversas (Gutiérrez *et al.*, 2011), tal como el crecimiento bajo o anormal, la pérdida de compuestos solubles debido a una permutabilidad de membrana excesiva, la disminución de la actividad enzimática y la producción de sustancias tóxicas como ácidos grasos libres son síntomas de la semilla deteriorada. Se descubrió que el envejecimiento natural disminuyó la tasa de acumulación de biomasa en el eje embrionario y la tasa de respiración (Cruz *et al.*, 2003). Por tal motivo el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto del envejecimiento artificial a 24 h y envejecimiento natural en variedades de semilla mejoradas en el ITR.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico Nacional de México campus Roque y se utilizó una variedad de maíz, Roque García Tropical. Los tratamientos de las semillas consistieron con envejecimiento natural de 5 años y otro con envejecimiento acelerado, para ello se colocaron 100 semillas en charolas de plástico con dimensiones de 27 x 21 x 3 cm, llenadas hasta la mitad de su capacidad con agua. Estas charolas fueron posteriormente introducidas en una estufa (FELISA®) a una temperatura de 60 °C, donde se mantuvieron durante un periodo de 24 h. Al cumplir con las horas indicadas se retiraron las charolas y la semilla se sembró en 3 surcos y cada surco con 25 semillas, en una cama de arena la cual se estuvo regando cada tercer día a capacidad de campo. Después del día de siembra (dds) al observar la primera planta emergiendo se contará diariamente el número de semillas emergidas, en el momento cuando la emergencia se estabilizó por tres días consecutivos, se seleccionaron 5 plantas al azar del tratamiento de envejecimiento normal y envejecimiento acelerado 24hr, estas plantas se lavaron y se midieron la plúmula, la raíz y altura de planta con una regla (MAPED®), para el peso fresco las plantas seleccionadas fueron pesadas en una balanza de precisión (ADAM®), después se cortaron la plúmula, raíz, semilla, hojas, con unas tijeras (PRETUL®), se pesaron en la balanza y se guardaron en bolsas de papel, para el peso seco, las muestras fueron secadas en una estufa (FELISA®) a 72°C durante 48 horas. Una vez alcanzado el tiempo necesario, las plantas se retiraron y se pesaron nuevamente, incluyendo cada parte por separado, a las plantas restantes se dejaron crecer durante 15 días más para realizar el mismo procedimiento de medición y pesaje.

Con los resultados de cada variable en cada tiempo se realizó un análisis de varianza en un diseño de bloques al azar con 3 bloques y dos tratamientos, cuando

este presento diferencias ($P > 0.05$) se realizó una prueba de medias Tukey usando el programa SAS systems (9.4).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron efectos al 99% de significancia ($PR > F$) de los tratamientos de envejecimiento acelerado y natural en las variables obtuvieron en longitud de plúmula ($< 0.0001^{**}$), longitud de raíz ($< 0.0001^{**}$), peso fresco de semilla ($< 0.0001^{**}$), biomasa de la planta son de ($< 0.0001^{**}$), peso fresco en planta (0.0005^{**}), peso seco en planta (0.0010^{**}), peso seco en hojas (0.008^{**}), biomasa de semilla (0.0017^{**}) a los 7 días después de siembra, estos valores coinciden con lo reportado por Presa-Figueroa *et al.* (2016) quien obtuvo valores altamente significativos en la variable longitud de plúmula en envejecimiento acelerado. Mientras que para Noriega-Carmona *et al.* (2019) las variables con mayor significancia es la biomasa de la planta, biomasa de semilla y el peso fresco de la semilla ya que la fecha de siembra fue la adecuada para la planta, por otro lado, Solís *et al.* (2010) la longitud de raíz, peso seco de la planta, peso seco de hojas y peso fresco son las de mayor significancia. También se observaron efectos de significancia del 95 % con las variables altura de planta (0.033^{*}) y peso seco de semilla (0.021^{*}) este resultado coincide con Souza-Lemes *et al.* (2016) ya que obtuvo un valor de significancia parecido al de la altura de la planta, por otro lado, Covarrubias *et al.* (2019) tiene un valor no significativo en la variable del peso seco de semilla y para las variables que no presentaron significancia fueron peso fresco de raíz (0.110 ns), peso fresco en hojas (0.999 ns), peso fresco de plúmula (0.230 ns), peso seco de raíz (0.266 ns), peso seco plúmula (0.108 ns), biomasa de raíz (0.099 ns), biomasa de hoja (0.249 ns), biomasa de plúmula (0.002 ns), de acuerdo con Sáenz *et al.* (2021) quien sus valores de peso fresco de raíz y peso fresco de hoja no presentan significancia, mientras que para Presa-Figueroa *et al.* (2016) el peso seco de raíz, peso seco de plúmula son los valores sin significancia, en el otro caso Ocampo (2023) las variables de peso fresco de plúmula, biomasa de raíz, biomasa de hojas, biomasa de plúmula.

Cuadro 1. Efecto del envejecimiento natural y acelerado en la calidad fisiológica de la semilla de maíz a los 7 días después de siembra.

No. Trat	Tratamiento	Altura de planta (cm)	Long plúmula (cm)	Long raíz (cm)	Peso fresco planta (gr)	Peso fresco semilla (gr)
1	Envejecimiento Natural	18.88 a	2.10 a	7.71 a	2.22 a	0.35 b
2	Envejecimiento Acelerado	14.86 b	1.18 b	5.23 b	1.20 b	0.62 a

En el Cuadro 1 se presentan los resultados del tamaño y peso de las plantas sometidas al envejecimiento acelerado y natural en las cuales se observaron que el envejecimiento natural tiene los valores más altos en las variables de altura de planta, longitud de plúmula, longitud de raíz, peso fresco de planta, a excepción de la variable comparación del peso fresco de semilla, quien presenta un valor mayor en el tratamiento del envejecimiento acelerado estos datos coinciden con Hernández (2018) que las variables longitud de plúmula, longitud de raíz, son mayores en el envejecimiento natural, mientras que para Cervantes *et al.* (2011) la altura de planta, peso fresco de planta y peso fresco de semilla son valores más altos en el envejecimiento natural.

Se observa que, en las variables de peso seco de la planta, peso seco de semilla, peso seco de hojas, biomasa de semilla, presentan un valor mayor en el envejecimiento acelerado y en la variable de la biomasa de la planta, el valor más alto es el tratamiento de envejecimiento natural (Cuadro 2) estos resultados no son similares con Estrada (2023) ya que sus resultados más elevados son los de envejecimiento natural a 6 años.

Cuadro 2. Efecto del envejecimiento natural y acelerado en el peso y biomasa de las plantas de maíz a los 7 días después de siembra

No. Trat	Tratamiento	Peso seco planta (gr)	Peso seco semilla (gr)	Peso seco hojas (gr)	Biomasa planta (g)	Biomasa semilla (g)
1	Envejecimiento Natural	0.27 b	0.16 b	0.06 b	1.95 a	0.19 b
2	Envejecimiento Acelerado	0.51 a	0.22 a	0.24 a	0.69 b	0.40 a

Se observa que, en las variables de peso seco de la planta, peso seco de semilla, peso seco de hojas, biomasa de semilla, presentan un valor mayor en el envejecimiento acelerado y en la variable de la biomasa de la planta, el valor más alto es el tratamiento de envejecimiento natural (Cuadro 2) estos resultados no son similares con Estrada (2023) ya que sus resultados más elevados son los de envejecimiento natural a 6 años.

De igual manera en el tratamiento de envejecimiento acelerado a 15 días después del primer pesaje se presentaron a un nivel de significancia al 99 % en las variables de altura de planta ($<0.0001^{**}$), longitud de raíz (0.0006^{**}), peso fresco de planta ($<0.0001^{**}$), peso fresco de raíz ($<0.0001^{**}$), peso fresco de semilla (0.0030^{**}), peso fresco de hoja ($<0.0001^{**}$), peso fresco de plúmula (0.0061^{**}), peso seco de semilla (0.003^{**}), peso seco de hoja (0.0034^{**}), biomasa de planta ($<0.0001^{**}$), biomasa de raíz ($<0.0001^{**}$), biomasa de hoja ($<0.0001^{**}$), biomasa de plúmula ($<0.0053^{**}$), los resultados obtenidos coinciden con Valle (2015), que las variables de altura de planta y longitud de raíz son altamente significativas a los 35 días después de siembra del tratamiento de envejecimiento acelerado. Por su parte Bailón (2022), las variables con resultados similares de significancia son peso fresco de planta, peso fresco de semilla, peso fresco de hoja, peso seco de hoja, biomasa de la planta, biomasa de raíz, biomasa de hojas y biomasa de plúmula esto en 35 días después de la siembra en envejecimiento acelerado y sometidas a diferentes colores de luces led. Adicionalmente Tepole (2017) menciona el peso seco de semilla altamente significativa a los 17 días después de siembra en el envejecimiento. Así mismo para González (2014), las variables de peso fresco de raíz y peso fresco de plúmula son altamente significativas. También se observó una significancia al 95% que fue el peso seco (0.028^{*}), que este valor difiere del obtenido por Bailón (2022) la cual menciona que es una variable altamente significativa a los

35 días después de siembra. Por otro lado se presentaron valores no significativos (ns), longitud de plúmula (0.082 ns), peso seco de raíz (0.370 ns), peso seco de plúmula (0.413 ns), y biomasa de semilla (0.053 ns), como afirma Ramírez (2023) que longitud de plúmula, peso seco de raíz no son significativas a los 25 días después de siembra en el envejecimiento acelerado, mientras que Valencia (2014)

No. Trat	Tratamiento	Altura de planta (cm)	Longitud raíz (cm)	Peso fresco planta (gr)	Peso fresco raíz (gr)	Peso fresco hojas (gr)	Peso fresco plúmula (gr)	Peso fresco semilla (gr)
1	Envejecimiento natural	42.03 a	11.82 a	3.50 a	0.39 a	2.64 a	0.16 a	0.30 b
2	Envejecimiento acelerado	29.97 b	9.66 b	2.17 b	0.18 b	1.49 b	0.10 b	0.41 a

muestra que el peso seco de la plúmula a 14 días después de siembra es altamente significativa, al igual que Bailón (2022) quien muestra que la biomasa de la semilla es altamente significativa.

Cuadro 3. Efectos del envejecimiento natural y acelerado en parámetros de crecimiento y peso fresco de la planta de maíz a los 15 días después de siembra

En el cuadro 3 se observan los valores de los tratamientos de envejecimiento acelerado y el natural a los 15 días después de siembra en el cual los valores más altos se obtuvieron del envejecimiento natural, altura de planta, longitud de raíz, peso fresco de planta, peso fresco de raíz, peso fresco de hojas, peso fresco de plúmula, mientras que en el peso fresco de la semilla el envejecimiento acelerado es el que obtuvo el mayor valor, los resultados coinciden con Sáenz (2022) que la longitud de raíz, altura de la planta, peso fresco de raíz, peso fresco de hojas, son más altos en el envejecimiento natural, mientras que para Ocampo (2023) el peso fresco de plúmula, peso fresco de planta los valores más altos son sin envejecimiento acelerado, por lo tanto para Souza-Lemes *et al.* (2016) el peso fresco de la semilla tiene mayor valor en el envejecimiento acelerado a los 21 días después de siembra.

Cuadro 4. Impacto del Envejecimiento Natural y Acelerado en los Parámetros de Peso Seco y Biomasa en Plantas

No. Trata	Tratamiento	Peso seco planta (g)	Peso seco hojas (g)	Peso seco semilla (g)	Biomasa planta (g)	Biomasa raíz (g)	Biomasa hojas (g)	Biomasa plúmula (g)
1	Envejecimiento natural	0.66 a	0.50 a	0.07 b	2.84 a	0.33 a	2.13 a	0.14 a
2	Envejecimiento acelerado	0.52 b	0.32 b	0.12 a	1.65 b	0.12 b	1.16 b	0.09 b

Se observa que los resultados de mayor valor se obtuvieron en el tratamiento de envejecimiento natural de las variables de peso seco de planta, peso seco de hojas, biomasa de la planta, biomasa de raíz, biomasa de hojas, biomasa de la plúmula, a excepción del peso seco de la semilla la cual su valor mayor fue el de envejecimiento acelerado (Cuadro 4), los datos obtenidos coinciden con los de Bobadilla *et al.* (2013) peso seco de planta el valor mayor es de envejecimiento natural a los 20 días después de siembra, mientras que a Solís *et al.* (2010) el peso seco de hojas y peso seco de semilla el valor mayor es en envejecimiento natural, por lo tanto para Pérez *et al.* (2007) en las variables de las biomásas salieron altos los valores del envejecimiento natural a los 15 días después de siembra

CONCLUSIONES

La investigación demuestra el envejecimiento acelerado como el natural impactan de manera significativa en diversas variables del crecimiento y peso de las plantas, mostrando efectos distintos y específicos para cada tratamiento. Los resultados evidencian que el envejecimiento acelerado no favoreció el desarrollo de altura, longitud de raíz, longitud de plúmula y peso fresco de la planta, variables en las que obtiene valores significativamente más altos en el envejecimiento normal. Esto

sugiere que el envejecimiento no permite un desarrollo estructural inicial más robusto.

LITERATURA CITADA

- Ana B. Cruz-Pérez¹, Víctor A. González-Hernández¹, Ma. Carmen Mendoza-Castillo² y Ma. Luisa Ortega-Delgado. (2003). Marcadores fisiológicos de la tolerancia al envejecimiento de semilla de maíz. *Agrociencia* Vol. 37 Núm. 4: 371-381.
<http://valoragregado.org/ojsagrociencia/index.php/agrociencia/article/view/266/266>
- Bailón P., M. J. (2022). Uso de luz led en la producción de semillas de tomate (Doctoral dissertation).
<http://colposdigital.colpos.mx:8080/handle/10521/5063>
- Bobadilla M., M., Gámez Vázquez, A. J., Ávila Perches, M. A., García Rodríguez, J. J., Espitia Rangel, E., Moran Vázquez, N., & Covarrubias Prieto, J. (2013). Rendimiento y calidad de semilla de avena en función de la fecha y densidad de siembra. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(7), 973-985.
- Cervantes O., F., García De los Santos, G., Carballo Carballo, A., Bergvinson, D., Crossa, J. L., Mendoza Elos, M., ... & Moreno Martínez, E. (2011). Estimación de efectos genéticos relacionados con el vigor de la semilla y de la plántula en maíces tropicales mexicanos. *Phyton (Buenos Aires)*, 80(1), 19-26.
javascript:void(0);
- Covarrubias P., J., Jerónimo Arriaga, M., Basilio-Apolinar, A., Ramírez-Pimentel, J. G., & Raya-Pérez, J. C. (2019). Osmoacondicionamiento de seis poblaciones de maíz sometidas a envejecimiento acelerado. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(8), 1759-1770.

- Estrada M., Y. (2023). Efecto de bioproductos sobre la calidad fisiológica de semillas de dos variedades de maíz (*Zea mays* L.) (Doctoral dissertation, Universidad de Sancti Spíritus" José Martí Pérez"). <http://hdl.handle.net/123456789/9035>
- FAO. (2020). "El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2020." Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <https://www.fao.org/agrifood-economics/publications/detail/es/c/1476548/>
- Germán F. Gutiérrez-Hernández^{1*}, Jorge M. Vázquez-Ramos², Elpidio García-Ramírez², Marina O. FrancoHernández³, José L. Arellano-Vázquez⁴ y Dagoberto Durán-Hernández¹ (2011), Efecto del envejecimiento artificial de semillas de maíces criollos azules en su germinación y huella genómica. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 34 (2): 77 - 84, 2011. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v34n2/v34n2a5.pdf>
- González R., F., León Gómez, D., Borges Gómez, L., Pinzón López, L., Magaña Magaña, M., Sangines García, R., & Urrestarazu Gavilán, M. (2014). Envejecimiento acelerado sobre la calidad de semillas de maíz para producir germinados para forraje alternativo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(SPE8), 1487-1493.
- Juan C. Molina Moreno, Víctor A. González Hernández, Aquiles Carballo Carballo, Manuel Livera Muñoz, Fernando Castillo González y María Luisa Ortega Delgado (2003), Cambios en la calidad fisiológica y su asociación con la madurez de la semilla de maíz durante su formación. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 26 (4): 271 – 277 <https://revfitotecnia.mx/index.php/RFM/article/view/1243>
- Jessica D. (2010) Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 2010, vol. 31, no. 1, p. 74-85
- López, A., Martínez, R., & Castillo, M. (2020). Advances in maize genetics and breeding. *Crop Science*, 60(4), 1231-1246.
- Lagos, T. C., Criollo, H., & Ruiz, H. (2000). Calidad de la semilla de maíz utilizada en algunas zonas maiceras de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, Vol. 17 No. 2 <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/issue/view/204>

- Magdaleno H., E. D. G. A. R. (2018). Prácticas productivas campesinas del sistema milpa en el Valle de Acambay, Estado de México. <http://hdl.handle.net/10521/3153>
- Martínez S., J., Virgen Vargas, J., Peña Ortega, M. G., & Santiago Romero, A. (2010). Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(3), 289-304.
- Noriega-Carmona, M. A., Cervantes-Ortiz, F., Solís-Moya, E., Andrio-Enríquez, E., Rangel-Lucio, J. A., Rodríguez-Pérez, G., ... & García-Rodríguez, J. G. (2019). Efecto de la fecha de siembra sobre la calidad de semilla de trigo en el Bajío, México. *Revista fitotecnia mexicana*, 42(4), 375-384.
- Ocampo C., M. T. (2023). Efecto del carbón activado en hongos y fisiología de semillas de maíz (*Zea mays* L.). <http://repositorio.uaaan.mx:8080/handle/123456789/49161>
- Pérez de la C., F. D. J., Carballo Carballo, A., Santacruz Varela, A., Hernández Livera, A., & Molina Moreno, J. C. (2007). Calidad fisiológica en semillas de maíz con diferencias estructurales. *Agricultura técnica en México*, 33(1), 53-61.
- Presa-Figueroa, M. I., Andrio-Enríquez, E., Rivera-Reyes, J. G., Mendoza-Elos, M., & Cervantes-Ortiz, F. (2016). Calidad fisiológica en líneas endogámicas de maíz para el Bajío. *Biotecnología y Sustentabilidad*, 1(1), 125-125.
- Ramírez S., E. (2023). Producción, calidad de semilla y establecimiento de plántulas en *Bouteloua curtipendula* (MICHX) TORR (Doctoral dissertation). <http://hdl.handle.net/10521/5066>
- SIAP. (2024). Panorama agroalimentario 2024. La ruta de la transformación agroalimentaria. https://nube.siap.gob.mx/panorama_siap/pag/2024/Panorama-Agroalimentario-2024
- Souza-Lemes, E., Oliveira, S. D., Tavares, L. C., Mendonça, A. O. D., Dias-Leitzke, I., Meneghello, G. E., & Barros, A. C. S. A. (2016). Productivity and

- physiological quality of irrigated rice seeds under salt stress and carbonized rice husk ashes fertilization. *Agrociencia*, 50(3), 307-321.
- Sáenz A., M. (2022). Aplicación de nanopartículas de ZnO y de MgO para determinar su efecto en plantas de maíz cultivadas en invernadero. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/7531892?show=full>
- Tepole G., D. (2017). Evaluación de tres densidades de población en hembra de maíz para la producción y calidad de la semilla. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/8427>
- Valle M., W. (2015). El efecto del tiempo de almacenamiento de la semilla en la reproducción de la estevia (*Stevia rebaudiana* Bert.) (Doctoral dissertation). <http://hdl.handle.net/123456789/6077>
- Valencia M., Y. E. N. Y. (2014). efecto de la morfología de la semilla de maíz (*zea mays* L.) en el vigor, bajo condiciones de envejecimiento artificial. [https://repositorio.uaaan.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/1335/EFECTO%20DE%20LA%20MORFOLOGIA%20DE%20LA%20SEMILLA%20DE%20MAIZ%20\(Zea%20mays%20L.\)%20EN%20EL%20VIGOR,%20BAJO%20CONDICIONES%20DE%20ENVEJECIMIENTO%20ARTIFICIAL%20\(2\).pdf?sequence=1](https://repositorio.uaaan.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/1335/EFECTO%20DE%20LA%20MORFOLOGIA%20DE%20LA%20SEMILLA%20DE%20MAIZ%20(Zea%20mays%20L.)%20EN%20EL%20VIGOR,%20BAJO%20CONDICIONES%20DE%20ENVEJECIMIENTO%20ARTIFICIAL%20(2).pdf?sequence=1)

CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE MAÍZ DETERIORADA

Fernando Linares Gasca¹, Luis P. Guevara Acevedo², Cesar E. Rico Ramírez¹, Daniel Rodríguez Mercado², Francisco Cervantes Ortiz², Berenice Rivera Cortez².

¹Estudiante de ingeniería en agronomía TecNM-campus Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ²TecNM-campus Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ³Dirección General de Medio Ambiente de Celaya, Celaya Gto. ⁴Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

Este estudio, realizado en el Tecnológico Nacional de México campus Roque, tuvo como objetivo evaluar el vigor de semillas de maíz (deterioro) de la variedad Roque Elotero 2023 ♀ en camas de arena sometido a dos tratamientos de envejecimiento: natural de 5 años y acelerado por 24h a 60°C. Para el tratamiento de envejecimiento acelerado, se utilizó una charola de plástico de 28x21x3 cm colocando 100 semillas encima de una malla de metal y del recipiente. Las camas se regaron inmediatamente después de la siembra y cada tres días, a capacidad de campo en. Se registraron diariamente conteos de la emergencia hasta la estandarización. Después, se muestrearon 5 plantas por surco del tratamiento de envejecimiento natural y acelerado para medir los parámetros (longitud de raíz, altura de planta, longitud de plúmula) con una regla (MAPED®). Las plantas se cortaron en partes (raíz, plúmula, hojas) utilizando tijeras (Pelikan®), y se pesó peso fresco cada parámetro en una balanza analítica (ADAM®). Luego, las partes se metieron en bolsas de papel (15 por tratamiento) y se introdujeron en la estufa (FELISA®) a 72°C por 48 h y se pesó seco de la misma manera todos los parámetros. Las plantas restantes se dejaron crecer durante 15 días para repetir todo el proceso y comparar ambos tratamientos, evaluando así el efecto de la exposición a altas temperaturas en el envejecimiento acelerado. Obteniendo como resultados más destacables que el tratamiento de envejecimiento acelerado la zona radicular se desarrolla de una mejor manera sin embargo en altura de planta destaca más el tratamiento de envejecimiento natural en altura de planta y longitud de plúmula.

Palabras clave: Vigor, Altura de planta, Biomasa, Peso fresco, Peso seco, Tratamiento.

ABSTRACT

The objective of this study, conducted at the Technologic Nacional de México campus Roque, was to evaluate the vigor of corn seeds (deterioration) of the Roque Elotero 2023 ♀ variety in sand beds subjected to two aging treatments: natural (5 years) and accelerated (24h at 60°C). For the accelerated aging treatment, a 28x21x3 cm plastic tray was used by placing 100 seeds on top of a metal mesh and the container. The beds were watered immediately after sowing and every three days, at field capacity at. Counts were recorded daily from emergence until standardization. Then, 5 plants per furrow of the natural and accelerated aging treatment were sampled to measure the parameters (root length, plant height, plumule length) with a ruler (MAPED®). The plants were cut into parts (root, plumule, leaves) using scissors (Pelikan®), and each parameter was weighed fresh weight on an analytical balance (ADAM®). The parts were then placed in paper bags (15 per treatment) and placed in an oven (FELISA®) at 72°C for 48 hours and all parameters were weighed dry in the same way. The remaining plants were left to grow for 15 days to repeat the whole process and compare both treatments, thus evaluating the effect of exposure to high temperatures on accelerated aging. The most outstanding results obtained were that the accelerated aging treatment developed the root zone in a better way; however, in plant height, the natural aging treatment stood out more in plant height and plumule length.

Keywords: *Vigor, Plant height, Biomass, Fresh weight Dry, weight, Treatment*

INTRODUCCIÓN

El cultivo de Maíz (*Zea mays*) es un cultivo de gran importancia a nivel económico debido a su demanda de valor nutricional y que puede ser utilizado para consumo en animales y humanos, en el año 2016 a nivel mundial alcanzo una producción de 1.025,6 millones de toneladas, (FIRA, 2016). La producción total del Maíz, a su vez es generada por grandes agricultores (agricultura convencional) y también por los pequeños agricultores utilizando la agricultura tradicional, sin embargo, las dificultades para estos agricultores aumentan debido a que no se tiene el

conocimiento e información necesaria, en la actualidad ya existen una gran cantidad de híbridos que se pueden emplear, dando así una gran variedad de genotipos adaptables a las diferentes condiciones ambientales (Aguilar *et al.*, 2015). El manejo agronómico del maíz junto con el clima son dos factores que crean un papel fundamental en la planta y la forma de desarrollarse, aunque existan ciertas limitaciones, un buen manejo de este puede generar una buena producción siendo este una de las gramíneas más populares y conocidas a nivel mundial (Sotelo *et al.*, 2016). Teniendo en cuenta que la calidad de las semillas se ve afectada por diversos factores en la producción, almacenamiento y transporte, es crucial realizar un control de calidad durante estos procesos para preservar su calidad y vigor (García *et al.*, 2016). El envejecimiento de la semilla además de medir su vitalidad mide su capacidad de conservación cuando se somete la semilla a altas temperaturas (60°C) (Chacon, 2018). Por otro lado, Sales *et al.* (2022) menciona que las pruebas de envejecimiento acelerado que se aplicaran a las semillas es una de las maneras en las que se evaluara la resistencia de las semillas y junto con ellas las condiciones como su capacidad de germinación cuando las someten a altas temperaturas, como consecuencia de esto las semillas sufren en su capacidad de crecimiento y germinación una disminución en el crecimiento de la planta y su tolerancia con condiciones desfavorables. Además, Gonzales *et al.* (2014) nos dice que la forma en la que evalúan la capacidad de germinación junto con la resistencia en las semillas y varias condiciones adversas, las semillas adversas sufren en el crecimiento inicial de las plántulas debido a sus condiciones desfavorables. Por lo tanto, el presente experimento se enfocó en evaluar el vigor de la semilla de maíz sometida a tratamiento de envejecimiento acelerado, comparada con semilla con envejecimiento natural.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El presente trabajo se realizó en el Tecnológico Nacional de México campus Roque. Para cumplir con el objetivo se utilizó 1 variedad de maíz Roque Elotero 2023 ♀ con dos tratamientos, uno con 5 años de envejecimiento natural y otro con envejecimiento acelerado de 24h. para este se colocaron 100 semillas de la

variedad en 1 un contenedor de plástico de 28x21x3cm de cubierto a la mitad de agua y llevada a una estufa (FELISA®) con una temperatura de 60°C por 24 h, cuando se cumplió ese lapso de tiempo y el lote de semillas con envejecimiento natural se sembró en camas de arena 3 surcos de 25 semillas de la variedad Roque Elotero 2023 ♀ y de los dos tratamientos natural y acelerado. Inmediatamente después de la siembra se regó y se siguió regando cada tercer día a capacidad de campo. Posterior a la siembra y diariamente se muestreo la emergencia hasta que esta presento estandarización en sus valores y se procedió a sacar 5 plantas de muestra de cada surco de la variedad Roque Elotero 2023 ♀ de los dos tratamientos de envejecimiento normal y de 24 h de envejecimiento acelerado, para posterior medir la plúmula con una regla (MAPED®) y raíz, y altura de planta, después se cortó la raíz, plúmula, y hojas con unas tijeras (Pelikan®) y se llevó a la balanza analítica (ADAM®) para peso en fresco de cada parte de la planta, semilla, raíz, plúmula y hojas, se calibro la estufa (FELISA®) a 72°C y se introdujeron en bolsas de papel las cuales contenían 1 planta con todas las partes cortadas anteriormente metiendo un total de 15 bolsas durante 48 horas a 72°C, pasado el lapso de tiempo se sacaron y se realizó el mismo procedimiento de pesaje logrando obtener su peso seco, las plantas restantes se dejaron crecer durante 15 días para poder realizar el mismo procedimiento de medición y pesaje y poder comparar el tratamiento normal y de envejecimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza muestran que los tratamientos de envejecimiento natural y artificial de la variedad Roque elotero 2023 ♀ presentaron un efecto al 99% de significancia ($P < F$) en las variables longitud de plúmula ($< .0001^{**}$), altura de planta (0.003^{**}), peso fresco (0.0096^{**}), peso fresco hojas (0.0021^{**}), biomasa de la planta (0.0075^{**}) y biomasa de hojas (0.0039^{**}), para el valor de la plúmula se observaron valores similares a los reportados por Gonzales (2022) quien observo una alta significancia ($< .0001^{**}$) en la longitud de plúmula por efecto de los tratamientos con envejecimiento natural de semillas de maíz, misma tendencia reportó De la Cruz et al. (2009) para la variable altura de planta en

envejecimiento natural (0.003**), pero difiere el valor de la longitud de raíz en envejecimiento acelerado (0.04884*) presento valores con una significancia al 95% ($PR > F$ 0.0001) que coinciden con lo presentado por Valderrama *et al.*, (2005). Para la variable de peso seco de hojas en envejecimiento natural y acelerado ($Pr > F$, 0.279^{ns}) no presento valores significativos mientras que para biomasa de la planta (0.0075**) y Biomasa de Hojas (0.0039**) mostraron alta significancia al 99.99% ($PR > F$ 0.0001) asimilándose casi con los mismos valores mencionado por Vásconez *et al.*, (2021) el cual menciona que la biomasa total determino un crecimiento vegetativo de una significancia al 95% ($PR > F$ 0.0005) en tratamiento de envejecimiento natural y acelerado.

No. Trat	Tratamiento	Long Plúmula (cm)	Long Raíz (cm)	Altura Planta (cm)	Peso Fresco (gr)	Peso Fresco Hojas (gr)	Peso Seco Hojas (gr)	Biomasa Planta (g)	Biomasa Hojas (g)
1	Envejecimiento Natural	2.20 a	7.02 b	11.59 b	1.04 b	0.40 b	0.04 b	0.80 b	0.36 b
2	Envejecimiento Acelerado	1.54 b	9.12 a	15.83 a	1.45 a	0.71 a	0.07 a	1.22 a	0.63 a

Cuadro 1. Efecto de envejecimiento natural y acelerado de semillas de maíz en la calidad fisiológica a los 7 días después de siembra.

El tratamiento de envejecimiento artificial de la variedad Roque Elotero 2023 ♀ mostro valores más altos en las variables longitud de raíz (15.83 cm), altura de planta (15.83 cm), peso fresco (1.45 cm) peso fresco hojas (0.71 cm), peso seco hojas (0.07 cm), biomasa de planta (1.22) y biomasa de hojas (0.63 cm) y para la variable longitud de plúmula el envejecimiento artificial presento el mayor valor con 1.54 cm, este valor es superior al reportado por Martínez, H. (2006) que en semillas de maíz observo un valor de 0.69 cm con envejecimiento natural de semillas de maíz, mientras que, para la variable altura de planta no encontró diferencias para envejecimiento natural. Asi mismo Briceño (2011), mostro valores similares para biomasa de planta con 1.22 g y biomasa de hojas de 0.63 g.

Los valores obtenidos a los 15 días después de la germinación de la variedad Roque Elotero 2023 ♀ de los tratamientos envejecimiento acelerado y envejecimiento

natural mostraron efecto altamente significativo ($PR > F 0.001$) en longitud de raíz (0.0064^{**}), altura de planta ($<.0001^{**}$), peso fresco raíz ($<.0001^{**}$), peso seco planta ($<.0001^{**}$), peso seco raíz ($<.0001^{**}$), peso seco plúmula ($<.0003^{**}$) peso seco hojas ($<.0001^{**}$), biomasa planta ($<.0001^{**}$), biomasa raíz ($<.0001^{**}$), biomasa plúmula ($<.00010^{**}$) y biomasa hojas ($<.0001^{**}$), para longitud de raíz (0.0064^{**}).

Al respecto, Busso y Bolletta, (2007) reportaron resultados similares en la altura de planta a los observados en esta investigación ($PR > F 0.001$) con tratamientos con envejecimiento acelerado de semillas de maíz, caso similar reporta Laynez *et al.* (2007), observaron diferencias altamente significativas (0.0001) en la altura de planta y peso seco de la planta por efecto de envejecimiento acelerado en semillas de maíz.

Para el valor observado en esta investigación para peso seco de raíz ($<.0001^{**}$), Espinosa *et al.*, (2015) mencionan que no encontraron diferencias significativas para para esta variable. A su vez Brosnan *et al.*, (2010) y Kohle *et al.*, (2002) coinciden con un 99% de significancia ($PR > F 0.001$) para el efecto del tratamiento de envejecimiento artificial; para la variable de peso seco de plúmula ($<.0003^{**}$) Patiño *et al.*, (2014) encontró diferencias altamente significativas (0.0001) en los tratamientos de envejecimiento artificial y natural; para la variable biomasa planta ($<.0001^{**}$) y la variable biomasa hojas ($<.0001^{**}$). Vásconez *et al.*, (2021) reporta que obtuvo diferencias con alta significancia (0.001) en el tratamiento de envejecimiento natural.

Cuadro 2. Efecto de envejecimiento natural y acelerado de semillas de maíz en la calidad fisiológica a los 15 días después de siembra.

No. Trat	Tratamiento	Longitud Plúmula (cm)	Longitud Raíz (cm)	Altura Planta (cm)	Peso Fresco Raíz (gr)	Peso Seco Planta a (gr)	Peso Seco Raíz (gr)	Peso Seco Plúmula (gr)	Peso Seco Hojas (gr)
1	Envejecimiento Natural	1.30 a	15.44 a	36.30 a	0.46 a	0.57 b	0.07 b	0.02 b	0.40 b
2	Envejecimiento Acelerado	1.16 b	11.66 b	22.89 b	0.23 b	1.92 a	0.13 a	0.06 a	1.65 a

A los 15 días después de la germinación el tratamiento de envejecimiento acelerado mostro valores menores a los del tratamiento de envejecimiento natural para las variables longitud de plúmula (1.16 cm), longitud de raíz (11.66 cm), altura de planta

(22.89 cm), peso fresco raíz (0.23 gr) con una diferencia para longitud de plúmula de (0.14 cm), para longitud de raíz (3.78 cm), para altura de planta (13.41 cm), para peso fresco de raíz (0.23 gr). Así mismo el tratamiento de envejecimiento natural arrojó valores menores a los del tratamiento de envejecimiento acelerado en las variables peso seco (0.57 gr), peso seco raíz (0.07 gr), peso seco plúmula (0.02 gr), peso seco hojas (0.40 gr); para peso seco hojas se tuvo una diferencia de (1.35 g), para peso seco de raíz (0.06 g), para peso seco plúmula (0.04 gr), para peso seco hojas (1.25 gr); Méndez-Natera y Vergara (2000) reportó el valor de 20 cm en altura de planta con una significancia de ($PR > F 0.005$) en tratamiento de envejecimiento acelerado de semillas de maíz; además para las variables de peso seco de raíz (0.09 g) y peso seco de la planta (0.05 g) reporta Hernández *et al.*, (2018) resultados con significancia al 95% en tratamiento de envejecimiento artificial; mientras que para la variable peso seco de plúmula (0.02 g) y la variable peso seco de hojas (0.005 g) reporta Vera *et al.* (2012) que no encontró diferencias significativas en tratamiento de envejecimiento natural y artificial

Cuadro 3 Efecto de envejecimiento natural y acelerado de semillas de maíz en biomasa a los 15 días después de siembra.

No. Trat	Tratamiento	Biomasa Planta (g)	Biomasa Raíz g)	Biomasa Plúmula (g)	Biomasa Hojas (g)
1	Envejecimiento Natural	0.12 a	0.39 a	0.12 a	2.03 a
2	Envejecimiento Acelerado	0.06 b	0.09 b	0.06 b	0.63 b

Los valores más altos del tratamiento de envejecimiento natural para las variables de biomasa planta (0.12 g), biomasa raíz (0.39 g), biomasa plúmula (0.12 g), biomasa hojas (2.03 g) mostraron una diferencia para la variable biomasa de planta de 0.006 g, para biomasa de raíz y biomasa de la plúmula una diferencia de 0.3 g y para biomasa de hojas una diferencia mayor con un valor de 1.37 g; por su parte López *et al.*, (2009) observó diferencias con alta significancia ($PR > F 0.0001$) para

las variables biomasa de planta y biomasa de raíz en tratamiento de envejecimiento natural; mientras que (Porter, 2002) para la variable biomasa de hojas reporto diferencias similares en tratamiento de envejecimiento natural y para la variable de biomasa plúmula no encontró diferencias significativas.

CONCLUSION

El tratamiento de envejecimiento acelerado a altas temperaturas deteriora la semilla de maíz y recude la altura de planta, por lo tanto, se recomienda sembrar con envejecimiento natural por que tiene un mayor vigor, además los resultados indican un mejor rendimiento en el envejecimiento natural.

LITERATURA CITADA

- Aguilar C., C., Escalante E., J. A. S. & Aguilar Mariscal, I. (2015). Análisis de crecimiento y rendimiento de maíz en clima cálido en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno. *Revista Terra Latinoamericana*, 33(1), 51-62.
- Brosnan, JT, BJ Horvath, MT. Elmore, GK Breeden y JC Sorochoan. 2010. Investigación en invernadero de aplicaciones de fungicidas de estrobilurina sobre las características de las raíces rastreras de bentgrass en dos regímenes de riego. *Ciencia de cultivos*. 50:2605-2612
- Busso C. A. y Bolletta A. I. 2007. Pastos perennes de diferentes Etapas sucesivas bajo diversos aportes de agua al suelo: ¿Difieren en la densidad de longitud de la raíz? *Interciencia* 32(3):206-212.
- Chacon, M. (2018). Pruebas de vigor en semillas de maíz (*Zea mays* L.). (Tesis). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.
- De la Cruz, E., H.C. Córdova. H.I., Orelana. M. y B. Estrada. 2009. Rendimiento de grano de genotipo de maíz sembrado bajo tres densidades de población. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25(1): 93-98.
- Envejecimiento acelerado sobre la calidad de semillas de maíz para producir germinados para forraje alternativo. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, (8), 1487-1493.

- Espinosa P. N., Martínez S. J., Santos T. S. A., y Cadena I. P. 2015. Selección de variedades nativas de maíz (*Zea mays* L.) por su tolerancia a la germinación bajo presión osmótica. VI. Reunión Nacional de maíces nativos. Acta Fitogenética. Vol. 2 (1): 4
- FIRA - Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. (2016). Panorama agroalimentario. México: Dirección de investigación y evaluación económica sectorial. Maíz 2016.
- García, J., Ruiz, N., Lira, R., Vera, I., & Méndez, B. (2016). Técnicas para evaluar germinación, vigor y calidad fisiológica de semillas sometidas a dosis de nanopartículas. Agronano Tecnología, 129-139.
- Gonzales, J.F. (2022). Evaluación del Efecto en la Germinación y Acumulación Temprana de Materia Seca de Fungicida Derivado de Estrobulurina en Maíz. (*Zea mays*). (Tesis) Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila.
- González R., F., León G., D., Borges G., L., Pinzón L., L., Magaña M., M., S. García, R., & Urrestarazu G., M. (2014).
- Hernández, R; SantaCruz, F; Briceño, D; Filippo, D y Hernández, G. 2018. Las Algas como Potenciales Estimulantes del Crecimiento Vegetal para la Agricultura en México. Departamento de Botánica y Zoología, Universidad de Guadalajara. México.
- Kohle, H., K. Grossmann, T. Jabs, M. Gerhard, W. Kaiser, J. Glaab, U. Conrath, K. Seehaus y S. Herms. 2002. Efectos fisiológicos del fungicida de estrobulurina F 500 en las plantas. Actas de Modern Fungicidas y Antifúngicos Compuestos III, Turingia, Alemania
- Layne, G.; Méndez, N. y Mays, T. 2007. Crecimiento de plántulas a partir de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.), sembrados en arena y regados con tres soluciones somáticas de sacarosa. IDESIA. 25(1):21-36.
- LÓPEZ, A.R., A.B. MURILLO y Q.G. RODRÍGUEZ. (2009) El Forraje Verde Hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. Interciencia, 34: 121-126.

- Martínez, F., Guevara, F., Aguilar, F., Rodríguez, L., & Reyes, M. (2021). Caracterización físico-química y biológica del suelo cultivado con maíz en sistemas convencional, agroecológico y mixto en la Frailesca, Chiapas. *Terra Latinoamericana*, 38(4), 871881.
- Martínez, H. 2006. Pérdida de vigor en dos variedades de maíz (*Zea mays* L.) cosechadas en 2004 y 2005 y almacenadas a temperatura ambiente. *Trab. Esp. Grado. Ing. Agrónomo. UNELLEZ*, Guanare. 22 p.
- Méndez-Natera, J. y Vergara, M. 2000. Deterioro de la calidad de semilla de tres Híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en función de diferentes periodos de almacenamiento en cámara de envejecimiento acelerado (Resumen). *Inv. Jornada científica nacional del maíz*. Guanare, Portuguesa. pp 29-30
- Patiño, J.A., J.M. Cotes, y J.A. Ramirez. 2014. Efecto de pyraclostrobin en la producción de papa cultivar *Diacol Carpio*. *Rev. Fac. Ciencias de básicas*. Pp. 8-21
- Porter, H. 2002. Detección ambiental y crecimiento direccional de las raíces de las plantas. En: Waisel, Y.; Eshel, A.; Kafkafi, U. (Eds.). *Raíces de las plantas*: Marcel Dekker: 471-487 pp.
- Sales T. S., Nery M. C., Carvalho de Andrade Jr, V., Pires R. M. de O., Sousa T. de O., da Costa M. R., Lopes de Oliveira L. (2022). Accelerated ageing test and enzymatic expression in the evaluation of kale seed quality. *Semina: Ciências Agrárias Londrina*, 43(3), 1079-1094. doi: 10.5433/1679-0359.2022v43n3p1079.
- Sifuentes, E., Macías, J., Mendoza, C., Vázquez, D., Salinas, D., & Inzunza, M. (2018). Efecto de la siembra directa en las propiedades del suelo y aprovechamiento de riego en maíz en Sinaloa, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(20), 4235-4243.
- Sotelo, E., Cruz, G., González, A., & Moreno, F. (2016). Determinación de la aptitud del terreno para maíz mediante análisis espacial multicriterio en el Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(2), 401-412.

- Valderrama-Cabrera M, Díaz A y Acero A 2005 Manual del cultivo de yacón: experiencias de introducción y manejo técnico en el Valle de Condebamba. PYMAGROS. Productores y Mercados del Agro de la Sierra. Convenio MINAG-COSUDE. Cajamarca - Perú. 47 p. Recuperado el 13 de junio de 2020
- Vásconez Montúfar, G. H., Caicedo., Acosta, L. A., Véliz Zamora, D. V., y Sánchez., Mora, F. D. (2021). Producción de biomasa en cultivos de maíz: Zona central de la costa de Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVII (Número Especial 3), 417-431.
- Vera G. A. M., Chávez S. J. L. y Carrillo R. J. C. (2012). Proteína, lisina y triptófano en poblaciones nativas de maíz mixteco. *Rev. Fitotec. Mex.* 35, 07-13.

CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE FERTILIZANTES LÍQUIDOS OBTENIDOS POR FERMENTACIÓN ANAERÓBICA DE MATERIALES ORGÁNICOS

Jesús A. Ramírez-Salazar¹, Talina O. Martínez-Martínez², Andrés Mandujano
Bueno², Juan G. Angeles-Núñez²

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Roque. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Bajío. Autor de correspondencia: martinez.talina@inifap.gob.mx.

RESUMEN

En respuesta a la necesidad de generar cultivos limpios, con trazas mínimas o nulas de agroquímicos, se ha implementado el uso de biofertilizantes con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética, así como disminuir la contaminación. En este contexto el objetivo de este proyecto fue evaluar la calidad biológica de cinco fertilizantes líquidos derivados de la fermentación anaeróbica de materiales orgánicos testigo (T), nopal (N), mezquite (M), lixiviado de lombriz (L) y suero de leche (S). Se determinaron y caracterizaron bacterias presentes en los cinco fertilizantes orgánicos. Posteriormente, se determinó la actividad amilolítica y celulolítica para estimar la capacidad de degradación de materia orgánica. Adicionalmente, se evaluó la calidad sanitaria de los fertilizantes al determinar la presencia de *Salmonella* sp. y coliformes totales. Se obtuvieron 15 aislados de bacterias, las cuales en su mayoría fueron Gram negativas y presentaron actividad celulítica y amilolítica. No se encontró la presencia de *Salmonella*; sin embargo, tres bioles no cumplieron con los límites máximos permisibles de coliformes (<1000 nmp/g materia seca) según la NOM-004-SEMARNAT-2002

Palabras clave: Bacterias benéficas, población bacteriana, degradación, material orgánico, almidón.

ABSTRACT

In response to the need to generate clean crops, with minimal or no traces of agrochemicals, the use of biofertilizers has been implemented in order to partially or

totally replace synthetic fertilization, as well as to reduce contamination. In this context, the objective of this project was to evaluate the biological quality of five liquid fertilizers derived from the anaerobic fermentation of organic materials: control (T), nopal (N), mesquite (M), earthworm leachate (L) and whey (S). The bacteria present in the five organic fertilizers were determined and characterized. Subsequently, the amylolytic and cellulolytic activity was determined to estimate the capacity for degradation of organic matter. Additionally, the sanitary quality of the fertilizers was evaluated by determining the presence of *Salmonella* sp. and total coliforms. 15 bacterial isolates were obtained, most of which were Gram negative and presented cellulitic and amylolytic activity. The presence of *Salmonella* was not found; However, three bioles did not comply with the maximum permissible limits of coliforms (<1000 nmp/g dry matter) according to NOM-004-SEMARNAT-2002.

Keywords: Beneficial bacteria, bacterial population, degradation, organic material, starch.

INTRODUCCIÓN

Los bioles son abonos orgánicos líquidos derivados de una fermentación anaeróbica en la que se degradan materiales orgánicos, residuos vegetales (compostas), harinas de pescado y estiércoles de rumiantes (Gil-Ramírez *et al.*, 2023). Usualmente se adicionan fuentes de minerales que se solubilizan en el proceso (ceniza vegetal, harinas de roca como fosfórica, basalto, granito) u otros complementos como fosfitos o cáscaras de camarón molidas ricas en quitina (CVTTS, 2018). Estos compuestos aportan fitohormonas y nutrientes que son productos que se derivan del efecto metabólico de los microorganismos fermentadores (Álvarez-Solís *et al.*, 2010; Siura y Davila, 2008). En algunos estudios se ha visto efectos benéficos que como lo menciona Bello Moreira (2016) con cebolla en las que observaron que con aplicaciones al follaje por 60 días los rendimiento de bulbos aumentaron además se registraron ahorros en los costos de producción. De la misma forma Guanopatín Chicaiza (2012) obtuvo un incremento en el rendimiento de alfalfa Otra ventaja de la fermentación anaeróbica es que al emplear estiércoles disminuye el riesgo de contener patógenos (Soria *et al.*, 2001). En este contexto el objetivo de trabajo fue determinar bacterias de mayor

predominancia en los cinco fertilizantes y determinar la presencia de *Salmonella* y coliformes totales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Los bioles fueron preparados en el área de Producción de Abonos Orgánicos Sólidos y Líquidos, mientras que los análisis químicos y microbiológicos se realizaron en el Área de Transformación. Las formulaciones se muestran a en el Cuadro 1:

Cuadro 1: Ingredientes utilizados en la preparación de 200 L de bioles.

Biol	Agua L	Suero L	Lixiviado L	Leche L	Estiércol kg	Ceniza kg	Melaza L	Nopal kg	Mezquite kg
T	180	4	0	2	50	5	2	0	0
N	180	4	0	2	50	5	2	3	0
M	180	4	0	2	50	5	2	0	3
L	0	4	180	2	50	5	2	0	0
S	0	180	0	2	50	5	2	0	0

Testigo (T), nopal (N), mezquite (M), lixiviado de lombriz (L) y suero de leche (S)

Para el aislamiento de microorganismos Se realizaron diluciones seriadas de 10^1 a 10^6 utilizando tubos Falcón con 9 mL en solución peptonada y se sembraron en cajas Petri preparadas con 20 mL de medio PDA las diluciones 10^2 , 10^4 y 10^6 mediante extensión de superficie. Las cajas se incubaron a una temperatura constante de 25 °C durante 24 h. Pasado este tiempo se observaron las colonias presentes y se clasificaron con base en su color, forma y consistencia. Se eligieron colonias de bacterias diferentes y se llevaron a purificación. Posteriormente se les realizó una tinción de Gram acompañada de la prueba de KOH con la que se identifica las Gram negativas. Para bacterias aisladas se evaluó la patogenicidad

con la prueba de pudrición de tubérculo de papa, los resultados se observaron a las 24-48 h de inoculación.

Para determinar la capacidad de degradación de materia orgánica, se determinó su capacidad de degradar celulosa y almidón empleando la metodología indicada por Castillo-Vázquez *et al.* (2011). Se calculó el radio de hidrólisis (RH) como la relación entre el tamaño de la colonia y el halo de hidrólisis, para ello se dividió el tamaño del halo entre el tamaño de la colonia. Donde RH= radio de hidrólisis.

$$RH = \frac{\text{Diámetro del halo}}{\text{Diámetro de la colonia}}$$

Se determinó la calidad sanitaria considerando la presencia de *Salmonella* de acuerdo a la NOM-114-SSA1-1994 y coliformes totales según la NOM-210-SSA1-2014, los resultados se compararon con los límites establecidos en la NOM-004-SEMARNAT-2002

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayor carga microbiana se encontró en el biol S, seguido del testigo (T). El de menor carga fue el biol hecho a base de nopal (N) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cuenta microbiana de microorganismos (UFC mL⁻¹) en los bioles evaluados.

Muestra de Biol	(UFC mL ⁻¹ biol)
T	61,732
N	*10,000
M	34,664
L	54,664
S	*196,000

Testigo (T), nopal (N), mezquite (M), lixiviado de lombriz (L) y suero de leche (S)

Los resultados encontrados sugieren que los ingredientes utilizados brindaron cantidades diferentes de carbono y energía, lo cual afectó el desarrollo de las colonias, lo que concuerda con Stainer *et al.* (2002), que indica que cada

microorganismo requiere de fuentes orgánicas que les brinden el carbono y la energía necesaria para su crecimiento.

Se aislaron 15 bacterias diferentes de los cinco bioles, de las cuales 86 % fueron Gram negativas y 14 % fueron Gram positivas (Cuadro 3). Al respecto, Filian Berruz (2021), señaló que las bacterias Gram son en su mayoría promotoras del crecimiento por lo que recomienda utilizarlas como biofertilizantes.

Cuadro 3. Formas y respuesta a la tinción de Grama de las bacterias identificadas en los bioles.

Tratamiento	C		Cb		B		E		TOTAL
	+	-	+	-	+	-	+	-	
T	0	2	0	1	0	1	0	0	4
N	0	2	0	1	0	1	0	0	4
M	1	0	0	0	0	0	1	0	2
L	0	0	0	1	0	0	0	1	2
S	0	2	0	0	0	1	0	0	3

C= Cocos, Cb= Cocobacilos, B= Bacilos y E= espirilos. Testigo (T), nopal (N), mezquite (M), lixiviado de lombriz (L) y suero de leche (S).

Ninguna de las bacterias aisladas tuvo respuesta de patogenicidad en la prueba de pudrición de papa, por lo que se descartó que alguna de ellas fuera patogénica.

Los resultados de la capacidad celulolítica y amilolítica mostraron que 40% presentaron degradación de celulosa celulítica, de las cuales los cocos fueron los más abundantes, mientras el 53% presenta capacidad amilolítica siendo estas en forma de cocos, bacilos y cocobacilos (Cuadro 4). Se obtuvo un intervalo entre 1 a 1.16 RH de celulosa y 1 a 1.24 RH de almidón a las 24 horas de incubación, estos resultados coinciden con los resultados de Sánchez-Castelblanco *et al.* (2020) quienes determinaron RH de almidón entre 0.24 a 7. Como menciona Guzmán-Cedeño *et al.* (2015) esta capacidad amilolítica y celulolítica ayuda a la diversidad

biológica de los suelos como reciclador de la materia orgánica, tanto en la dinámica de circulación de nutrientes como en los flujos de energía.

Cuadro 4. Capacidad celulítica y amilolítica de bacterias aisladas.

Bacteria	Biol	Capacidad celulítica				Capacidad amilolítica			
		C	DC	DH	RH	C	DC	DH	RH
Coco	M	+	2.89	3.07	1.06	+	3.67	3.84	1.04
Coco	T	+	3.11	3.62	1.16	+	12.75	13.17	1.03
Espirilo	L	+	2.61	2.77	1.06	-	4.78	4.78	1.0
Coco	S	+	2.86	2.90	1.01	+	2.32	2.90	1.25
Cocobacilo	N	+	2.62	2.66	1.01	-	1.96	1.96	1.0
Bacilus	T	+	2.38	2.42	1.01	+	3.37	4.40	1.3
Coco	S	-	1.37	1.37	1.0	-	4.21	4.21	1.0
Cocobacilo	T	-	1.98	1.98	1.0	+	2.13	2.57	1.20
Coco	N	-	0.79	0.79	1.0	-	2.76	2.76	1.0
Espirilo	M	-	2.74	2.74	1.0	+	2.20	2.29	1.04
Coco	T	-	1.69	1.69	1.0	-	2.35	2.35	1.0
Cocobacilo	L	-	4.28	4.28	1.0	+	6.95	8.51	1.22
Bacilo	S	-	2.65	2.65	1.0	-	1.86	1.86	1.0
Coco	N	-	1.24	1.24	1.0	+	3.31	4.02	1.21
Bacilo	N	-	0.97	0.97	1.0	-	1.04	1.04	1.0

C= Carga hidrolítica, DC=diámetro de la colonia, DH: diámetro del halo y RH= radio de hidrolisis.

No se determinó la presencia de Salmonella en las muestras; sin embargo, en los bioles T, L y M se identificó la presencia de coliformes totales (Cuadro 5). Lo que implicaría revisar el tiempo de fermentación y la calidad de materia prima para estos bioles.

Cuadro 5. Coliformes totales en muestras de bioles.

Muestra de Bioles	(UFC mL ⁻¹)
T	40,400
L	58,264
M	64,800
N	-
S	-

Testigo (T), nopal (N), mezquite (M), lixiviado de lombriz (L) y suero de leche (S)

Solo los bioles S y N estuvieron dentro de los límites máximos permisibles de coliformes (<1000 nmp/g materia seca) según la NOM-004-SEMARNAT-2002 que describe las especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para el aprovechamiento y disposición de lodos y biosólidos. Los bioles T, L y M se podrían dar uso forestal o para mejoramiento de suelos, sin que haya contacto directo.

CONCLUSIONES

Se identificaron al menos 15 bacterias en los bioles analizados con capacidad celulítica y amilolítica. No se encontró en ninguna de las muestras la presencia de *Salmonella*. En función de los resultados de coliformes totales al menos dos de los bioles cumplen con el límite establecido en la NOM-004-SEMARNAT-2002.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Solís, J. D., Gómez-Velasco, D. A., León-Martínez, N. S. y Gutiérrez-Miceli, F. A. (2010). Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia* 44: 575-586.
- Bello Moreira, I. P. (2016). Fertilización Foliar con biol en cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) valorando rendimiento. *Facultad de Ciencias Agropecuaria*. Recuperado 18 de febrero de 2024. <https://rephip.unr.edu.ar/server/api/core/bitstreams/d9084a49-dbf4-4409-82ce-386fac46cf22/content>.
- Filian Berruz, C. N. (2021). Importancia de las bacterias Gram negativas benéficas en la agricultura. Tesis de ingeniería, Universidad Técnica de Babahoyo. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/9221/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000299.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gil Ramírez, L. A., Leiva Cabrera, F. A., Lezama Escobedo, M. K., Bardales Vásquez, C. B., León Torres C.A. (2023). Biofertilizante “biol”: caracterización física, química y microbiológica. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 7(20), 336-345. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.21>.
- Guanopatín Chicaiza, M. R. (2012). Aplicación de biol en el cultivo establecido de alfalfa (*Medicago Sativa*) Tesis para título de Ingeniería en Agronomía,

- Universidad Técnica De Ambato Facultad De Ingeniería Agronómica.
https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/969/1/Tesis_009agr.pdf
- Guzmán Cedeño, Á. M, Zambrano Pazmiño, D. E., Rivera Fernández, R. D, Rondón, A. J., Silva, M. L. y Pérez Quintana, M. (2015). Aislamiento y selección de bacterias autóctonas de Manabí-Ecuador con actividad celulolítica. *Cultivos Tropicales*, 36(1), 7-16. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000100001&lng=es&tlng=es.
- Sánchez Castelblanco, E. M., Heredia Martín, J. P., Buitrago Morales, S. M., & Medina Rodríguez, J. P. (2020). Aislamiento e identificación de microorganismos potencialmente amilolíticos y celulolíticos de suelos de humedales en Bogotá. *Rev. Colomb. Biotecnol.* 21(1):36-44.
- Siura, S. and S. Davila. 2008. Effect of green manure rotation, bio and cultivar on the production of organic spinach (*Spinacea oleracea*) 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, Italy, June 16-20.
- Soria Fregoso, M. de J., Ferrera-Cerrato, R., Etchevers Barra J., Alcántar González, G., Trinida Santos, J., Borges Gómez, L. y Pereyda Pérez, G. (2001). Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. *Terra Latinoam.* 19: 353-362.
- Stanier Y. R., Ingraham L. J., Wheelis L. M. y Painter R. P. 1992. Microbiología. Barcelona, España. Editorial Reverté. 750 p.

CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE VARIEDADES DE CEBADA EN EL BAJÍO

José Gómez Espinoza^{*1}, Miguel Angel Avila-Perches¹, Alfredo Josué Gámez-Vázquez¹, Cesar Leobardo Aguirre-Mancilla², Juan Gabriel Ramírez-Pimentel².

¹INIFAP, Campo Experimental Bajío, Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Km. 6.5, C.P. 38010, Celaya, Guanajuato, México. ²Departamento de Posgrado, TecNM campus Roque, Carretera, Juventino Rosas - Celaya Km.8, C.P. 38110, Celaya, Guanajuato, México. Autor de correspondencia: * gomez.jose@inifap.gob.mx

RESUMEN

La cebada es el cuarto cereal a nivel mundial seguido de maíz, trigo y arroz. Es destinada para el forraje y para la industria maltera la cual se ve afectada los cambios de temperatura. Hoy en día determinar las fechas de siembra es de suma importancia debido a que existe una relación entre el rendimiento y la calidad del grano. Sin embargo, la calidad industrial del grano se ve afectada por los efectos de altas temperaturas o heladas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la fecha de siembra en el rendimiento y características agronómicas de variedades de cebada en El Bajío. Para lo cual se establecieron cuatro fechas de siembra: 30 de noviembre, 15 y 30 de diciembre y 15 de enero, en cada ambiente se evaluaron 10 variedades de cebada de dos y seis hileras en la espiga. Se manejo en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. En las cuales se presentaron diferencias significativas en cuanto a rendimiento. Puesto que los genotipos que se sembraron en etapas tempranas presentaron mayor rendimiento, mientras que para los análisis postcosecha se pudo observar las diferencias en las pruebas de calidad de semilla y análisis de proteína donde esta última fue más elevada que en fechas tempranas. Debido a esto se puede concluir que fechas tempranas pueden asegurar un mayor rendimiento de grano y mejor comportamiento agronómico de las variedades.

Palabras clave: cebada de dos hileras, cebada de seis hileras, genotipos, rendimiento.

ABSTRACT

Barley is the fourth cereal worldwide, followed by corn, wheat and rice. It is used for fodder and for the malting industry, which is affected by temperature changes. Nowadays, determining the sowing dates is of utmost importance because there is a relationship between the yield and the quality of the grain. However, the industrial quality of the grain is affected by the effects of high temperatures or frost. The objective of this work was to evaluate the effect of the sowing date on the yield and agronomic characteristics of barley varieties in El Bajío. For this, four sowing dates were established: November 30, December 15 and 30, and January 15. In each environment, 10 barley varieties with two and six rows in the spike were evaluated. It was handled in a randomized block experimental design with four repetitions. In which significant differences were presented in terms of yield. Since the genotypes sown at early stages had higher yields, for post-harvest analyses differences could be observed in the seed quality tests and protein analysis where the latter was higher than at early dates. Due to this, it can be concluded that early dates can ensure a higher grain yield and better agronomic performance of the varieties.

Keywords: *two-row barley, six-row barley, genotypes, yield.*

INTRODUCCIÓN

La cebada es uno de los cereales más antiguos que ha sido domesticado, este cereal se cultiva desde las latitudes ecuatoriales hasta el círculo polar Ártico (Capasso *et al.*, 2021). Es descendiente de la cebada silvestre la cual fue cultivada en el medio oriente donde era utilizada para la elaboración de pan (Perez, 2010). Se cultivó en China en 2,800 años A. de C. y se utilizó como alimento de hombres y bestias (Bernardi, 2019). Es considerada el cuarto cereal más importante a nivel mundial, después del trigo, maíz y arroz según la (FAO, 2022). Esto debido a su gran adaptabilidad a diferentes ambientes, sobre todo, se debe a la resistencia que presenta a climas extremos, como lo pueden ser la sequía y la sal esto comparado con otros cereales (Thabet, 2018). La cebada en su mayoría ha sido destinada para

la elaboración de malta, el uso de este cultivo se ha implementado para la industria cervecera, sin embargo, actualmente se usa también para la elaboración de Whisky (Soto Carrasquel, 2016). Dentro de las variedades cultivadas alrededor del mundo existen dos tipos de cebada, las de dos y seis hileras. Las diferencias físicas entre los dos tipos de cebada son evidentes al momento de comparar la morfología de las espigas. El año 2019 se sembraron 49,323,496 millones de hectáreas, con una producción total de 147,267,127 t así mismo teniendo un rendimiento de 3.34 t/ha (FAO, 2022). En México, durante el 2023 se produjeron 832,037 t/h. que se manejan en dos épocas. En México, el principal estado productor de este cereal es Guanajuato con alrededor de 166,335 t que representan el 20.2% de la producción nacional (SIAP, 2023). Uno de los propósitos más importantes en cuanto al desarrollo de variedades es un mayor rendimiento y mejor calidad del producto (Stockinger, 2021). Las cuales pueden llegar a presentar diferencias entre genotipos en cuanto a rendimiento, características físicas y calidad de la cebada. Sin embargo, se ven afectadas debido a los cambios de temperatura que se presentan y por ello se emplean diferentes fechas de siembra. Uno de los mayores desafíos hoy en día para la agricultura es la producción de mas alimento en la misma superficie sembrada que hace varios años (Rani y Bhardwaj, 2021). El endospermo es uno de los órganos de mayor importancia en la semilla de la cebada, esto debido a que en él se almacenan almidón y proteínas los cuales se degradan para proporcionar energía y nitrógeno esto durante la etapa germinación (Matilla, 2008). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la fecha de siembra en las características agronómicas de variedades de cebada en El Bajío.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en condiciones de riego en el ciclo otoño-invierno de 2022-2023, en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) localizado en Roque, municipio de Celaya, Guanajuato a 20°32' de latitud norte, 100°49' de longitud oeste y a una altitud de 1,752 metros sobre el nivel del mar. Se establecieron cinco fechas de siembra (ambientes): 15 y 30 de noviembre, 15 y 30 de diciembre de 2022 y 15

de enero de 2023. En cada ambiente se evaluaron 10 variedades de cebada, cinco de dos hileras en la espiga; V1E, V2E, V3E, Metcalfe y Explorer, las dos últimas son cultivares extranjeros. Además, cinco de seis hileras; V11E, Alina, Estelar y Esperanza, que son materiales del INIFAP y Doña Josefa, genotipo liberado por el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX). Las variedades en de cada ambiente se evaluaron en un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. La parcela experimental fue de cuatro surcos de 3 m de largo y 80 cm de separación sembrados a doble hilera con separación de 20 cm entre hileras, en tanto que la parcela útil fueron los dos surcos centrales de 3 m.

Se determinaron las siguientes variables: Rendimiento de grano (RG), semillas por espiga (SEM/ESP), espigas por metro cuadrado (ESP/m²), altura de planta (AP) y longitud de espiga (LE). Se efectuaron análisis estadísticos individuales de cada ambiente y combinados de los cinco ambientes, se utilizó el programa SAS. La comparación de promedios se hizo con el método de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (cuadrados medios) para las variables; RG, SEM/ESP, ESP/m², AP y LE (Cuadro 1). En fechas de siembra (FS), existe diferencia significativa en cuanto a rendimiento, semillas por espiga y altura de planta. Sin embargo, en genotipos (Gen) se presentó diferencia significativa en cada una de las variables evaluadas a diferencia de la interacción FS*Gen que no hubo diferencia significativa en ninguna de las variables. De acuerdo con la magnitud de los cuadrados medios de los análisis de varianza, la FS fue más importante en la manifestación del RG y AP, mientras que el genotipo fue más relevante en SEM/ESP, ESP/ m² y LE. Cabe destacar que los coeficientes de variación de los análisis de varianza de las cinco variables evaluadas, tuvieron un valor menor al 17%, lo que es un indicativo de la confiabilidad de los resultados

Cuadro 1. Cuadrados medios de los análisis de varianza para rendimiento de grano, semillas por espiga, espigas por metro cuadrado, altura de planta y longitud de espiga.

Fuentes de variación	de	Rendimiento de grano	Semillas por espiga	Espigas por m ²	Altura de planta	Longitud de espiga
Fechas de Siembra (FS)		53855392.6**	96.33*	18905.20	4427.80**	2.83
Genotipos (Gen)		8842251.4**	1887.23**	76198.61**	487.83*	11.14**
FS*Gen		1309083.6	32.52	4212.92	154.90	0.63
Coefficiente Variación (%)		13.98	16.33	16.08	13.59	11.52

** y *: Diferencias estadísticas con $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$.

En las comparaciones de medias (DMS, $P=0.05$), (Cuadro 2), para las variables evaluadas; RG, SEM/ESP, ESP/m², AP, LE. En las fechas de siembra se mostró diferencia significativa, para el rendimiento de semilla, las fechas que tuvieron mayor rendimiento fueron la primera y la tercera (15 de noviembre y 15 de diciembre); mientras que las dos últimas (30 de diciembre y 15 de enero) presentaron estadísticamente, menor rendimiento. Para el caso de SEM/ESP si se presentó diferencia significativa entre cada una de las fechas, siendo así que las dos primeras fechas fueron las que mostraron un valor más alto y fueron estadísticamente diferentes a la última siembra. En el caso de ESP/m² no existe diferencia significativa en cuanto a esta variable. Si bien, para AP las dos fechas mejores fueron las primeras, y las que presentaron una altura más baja fueron las fechas de 30 de diciembre y 15 de enero con lo cual podemos corroborar que entre más se retrase la siembra, se afectaran las características fisiológicas de la planta. Por otra parte, en la variable LE, la primera fecha es estadísticamente diferente a las dos últimas donde se puede observar que el retraso en la fecha de siembra tiene efecto negativo

en algunas de las variables evaluadas por lo cual es recomendable un temprano del cultivo.

Cuadro 2. Comparación de medias para rendimiento, semillas por espiga, espigas por metro cuadrado, altura de planta y longitud de espiga.

Fechas de siembra	RG (kg ha ⁻¹)	SEM/ESP	ESP/m ²	AP	LE
15 Nov	7,790.9 a	34.41 a	443.9 a	95.26 a	7.08 a
30 Nov	6,870.3 ab	34.49 a	424.9 a	95.53 a	6.78 ab
15 Dic	7,627.8 ab	33.31 ab	437.0 a	82.17 b	6.81 ab
30 Dic	5,947.8 c	32.72 ab	383.9 a	70.13 c	6.36 b
15 Ene	4,492.4 d	30.13 b	400.9 a	70.13 c	6.36 b
DMS	809.07	3.18	72.95	7.45	0.55
Variedad					
Alina	7667.6 a	40.14 b	351.73 cd	80.93 bc	5.66 d
V3E ²	7444.2 a	21.34 c	482.93 ab	92.86 a	6.88 b
Esperanza	7258.4 ab	47.68 a	325.33 d	71.60 d	6.17 cd
Doña Josefa	6683.7 bc	46.81 a	352.33 cd	78.86 cd	6.22 c
V2E	6600.8 bc	23.05 c	473.07 ab	84.80 abc	7.08 b
V1E	6522.9 c	22.56 c	458.27 b	88.20 ab	7.18 b
Explorer	6353.0 cd	23.45 c	481.07 ab	81.66 bc	8.53 a
Metcalfe	5743.6 de	22.86 c	520.00 a	81.60 bc	7.11 b
V11E	5555.4 e	40.51 b	378.57 c	82.92 bc	5.76 cd
Estelar	5490.8 e	42.20 b	354.40 cd	79.06 cd	6.11 cd
DMS	14.8	3.92	48.97	8.14	0.56

¹Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales, dentro de cada columna. *DMS: Diferencia mínima significativa. E²: Experimental.

Con respecto a las comparaciones de medias entre genotipos, se presentaron diferencias en rendimiento de grano, donde el material que más rindió fue Alina, material de seis hileras, sin embargo, la línea V3E fue estadísticamente igual a Alina, con la ventaja de que esta línea es dos hileras. Estelar, fue el genotipo de menor RG, no obstante, es necesario destacar que es un material formado para

temporal, aunque su semilla se produce en condiciones de riego. En semillas por espiga se presentaron diferencias significativas donde Esperanza y Doña Josefa, de seis hileras, fueron los materiales que presentaron los mejores valores, los materiales que tuvieron menores promedios fueron V3E, V2E, V1E, Explorer y Metcalfe, todos ellos de dos hileras en la espiga. En cuanto a ESP/m² el material que presentó mayor número de espigas por metro cuadrado fue Metcalfe, cabe resaltar que es de dos hileras en la espiga, que proviene del extranjero, mientras que el genotipo que presentó menor valor fue V11 y Estelar. En la variable de AP, presento diferencias significativas, donde el material que presentó mayor porte fueron V2E, V1E y V3E, sin embargo, el material que presento la menor altura fue Esperanza. En relación a LE, el mejor material estadísticamente fue Explorer, un material de dos hileras, los de menor longitud fueron Esperanza y Alina variedades de seis hileras.

En la evaluación la correlación de Pearson se puede determinar que el RG se correlaciona de manera positiva con AP y LE, sin embargo, SEM/ESP se determina que existe una correlación negativa con Esp/m², AP y LE por lo cual se puede determinar que la cebada al aumentar su altura, el desarrollo de las semillas se vio afectado, esto se puede deber a diferentes factores como lo es el ambiente, el número de espigas/m² es el componente que más contribuye al rendimiento de cereales de grano pequeño), debido al efecto aditivo del número de macollos que muestran ciertas variedades de cebada (Castañeda-Saucedo *et al.*, 2009).. LE tuvo una correlación negativa con SEM/ESP, sin embargo, con Esp/m² y AP si presento una correlación positiva. Finalmente, se determinó que el rendimiento de grano tuvo correlación positiva y significativa con el peso seco de la parte aérea, biomasa total, índice de cosecha, índice de cosecha modificado, espigas/planta, granos/planta, granos/espiga y altura de planta (Hernández *et al.*, 2024).

Cuadro 3. Coeficientes de correlación Pearson,.

Coeficientes de correlación Pearson, N = 149

Prob > |r| suponiendo H0: Rho=0

	RG	SEM/ESP	ESP/m ²	AP	LE
RG	1	0.139	0.153	0.324**	0.256*
SEM/ESP		1	-0.381**	-0.276*	-0.254*
ESP/m ²			1	0.163*	0.220*
AP				1	0.290*
LE					1

CONCLUSIONES

Con respecto a las pruebas realizadas, es de suma importancia considerar la siembra en fechas tempranas (15 de noviembre al 15 de diciembre) debido a que se encontraron diferencias significativas en los ambientes evaluados. Es importante considerar también el genotipo establecido, en este aspecto, V3E, tiene características sobresalientes en rendimiento de grano debido a que presentó alto rendimiento (7.4 t ha⁻¹), de igual manera mostró excelentes características en ESP/M², AP y LE por lo cual puede proponerse como uno de los mejores materiales genéticos evaluados.

LITERATURA CITADA

- Bernardi, L. A. (2019). Perfil de cebada . Argentina : Ministerio de Agricultura, Ganadería y Perca.
- Capasso, G., Santini, G., Petraretti, M., Esposito, S., y Landi, S. (2021). Wild and Traditional Barley Genomic Resources as a Tool for Abiotic Stress Tolerance and Biotic Relations. agriculture, 11. doi:<https://doi.org/10.3390/agriculture11111102>
- Castañeda-Saucedo MC; López-Castañeda C; Colinas-de León MT; Molina J; Hernández A (2009). Rendimiento y calidad de la semilla de cebada y trigo en campo e invernadero. Interciencia 34(4):286-292.
- FAO. (2022). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de FAOSTAT: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QV>

- Hernández, S. L., C. López C., V. H. Aguilar R., E. J. Barrios G. 2024. Resistencia a sequía y tolerancia a calor en cebada y trigo. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research* 7(2): 1-16.
- Rani, H., y Bhardwaj, R. D. (2021). Quality attributes for barley malt: “The backbone of beer”. *Journal of Food Science*, 86, 3322–3340. doi:<https://doi.org/10.1111/1750-3841.15858>
- Servicio de información Agroalimentaria y pesquera (SIAP). 2023. [https://nube.siap.gob.mx/cierre agrícola/](https://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/)
- Soto Carrasquel, A. G. (1 de 05 de 2016). Valorización y uso de cebada (*Hordeum Vulgare*) para elaboración de maltas cerveceras. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 3(6), 12. doi:<https://doi.org/10.29057/icbi.v3i6.571>
- Stockinger, E. J. (2021). The Breeding of Winter-Hardy Malting Barley. *plants*, 10, 38. doi:<https://doi.org/10.3390/plants10071415>
- Thabet, S. G. (2 de noviembre de 2018). Genetic basis of drought tolerance during seed germination in barley. *PLOS ONE*, 21. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206682>

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y OSMOACONDICIONAMIENTO EN LA GERMINACIÓN DE CUATRO GENOTIPOS DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense*) EN EL TECN-M-ROQUE

Mayra Yolanda Cruz Montes de Oca^{1*}, Ricardo Yáñez López², Davino Pérez Mendoza², María de Lourdes Rivera Serrano², Francisco Chablé Moreno².

¹Estudiante de agronomía, ²Departamento de Ciencias Agropecuarias TecNM-Roque, Km.8, Carr. Celaya-J. Rosas, CP. 38110 Celaya, Gto. *Autor de correspondencia:

may.21.montesdeoca@gmail.com

RESUMEN

La semilla de chile habanero presenta latencia, requiere de tiempo de almacenamiento para promover la germinación. El objetivo de este trabajo fue evaluar el osmoacondicionamiento en la germinación de cuatro genotipos de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en laboratorio. Esta especie es importante ya que aporta vitaminas, proteínas, minerales y actúa como un probiótico cuando se consume en fresco. Los estados productores son Yucatán, Tabasco, Campeche y Quintana Roo, en Guanajuato no se cultiva comercialmente, pero es una baya de alto valor económico. El trabajo se desarrolló en el laboratorio de cultivo de tejidos del TecNM-Roque. Se evaluaron tres genotipos colectados en diferentes comunidades de Campeche y la variedad Jaguar. La metodología consistió en el osmoacondicionamiento previo a la siembra, y la germinación se estableció en sustrato Peat-moss, con riego manual diario. El diseño experimental fue completamente al azar con siete tratamientos, con cuatro repeticiones. Se evaluó la longitud, ancho, peso de mil semillas, días a germinación, porcentaje de germinación, altura de plántula, peso fresco y peso seco. Los datos muestreados se evaluaron mediante estadística de medidas de tendencia central. Los resultados muestran que las características físicas de la semilla del genotipo Rojo tuvieron valores más altos, el mayor porcentaje de germinación se obtuvo con AIA 5mgL⁻¹ a los ocho días, el 100% de la germinación se presentó solo en un genotipo, en dos

tratamientos, la variedad Jaguar presento el mayor valor en peso fresco y peso seco.

Palabras clave: *Genotipos, Semilla, Chile Habanero, Osmocondicionamiento Germinación.*

ABSTRACT

The habanero pepper seed is dormant and requires storage time to promote germination. The objective of this work was to evaluate osmoconditioning in the germination of four genotypes of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) in the laboratory. This species is important because it provides vitamins, proteins, minerals and acts as a probiotic when consumed fresh. The producing states are Yucatan, Tabasco, Campeche and Quintana Roo. In Guanajuato it is not grown commercially, but it is a berry of high economic value. The work was developed in the general laboratory of TecNM-Roque, carr. a J. Rosas Km 8. Three genotypes collected in different communities of Campeche and the Jaguar variety were evaluated. The methodology consisted of osmoconditioning prior to sowing, and germination was established in Peat-moss substrate, with daily manual irrigation. The experimental design was completely randomized with seven treatments, with four repetitions. The length, width, weight of a thousand seeds, days to germination, germination percentage, seedling height, fresh weight and dry weight were evaluated. The sampled data were evaluated using statistics of central tendency measures. The results show that the physical characteristics of the Red genotype seed had higher values, the highest germination percentage was obtained with AIA 5 mg L⁻¹ at eight days, 100% of germination occurred in only one genotype, in two treatments, the Jaguar variety presented the highest value in fresh weight and dry weight.

Keywords: *Genotypes, Seed, Habanero Pepper, Osmoconditioning Germination.*

INTRODUCCIÓN

La semilla es la unidad de reproducción sexual de las plantas espermatofitas, es indispensable que sea de buena calidad y capaz de producir plántulas vigorosas (Doria, 2010). La germinación inicia en la imbibición y finaliza con la elongación de la radícula, en laboratorio y campo, la ruptura de las cubiertas seminales por la emisión de la radícula es la germinación, la imbibición consta de fases (absorción

rápida de agua, activación del metabolismo, elongación del embrión, ruptura de la testa y germinación) (Villamil y García, 1998).

El osmoacondicionamiento consiste en la inmersión de las semillas en soluciones osmóticas por determinado tiempo con o sin deshidratación previa a la siembra, permite que las mismas alcancen rápidamente el nivel de humedad y estado metabólico deseado, dando la activación de numerosos procesos bioquímicos-fisiológicos relacionados con la germinación, la tolerancia al estrés ambiental y a la restauración enzimática de las membranas celulares (Raya-Pérez *et al.*, 2020).

El Ácido Indolacético (AIA) es una auxina, que promueve la longitud de brotes y raíces, por la estimulación de la síntesis de los componentes de la pared celular de células en crecimiento (Jiménez-Mariña, 2019). Existe una correlación positiva entre niveles endógenos de AIA en plántulas y el número de raíces, su efectividad depende de la concentración. El KNO_3 tiene influencia en la latencia, y la acción de los nitritos estimula la germinación impulsando la ruta metabólica relacionada con el fitocromo (Andrade y Laurentin, 2015). Romero-Bastidas *et al.* (2016) mencionan que, el preacondicionamiento térmico en semilla mejora los índices de vigor, el porcentaje de emergencia, el crecimiento y producción de biomasa de plántulas en la etapa temprana de crecimiento.

El fruto del chile habanero es una baya, con bajos porcentajes de germinación debido a la latencia, puede presentar frutos de color rojo, naranja, amarillo y morado en su madurez, determinado la presencia de pigmentos como: carotenoides y antocianinas (DOF, 2017). Las variedades registradas en México son; Mayan Ba'Alché, Mayan Kauil, Mayan Ixchel, Mayan Ek, Mayan Kisin, Mayan Chac, Mayan Chan y Mayan K'iinen (CICY, 2019). El INIFAP del Campo Experimental Las Huastecas en 2009 desarrolló la variedad Jaguar, tolerante a plagas y adaptada a las condiciones ambientales adversas del trópico húmedo (INIFAP, 2013).

La Península de Yucatán posee la denominación de origen; actualmente se siembra en al menos, 17 estados (Latournerie *et al.*, 2002); se cultiva en Yucatán, Tabasco, Campeche y Quintana Roo con rendimientos de 10 tha^{-1} y 30 tha^{-1} (Santoyo y

Martínez, 2012). El cultivo de chile habanero demanda una cantidad de agua relativamente alta de entre 550 a 700 mm, con humedad relativa del 65% al 80%. En cuanto a temperatura, se desarrolla en regiones con temperaturas promedios de 26 a 33° C. El cultivo se adapta a diferentes condiciones de suelos, aunque prefiere los suelos profundos, de textura franca, con baja salinidad y un pH que oscile entre 6.5 a 7 (Castillo y Zúñiga, 2015). El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto del osmoacondicionamiento en la germinación de cuatro genotipos de chile habanero (*Capsicum chinense*) en condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el laboratorio del TecNM-Roque ubicado en los 20° 57' 94" latitud norte y -100° 82' 50" longitud Oeste. Durante el desarrollo experimental se seleccionaron tres genotipos de chile habanero de color amarillo, naranja y rojo colectados en el estado de Campeche y la variedad Jaguar desarrollada por INIFAP, de las cuales se evaluaron características físicas como ancho, largo de las semillas, además de peso de mil semillas. Las semillas extrajeron de frutos maduros, se mantuvieron en almacenamiento por 10 meses, en condición ambiental, en frascos de vidrio. Posteriormente se sometieron a osmoacondicionamiento (imbibición) durante 24 horas en cajas Petri Pyrex®, donde se aplicaron siete tratamientos como; control (imbibición solo en agua) AIA en concentraciones de 5 mgL⁻¹ y 2.5 mgL⁻¹, KNO₃ en concentraciones al 1% y 5%, y en agua caliente a 55 °C durante 5 minutos, el testigo se sembró directamente en charolas de germinación empleando el sustrato Peat-moss a una profundidad de 5 mm. El diseño experimental fue completamente al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones de 100 semillas, durante esta fase se evaluó las variables como: días a germinación, porcentaje de germinación. Cuando la semilla emitió la radícula, esta se trasplantó a las charolas de germinación y al cabo de 35 se evaluó; peso fresco (PF), peso seco (PS) y altura de planta (AltPI). En el análisis estadístico se empleó la estadística descriptiva, con la aplicación de medidas de tendencia central.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la evolución de los datos físicos de semillas de los cuatro genotipos evaluados como se muestra en el Cuadro 1, se obtuvo que, en el largo, ancho y peso de mil semillas el valor mayor correspondió a semillas provenientes de frutos de color rojo; mientras que el valor menor para el largo, ancho y peso de mil semillas correspondieron a las semillas que provenían de frutos de color amarillo.

Cuadro 1. Características físicas de cuatro genotipos de chile habanero.

Genotipos	Largo	Ancho	P1000S
Amarillo	3.5±0.05	3.4±0.05	2.4±0.02
Naranja	3.6±0.09	3.6±0.08	3.4±0.08
Rojo	3.8±0.09	3.7±0.05	3.6±0.01
Jaguar	3.6±0.05	3.5±0.05	3.4±0.05

Valores promedios de las características físicas de siete repeticiones del largo y ancho de semilla (mm) y el P1000S con cuatro repeticiones de 100 semillas (g).

Después de la aplicación de tratamientos físicos y químicos a las semillas de chile habanero se obtuvo que, en un periodo de estudio de 25 días, para el genotipo Amarillo al emplear de AIA 5mgL^{-1} y KNO_3 al 1% dio inicio la germinación a los 8 días, mientras que cuando se empleó AIA 2.5mgL^{-1} , la germinación inicio a los 12 días; sin embargo, el empleo del fitorregulador AIA a los 25 días presentó la tasa máxima de germinación al 100%, mientras que con AIA 2.5mgL^{-1} llegó al 80%, en el mismo periodo de evaluación. Los resultados de la prueba de germinación en semillas del genotipo Naranja, se observó que se inició la germinación a los 8 días en los tratamientos con AIA en ambas concentraciones, aunque inicio al mismo tiempo la germinación con KNO_3 al 1% los valores porcentuales en este tratamiento se observaron más bajos, en el caso del control, la germinación dio inicio a los 12 días teniendo un porcentaje de germinación del 40%. Para las semillas del genotipo Rojo, los resultados de la prueba de germinación en los tratamientos con ambas concentraciones de AIA, KNO_3 al 1% y testigo, la germinación inicio a los 8 días, pero solo con el tratamiento con AIA 5mgL^{-1} la germinación obtuvo el valor porcentual más alto con 90%, caso contrario con la concentración de AIA 2.5mgL^{-1} que solo alcanzo un porcentaje de germinación del 28%, siendo rebasado por el testigo y el control con porcentajes de germinación de 48% y 34% respectivamente pese a que su germinación inicio a los 16 días. En la variedad Jaguar con el tratamiento AIA 5mgL^{-1} dio inicio la germinación a los 8 días y a los 25 días alcanzó un porcentaje de germinación del 80%, en el caso del control y de

AIA 2.5 mgL^{-1} la germinación dio inicio a los 12 días alcanzando 50% y 70% de germinación respectivamente a los 25 días, por otro lado, KNO_3 1% y el testigo comenzaron la germinación a los 16 días, donde el testigo solo alcanzo el 30% de la germinación. De acuerdo con estudios de Sánchez-Calle (1988) al emplear AIA 10^{-4} M incremento el porcentaje de germinación que coincide con los resultados de este trabajo, en estudios realizados por Laurentín (2015) muestran que la baja concentración de KNO_3 no favoreció la germinación en tres cultivares de habanero, resultados que contrastan con este trabajo al emplearse dosis mas altas (Figura 1).

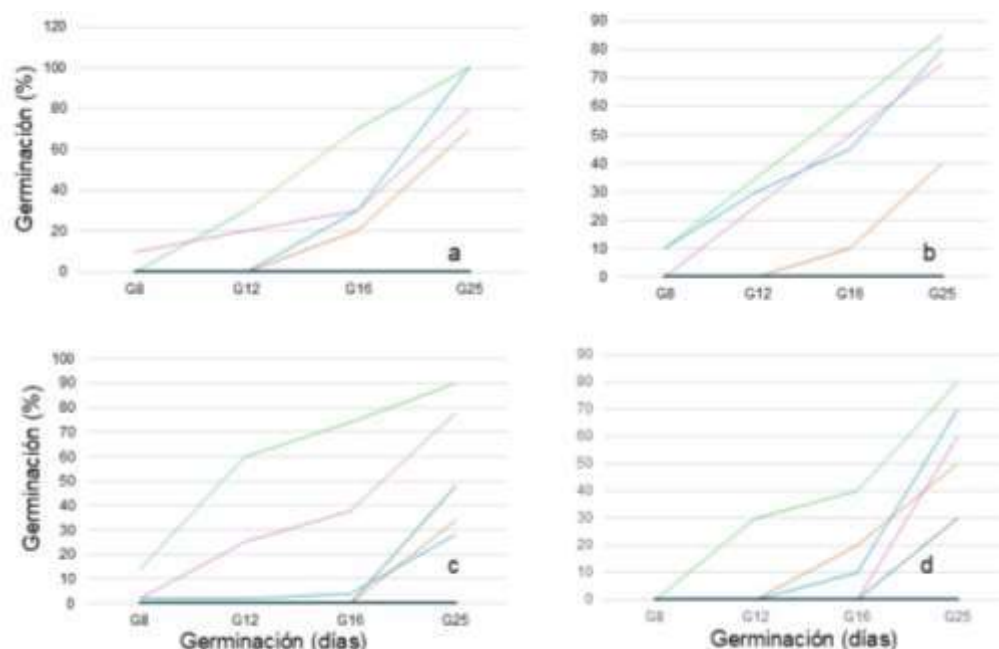


Figura 1. Germinación de semillas de chile habanero sometidos a tratamientos físicos y químicos. Testigo (azul), Control (naranja), AIA 5 mg (verde), AIA 2.5 (azul claro), KNO_3 1% (lila), KNO_3 5% (verde oscuro) y 55° (morado). a) Genotipo Amarillo, b) Genotipo Naranja, c) Genotipo Rojo y d) Jaguar.

En la aplicación de tratamientos de osmoacondicionamiento en semillas de cuatro genotipos de chile habanero se observó que, solo en la concentración de AIA 5 mgL^{-1} alcanzó el 100% de germinación en el genotipo Amarillo a los 25 días, en el genotipo naranja esta misma concentración reporta los valores más altos teniendo el 95% como máximo en 21 días, el testigo solo en el genotipo Amarillo tuvo efecto en la germinación con un valor porcentual del 30% en 30 días (Cuadro 2).

Cuadro 2. Germinación en porcentaje del genotipo Amarillo y Naranja de semillas de chile habanero osmoacondicionada.

Gen	Trat	G50%	Días	GT%	Días	Gen	Trat	G50%	Días	GT%	Días
Am	Test	10	33	30	34	Nar	Test	0	34	0	34
Am	Con	50	22	70	34	Nar	Con	10	22	40	34
Am	AIA 5	70	13	100	25	Nar	AIA 5	50	13	95	21
Am	AIA 2.5	60	19	100	25	Nar	AIA 2.5	50	17	90	34
Am	KNO ₃ 1	50	18	80	21	Nar	KNO ₃ 1	50	14	75	33
Am	KNO ₃ 5	0	34	0	34	Nar	KNO ₃ 5	0	34	0	34
Am	55 °C	0	34	0	34	Nar	55 °C	0	34	0	34

G50 = Germinación al 50%, GT= Germinación total, Am = Amarillo, Nar = Naranja, Dosis de AIA (mg), concentración de KNO₃ (%).

Para el genotipo Rojo con la concentración de AIA 5mgL⁻¹ se obtuvo una germinación del 90%, seguido del tratamiento con KNO₃ al 1% con quien se obtuvo una germinación del 80%, en de la variedad Jaguar el testigo y el tratamiento con AIA 5mgL⁻¹ reportaron el 90% de la germinación a los 33 y 21 días respectivamente, con el control se presentó el 80% y con AIA 2.5mgL⁻¹ 70% de germinación ambos en 33 días (Cuadro 3).

Cuadro 3. Germinación en porcentaje del genotipo Rojo y la variedad Jaguar de semillas de chile habanero osmoacondicionada.

Gen	Trat	G50%	Días	GT%	Días	Gen	Trat	G50%	Días	GT%	Días
Roj	Test	24	25	72	34	Jag	Test	30	25	90	33
Roj	Con	0	21	34	34	Jag	Con	50	22	80	33
Roj	AIA 5	56	10	90	33	Jag	AIA 5	50	18	90	22
Roj	AIA 2.5	20	22	32	33	Jag	AIA 2.5	40	20	70	33
Roj	KNO ₃ 1	54	18	80	34	Jag	KNO ₃ 1	40	21	60	34
Roj	KNO ₃ 5	0	34	0	34	Jag	KNO ₃ 5	0	34	0	34
Roj	55 °C	0	34	0	34	Jag	55 °C	0	34	0	34

G50 = Germinación al 50%, GT= Germinación total, Roj = Rojo, Jag = Jaguar, Dosis de AIA (mg), concentración de KNO₃ (%).

En los cuatro genotipos con tratamientos con KNO_3 al 5% y 55 °C por 5 minutos no se observó ningún efecto sobre la germinación ya que en estos tratamientos no hubo emisión de radícula. En la variedad Jaguar se observó la mayor cantidad de peso fresco y peso seco teniendo valores promedio de 35.88 mg para peso fresco y 10.6 mg para peso seco con una altura promedio de la plántula de 1.78 cm, caso contrario con el genotipo naranja donde se observó un peso fresco de 28.96 mg y peso seco de 8.8 mg con plántulas de una altura de 1.78 cm (Cuadro 4).

Cuadro 4. Características de la plántula de cuatro genotipos de chile habanero.

Tratamiento	PF	PS	AltPI	Tratamiento	PF	PS	Alt PI
Amarillo Testigo	29.7	9.5	2.3	Naranja Testigo	28.2	8.3	1.8
Amarillo Control	29.99	9.2	2.2	Naranja Control	28.9	8.6	1.6
Amarillo AIA 5 mg	31.4	10.3	2.3	Naranja AIA 5 mg	29.7	9.2	2.5
Amarillo AIA 2.5 mg	30.9	9.8	1.6	Naranja AIA 2.5 mg	28.7	8.5	1.5
Amarillo KNO_3 1%	31.2	10.1	1.5	Naranja KNO_3 1%	29.3	9.4	1.5
Amarillo KNO_3 5%	0.0	0.0	0.0	Naranja KNO_3 5%	0.0	0.0	0.0
Amarillo 55 °C 5 min	0.0	0.0	0.0	Naranja 55 °C 5 min	0.0	0.0	0.0
Rojo Testigo	29.6	8.4	1.7	Jaguar Testigo	35.3	10.6	2.00
Rojo Control	29.7	8.6	1.8	Jaguar Control	36.6	10.8	1.5
Rojo AIA 5 mg	30.3	9.7	2.00	Jaguar AIA 5 mg	36.1	10.3	2.2
Rojo AIA 2.5 mg	30.1	9.9	1.8	Jaguar AIA 2.5 mg	35.5	10.6	1.3
Rojo KNO_3 1%	29.8	8.3	1.6	Jaguar KNO_3 1%	35.9	10.7	1.9
Rojo KNO_3 5%	0.0	0.0	0.00	Jaguar KNO_3 5%	0.0	0.0	0.0
Rojo 55 °C 5 min	0.0	0.0	0.00	Jaguar 55 °C 5 min	0.	0.0	0.0

PF = Peso fresco, PS = Peso seco, AltPI = Altura de planta.

Las semillas pueden presentar diferentes características físicas, dentro de genotipos de la misma especie. Una semilla de calidad genética no debe ser afectada por el tamaño, pero cuando son genotipos o colectas puede tener influencia tanto en la germinación como en el vigor. Aunque la semilla de chile habanero presenta latencia, existen estudios que señalan que la necesidad de las semillas después de ser extraídas debe almacenarse por un tiempo, se mencionan propuestas de seis meses, para mejorar el porcentaje de germinación y el desarrollo de la plántula, existen varios autores que señalan un período de hasta un año.

Existen una gran variedad de familias, donde las semillas pierden rápidamente la viabilidad, conocidas como semillas recalcitrantes, en las Solanaceas se ha relacionado con la existencia de un embrión en estado inmaduro, lo que provoca bajo porcentaje de germinación al extraer las semillas y sembrarlas en forma inmediata, de ahí la importancia del osmoacondicionamiento en promover un mayor porcentaje de emergencia.

CONCLUSIONES

El osmoacondicionamiento en semilla de chile habanero mejoro la germinación, la mayor dimensión física de la semilla fue en genotipo Rojo, la germinación en la semilla osmoacondicionada fue a los ocho días, el mayor porcentaje de germinación fue en el genotipo amarillo con las dos concentraciones de AIA a los 25 días, el mayor peso fresco y seco de plántulas se registró en la variedad Jaguar.

AGRADECIMIENTOS

Al TecNM-Roque por brindarme enteramente sus instalaciones, docentes, compañeros y todo lo necesario para desarrollar el presente trabajo.

LITERATURA CITADA

- Andrade, S., & Laurentin, H. (2015). Efecto del nitrato de potasio sobre la germinación de semillas de tres cultivares de ají dulce (*Capsicum chinense* Jacq.). Unell. Cienc. Tec., 25-29.
- Castillo Aguilar, C. de la C., y Zúñiga Aguilar, J. J. (2015). Manual de Producción en Invernaderos de Plántulas Certificadas de Chile Habanero de la Península de Yucatán. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
- CICY. 2019. Banco de Germoplasma de chile habanero, único en México: CICY. Boletín de Prensa N°40.
- DOF. Diario Oficial de la Federación (2017). Norma Oficial Mexicana NOM-189-SCFI-2012, Chile Habanero de la Península de Yucatán (*Capsicum chinense* Jacq.). Especificaciones y métodos de prueba. [HYPERLINK "https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5513923&fecha=21/02/2018"](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5513923&fecha=21/02/2018) \l" gsc.tab=0"

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5513923&fecha=21/02/2018#gsc.tab=0

- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31, 36-47.
- Sánchez-Calle, I.M.(1988). Efecto del AIA y del triptofano sobre la germinación de semillas de *Phaseolus vulgaris*, L. var. eagle. *Ars Pharmaceutica* , 103-124.
- Ramírez-Pimentel, J. C.-P., & Iturriaga, G. (2020). El osmoacondicionamiento de las semillas agrícolas. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8, 1-8.
- Laurentín, H. (2015). Efecto del nitrato de potasio sobre la germinación de semillas de tres cultivares de ají dulce (*Capsicum chinense* Jacq.). *Rev. Unell. Cienc*, 25-39.
- Liudmila Jiménez-Mariña, M. F.-A.-A.-F.-R. (2019). Efecto de diferentes concentraciones de Ácido Indolacético (AIA) en el enraizamiento in vitro de *Dahlia* sp. *Cultivos Tropicales*, 390-406.
- Romero-Bastidas, M., Nieto-Garibay, A., Hernández-Montiel, L. G., Troyo-Diéguez, E., Ramírez-Serrano, R., & Murillo-Amador, B. (2016). Acondicionamiento térmico de semillas en la germinación, emergencia, vigor y etapa vegetativa de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). *Nova scientia*, 8(1), 181-212.
- Villamil, J. M., & García, F. P. (1998). Germinación de semillas . Madrid: Misterio de agricultura, pesca y alimentación.

CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE MIEL DE *Melipona beecheii* PRODUCIDA EN SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA Y SELVA BAJA CADUCIFOLIA DEL ESTADO DE YUCATÁN

Yolanda B. Moguel-Ordóñez¹, K. Itzél Alcalá-Escamilla², Marisela Leal-Hernández³, y David A. Betancur-Ancona⁴

¹C.E. Mocochoá, CIRSE-INIFAP, ²CENID Fisiología y Mejoramiento Animal, ³CENID Salud Animal e Inocuidad, ⁴ Facultad de Ingeniería Química UADY. *Autor de correspondencia:

moguel.yolanda@inifap.gob.mx

RESUMEN

Actualmente existe un interés creciente en el uso de miel de meliponinos; sin embargo, no existe una norma que establezca los parámetros y niveles que debe tener una miel de calidad, por lo cual, su caracterización en diferentes condiciones de producción es importante. Debido a esto, el objetivo del trabajo fue evaluar las características fisicoquímicas de mieles de *Melipona beecheii* obtenida de diferentes tipos de vegetación existente en el estado de Yucatán. Se obtuvieron mieles de meliponarios establecidos en dos tipos de vegetación existente en el estado de Yucatán; Selva Baja Caducifolia (SBCad) y Selva mediana Subcaducifolia (SMSubCad). Se analizó el contenido de humedad, sólidos solubles, pH y acidez libre, hidroximetilfurfural y color. No se encontraron diferencias estadísticas significativas en los parámetros de humedad, sólidos solubles, pH e hidroximetilfurfural entre las mieles provenientes de los diferentes tipos de vegetación ($P > 0.05$); pero si en el parámetro de acidez libre ($P < 0.05$) siendo mayor en las mieles procedentes de SBCad; esto pudo ser debido al tipo de vegetación y a las condiciones ambientales de dichas zonas afectaron la acidez de las mieles, y también el color las cuales variaron de blanco a ámbar claro. Es importante continuar trabajos para caracterizar las mieles bajo los diferentes tipos de floración y ecosistemas de forma para establecer los parámetros de calidad para este tipo de miel.

Palabras clave: abejas sin aguijón, miel, color, pH, acidez libre

ABSTRACT

Currently there is a growing interest in the use of meliponine honey; however, there is no standard that establishes the parameters and levels that a quality honey must have, so its characterization in different production conditions is important. Due to this, the objective of this research was to evaluate the physicochemical characteristics of *Melipona beecheii* honey obtained from different types of vegetation existing in the Yucatan state. Honey was obtained from beehives established in two types of vegetation existing in the state of Yucatan; Low Deciduous Forest (SBCad) and Medium Subdeciduous Forest (SMSSubCad). The moisture content, soluble solids, pH and free acidity, hydroxymethylfurfural and color were analyzed. No significant statistical differences were found in the parameters of moisture, soluble solids, pH and hydroxymethylfurfural between honeys from different types of vegetation ($P>0.05$); but if in the parameter of free acidity ($P<0.05$) being higher in honeys from SBCad; this could be due to the type of vegetation and environmental conditions of these areas that affected the acidity of the honeys, and also the color, which varied from white to light amber. It is important to continue research to characterize honeys under the different types of flowering and ecosystems to establish the quality parameters for this type of honey.

Keywords: stingless bees, honey, color, pH, free acidity

INTRODUCCIÓN

El género *Melipona* incluye unas 40 especies conocidas de abejas sin aguijón productoras de miel y su distribución natural abarca de México hasta Argentina (Michener, 2007). Se encuentran en selvas bajas tropicales y dependen de los ciclos y las variedades de los recursos forestales (Villanueva *et al.*, 2013).

En la Península de Yucatán, la cría y manejo de la abeja *Melipona beecheii* fue practicada ampliamente por los mayas mucho antes de la llegada de los colonizadores españoles, siendo una actividad cultural y económicamente importante en esa región (Pat *et al.*, 2018).

La importancia de la miel de melipona dentro de la cultura maya, radica en su relevancia religiosas y en el uso de la medicina tradicional maya para tratar múltiples afecciones (González, 2012; Vit *et al.*, 2015) existiendo actualmente un creciente interés debido a que posee características de un alimento funcional.

La miel está compuesta principalmente de agua y carbohidratos, y otros constituyentes menores como: ácidos libres, aminoácidos, minerales, enzimas, vitaminas, compuestos fenólicos y flavonoides (White, 1979; Swallow y Low, 1990); sin embargo, la composición química depende principalmente de las fuentes vegetales de las cuales se deriva, así como también de la influencia de factores externos, tales como las condiciones climáticas y del manejo durante la cosecha y el almacenamiento (Moguel *et al.*, 2005).

En las mieles de meliponinos se ha reportado sustancias bioactivas con actividad biológica, como la actividad antioxidante y antimicrobiana (Silva *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2017). Los compuestos que muestran gran actividad antioxidante son los ácidos fenólicos, flavonoides y las enzimas y se les ha relacionado en la prevención de enfermedades asociadas con el estrés oxidativo (Aljadi y Kamaruddin, 2004); sin embargo, la composición química depende del origen floral, las zonas geográficas y el tipo de vegetación de las cuales las abejas obtienen el néctar, así como del manejo que las abejas realizan durante el almacenamiento y maduración de la miel. Por tal motivo el objetivo de la investigación fue evaluar las características fisicoquímicas de mieles de *Melipona beecheii* obtenida de diferentes tipos de vegetación existente en el estado de Yucatán.

MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreo de miel de *M. beecheii* se realizó en el estado de Yucatán en meliponarios ubicados en dos tipos de vegetación; Selva Baja caducifolia (SBCad) y Selva Mediana Subcaducifolia (SMSSubCad). Se obtuvieron un total de ocho muestras, siendo cuatro muestras provenientes de la vegetación de SMSSubCad [Tizmin (2) y Tekax (2)] y cuatro muestras de la vegetación SBCad [Hunucmá (2) y Tixpéhual (2)].

Las muestras se obtuvieron en los meses de abril-julio del 2024. Se cosecharon entre 500 mL a 1 Lt de miel por cada meliponario bajo condiciones de higiene utilizando jeringas estériles. Se colocaron en frascos de vidrio estériles, se etiquetarán (nombre del meliponicultor y del meliponario, dirección y fecha de cosecha) y trasladaron al laboratorio en neveras para evitar deterioro por calentamiento durante el transporte.

Los análisis fisicoquímicos realizados a la miel fueron los siguientes: 1) Humedad (NOM, 2018), se realizó utilizando un refractómetro Abbe ATAGO con indicador de temperatura. Se registró el Índice de Refracción y se calculó la humedad de acuerdo con una tabla de equivalencias. Los resultados se reportaron en porcentaje de humedad (%); 2) Sólidos solubles (AOAC - 932.12) se realizó utilizando un refractómetro Abbe ATAGO y los resultados se reportaron en °Brix; 3) pH y acidez libre (Bogdanov et al., 1997), a una solución de miel (10 g miel / 74 mL agua libre de carbonatos) se midió el pH utilizando un potenciómetro Beckman y la solución se tituló con una solución de hidróxido de sodio 0.1 M hasta alcanza un pH 8.3. El contenido de ácidos libres se reportó como meq/kg de miel; 4) Hidroximetilfurfural (HMF) (Bogdanov et al., 1997), se realizó por el método espectofotométrico basado en el método de White el cual determina la concentración de 5-(hidroximetil)-furfuran-2-carbaldehído midiendo la absorbancia del HMF a 284 nm. Los resultados se reportaron en mg/kg de miel; 5) Color, se realizó utilizando un colorímetro Hanna Honey Color Analyzer HI96785. Los resultados se expresaron en mm (milímetros) de acuerdo con la escala de Pfund que varía desde 0 hasta 140 mm, clasificando la miel en blanco agua, extra blanco, blanco, ámbar extra ligero, ámbar ligero, ámbar y oscuro.

Se realizó un análisis de varianza para determinar diferencias de las características fisicoquímicas de la miel entre los dos tipos de vegetación. La comparación de medias se realizará por la prueba de Duncan utilizando el programa Statgraphics versión 18.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se encontraron diferencias estadísticas significativas en los parámetros de humedad, sólidos solubles, pH e hidroximetilfural entre las mieles provenientes de

los diferentes tipos de vegetación ($P>0.05$); pero si en el parámetro de acidez libre ($P<0.05$) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características fisicoquímicas de mieles de *M. beecheii* obtenidas en meliponarios ubicados en diferentes tipos de vegetación en Yucatán, México.

Propiedad fisicoquímica	Tipo de Vegetación	
	Selva mediana subcaducifolia	Selva baja caducifolia
	(SMSSubCad)	(SBCad)
Humedad (%)	24.03 $\pm$ 1.25 ^a	23.82 $\pm$ 0.62 ^a
Sólidos solubles (° Brix)	73.88 $\pm$ 1.28 ^a	74.08 $\pm$ 0.71 ^a
Ph	3.68 $\pm$ 0.32 ^a	3.48 $\pm$ 0.05 ^a
Acidez libre (meq/kg)	19.56 $\pm$ 4.01 ^a	29.75 $\pm$ 3.69 ^b
HMF (mg/kg)	4.00 $\pm$ 0.91 ^a	4.83 $\pm$ 2.55 ^a

La humedad varió de 22.92 a 25.44% correspondientes a mieles obtenidas en meliponarios ubicados en la vegetación de SMSSubCad, siendo muy elevados comparados con mieles de *Apis mellifera* (20% máximo permitido). La humedad de la miel es un indicador de la madurez y representa la capacidad de permanecer estable durante el almacenamiento, por lo cual, debido a su composición y naturaleza una de las características propias las mieles de *M. beecheii* es su alta tendencia a fermentar. El elevado porcentaje de humedad en estas mieles se encuentra asociado a diversos factores como el número de individuos de la colmena encargados de eliminar la humedad del néctar (aprox. 3 mil para *M. beecheii* versus 60 mil para *A. mellifera*) y que los pots se mantienen abiertos durante su uso (Nicolson, 2009). Actualmente no existe una norma que establezca el límite máximo permitido de humedad para este tipo de miel; sin embargo, para establecer un parámetro adecuado para este tipo de miel, se sugieren realizar trabajos de investigación más puntuales que incluyan datos sobre el medio ambiente y el contexto de las colonias.

Con relación a sólidos disueltos los resultados las mieles tuvieron valores de 72.55 a 75°Brix, los cuales son menores a los reportados para mieles de *A. mellifera* (79°Brix); este parámetro se ha utilizado para evaluar de forma indirecta el porcentaje de azúcares totales en la miel el cual está relacionado a la madurez (Contreras, Esteban y Condori, 2016). Sin embargo, en mieles de meliponinos las mieles son más húmedas por lo cual, era de esperarse que los sólidos disueltos fueran menores.

El pH de las mieles varió de 3.20 a 3.90 estuvieron dentro de los valores reportados por otros autores, Ramírez *et al.* (2024) reportó pH de 3.90 y 3.9 para mieles de *M. beecheii* obtenidas en el estado de Yucatán durante época de cosecha y postcosecha. Aunque no existe una norma para establecer los valores de pH permitidos para esta miel, en Malasia (MS 2683:2017) se ha establecido un rango de entre 2.5 – 3.8 para mieles de meliponinos, estando las mieles estudiadas dentro de dicho rango.

La acidez libre fue el único parámetro que presentó diferencias entre origen de la miel ($P < 0.05$), siendo la miel proveniente SBCad mayor a la de SMSubCad; sin embargo, fue inferior al límite máximo establecido (50 meq/kg) para miel de *A. mellifera*. La acidez brinda información de los ácidos libres contenidos en la miel, los cuales se utilizan como indicadores de fermentación, y en la miel de *A. mellifera* se utiliza es una medida indirecta de la frescura y madurez (Bogdanov y col., 1997). La acidez puede también variar de acuerdo con el lugar de procedencia y origen botánico, Contreras, Esteban y Condori (2016) encontraron mayores valores de acidez en mieles de apiarios cercanos a cafetales, por lo cual, las diferencias entre las muestras de estudio pueden deberse al tipo de vegetación donde las abejas obtuvieron el néctar.

El contenido de HMF fue inferior de acuerdo con el límite máximo permitido para miel de *A. mellifera* (40 mg/kg) (NOM. 2018) y también con los valores reportados por Ramírez *et al.* (2024) para mieles de *M. beecheii* los cuales obtuvieron valores de 11.8 y 20.4 mg/kg para mieles obtenidas durante el período de cosecha y poscosecha en Yucatán. El HMF a pesar de no ser un compuesto propio de la miel, la elevada concentración de glucosa y fructosa, el medio ácido, y las temperaturas

propiciaron la formación de este compuesto (Juárez y Valle, 1995). Se utiliza como un parámetro que indica la frescura, tiempo de almacenamiento o/o calentamiento de la miel, por lo cual, las bajas concentraciones encontradas indican que las mieles son frescas.

El color de las mieles varió de blanco a ámbar claro (Figura 1). El origen floral y la composición química son factores importantes en el color de las mieles. Se ha reportado que la presencia de minerales transportados del suelo al néctar (Gómez, 1990; Cox y Huser, 1996), así como también la presencia de fenoles, terpenos, aceites esenciales y flavonoides imparten color a las mieles (Salamanca *et al.*, 2001). La mayoría de las mieles provenientes de la vegetación de SMSubCad se clasificaron como Ámbar extra claro; sin embargo, en las mieles provenientes de SBCad se obtuvieron mieles más claras (clasificadas como Blancas) y más oscuras (clasificadas como Ámbar claras), lo cual, puede ser debido al tipo de vegetación prevaleciente en cada tipo de vegetación del cual se obtuvieron las muestras.

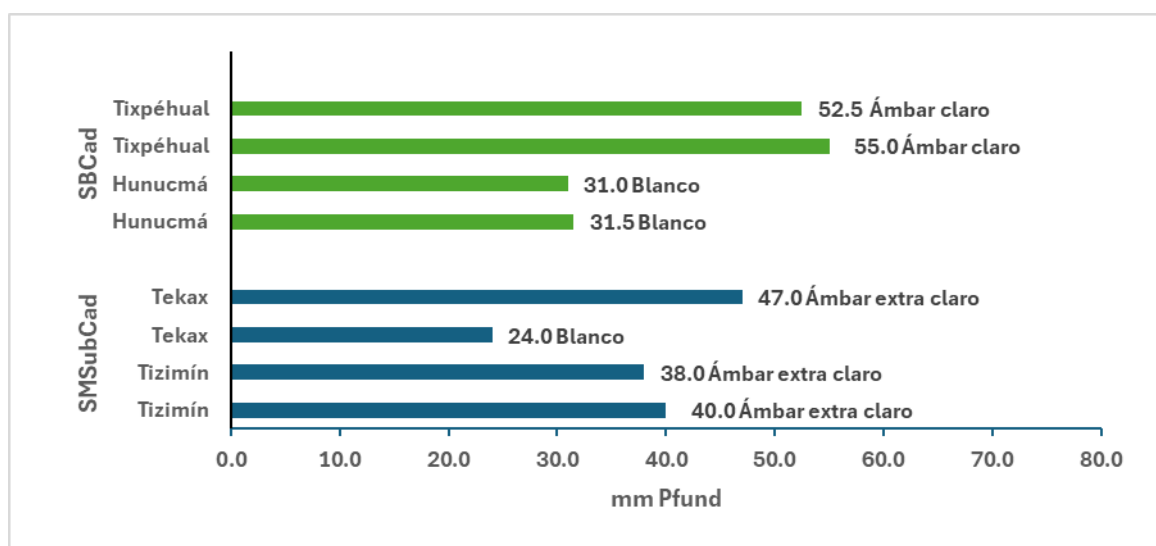


Figura 1. Color mieles de *M. beecheii* obtenidas en meliponarios ubicados en diferentes tipos de vegetación y municipios en Yucatán, México.

CONCLUSIONES

Las mieles de *M. beecheii* analizadas procedentes de diferentes tipos de vegetación indicaron que características fisicoquímicas similares en los parámetros de humedad, sólidos solubles, pH e HMF; sin embargo, el tipo de vegetación y probablemente las condiciones ambientales de dichas zonas afectaron la acidez de las mieles, y también el color. Es importante continuar trabajos para caracterizar las mieles bajo los diferentes tipos de floración y ecosistemas de forma que se tenga sustento para establecer los parámetros de calidad para este tipo de miel.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto con No. SIGI 14552236635 financiado por Fondos Fiscales INIFAP.

LITERATURA CITADA

- Aljadi, A. M., and Kamaruddin, M. Y. (2004). Evaluation of the phenolic contents and antioxidant capacities of two Malaysian floral honeys. *Food Chemistry*. 85(4), 513–518. DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00596-4
- Bogdanov, S., Martin, P., and Lullman, C. (1997). Harmonised methods of the European Honey Commission. *Apidologie*. Extra issue 1: 59.
- Contreras, N., Esteban, V., y Condori, V. (2016). Valor económico y calidad física, química y microbiológica de la miel de abeja en los apicultores de la provincia de Leoncio Prado – 2015. *Investigación y Amazonía*. 6(2): 60-69
- Cox, B., and Huser, B. (1996). Moisture level and color of honey. *American Bee Journal*. (4):253-257.
- Gómez, P. (1990). Color de la Miel. *American Bee Journal*. 264-271
- González, A.J. (2012). La importancia de la meliponicultura en México, con énfasis en la Península de Yucatán. *Bioagrociencias*. 5:34-42. <http://www.ccba.uady/bioagro/V5N1/articulo7.pdf>
- Juárez S. y Valle V. (1995). Termogeneración de hidroximetilfurfural (HMF) en la miel de abeja como parámetro de calidad. *Tecnología de alimentos*. 30(1):13-15.

- Malaysian standard MS 2683:2017 (2017). Kelulut (Stingless bee) honey – Specification. Cyberjaya : Department of Standards Malaysia.
- Michener, C.D. (2007). The bees of the world. John Hopkins University Press. Baltimore
- Moguel O.Y.B., Echazarreta G.C., and Mora E.R. 2005. Calidad fisicoquímica de la miel de abeja *Apis mellifera* producida en el estado de Yucatán durante diferentes etapas del proceso de producción y tipos de floración. *Técnica Pecuaria en México*. 43(3):323-334.
- Nicolson, S.W. (2009). Water homeostasis in bees, with the emphasis on sociality. *Journal of Experimental Biology*. 212 (Pt 3):429-34
- NOM (2018). NORMA Oficial Mexicana NOM-004-SAG/GAN-2018, Producción de miel y especificaciones
- Oliveira, R. G., S. Jain, A. C. Luna, L. Dos Santos freitas and E. De Araújo. 2017. Screening for quality indicators and phenolic compounds of biotechnological interest in honey samples from six species of stingless bees (Hymenoptera: Apidae). *Food Sci. Technol*. 37: 552-557.
- Pat, F.L.A., Hernández, B.P., Pat, F.J.M., Guizar, V.F., and Ramos, R. R. (2018). Cría y manejo tradicional de la abeja *Melipona beecheii* (ko'olel kaab) en comunidades aledañas a la Reserva de la Biosfera Los Petenes, Camp., Méx. Ecosur. México.
- Ramírez, M.I., Moguel, O.Y., y Betancur, A.D. (2024). Comparison of physico-chemical properties of honeys produced by *Melipona beecheii* bees from low deciduous forest at harvest and post-harvest seasons. *Journal of Food and Nutrition Research*. 63(2):185–195
- Salamanca, G., Álvarez, R., y Serra, J. (2001). Naturaleza del Color de Algunas Mielles Tropicales de *Apis mellifera* en el Departamento de Boyacá. http://www.beekeeping.com/articulos/salamanca/color_mielles_boyaca.htm.
- Silva, T.M.S., dos Santos, F.P., Evangelista, A.R., da Silva, E.M.S., da Silva, G.S., de Novais, J.S., dos Santos, F. de A.R., and Camara, C.A. (2013). Phenolic compounds, melissopalynological, physicochemical analysis and antioxidant

- activity of jandaíra (*Melipona subnitida*) honey. *Journal of Food Composition and Analysis*. 29:10-18. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.08.010>
- Swallow, K., and Low, N. (1990). Analysis and quantification of carbohydrates in honey using HPLC. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 38(9):1828-1832.
- Villanueva G. R., Roubik, D. W., Colli-Ucán, W., Güemez, R. F., and Buchmann, S. L. (2013). A critical view of colony losses in managed Mayan honey-making bees (Apidae: Meliponini) in the heart of zona maya. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 86(4), 352–362. <http://www.jstor.org/stable/43288258>
- Vit, P., Vargas O., López, T. and Maza, F. (2015). Meliponini biodiversity and medicinal uses of pot-honey from El Oro province in Ecuador. *Emirates Journal of Food and Agricultura*. 17(1): 502–506
- White, J. (1979). Composición y propiedades de la miel. Mc Gregor SE. Edit. Limusa, México.

CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN CAPRINA EN LOS GRUPOS GANADEROS DE GUANAJUATO: ESTUDIO PRELIMINAR

América Alejandra Luna Estrada¹; Tomás Arturo González Orozco²; María Denisse Montoya Flores ¹ y Yumi Elena Ghinis Hozumi³

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENID FyMA), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). km. 1 Carr. a Colón-Ajuchitlán, Colón, Qro., C.P. 76280, México; ²Campo Experimental Bajío (CEBAJ), INIFAP. km 6.5 Carr. Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Gto. C.P. 38010, México; ³Consultor Independiente. Autor de correspondencia: aalejandra.lunae@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del estudio fue caracterizar la actividad caprina de 701 pequeños productores del estado de Guanajuato, que recibieron asistencia técnica y capacitación en el periodo 2013-2022. Se evaluaron los cuestionarios de diagnóstico línea base (DLB), con los siguientes resultados: los caprinocultores se ubicaron en 22 municipios, 31% fueron mujeres y 69% hombres, con rango de edad de 19-85 años y 0-12 años de recibir asistencia. 85.9% sabía leer y escribir y 9.7% no; 20.1% concluyeron estudios de primaria, 1.9% secundaria, 1.0% bachillerato, 0.1% carrera técnica y 1.0% licenciatura. La caprinocultura fue la principal actividad para el 43.1% y como única fuente de ingresos el 23.1%; 53.6% tuvo terrenos particulares para producir, 37.8% de tipo ejidal, 3.7% comunal, 1.3% la rentaba y solo 2.6% disponía de potreros o agostaderos. Los sistemas de producción identificados fueron semi-intensivo (57.0%), intensivo (39.1%) y extensivo (1.4%). Composición racial de los hatos: saanen (29%), criollas (9.7%), alpina (8.6%), togenburg (0.7%), boer (1.4%) y 46.1% tuvieron animales de todas las razas mencionadas. 25.3% contaban con corrales de manejo y para dividir animales por etapa productiva; 8.3% dispusieron de sala de ordeño o área para ordeñar; 56.1% bebederos y 61.2% comederos en los corrales; 19% bodegas; 2% taller de lácteos y 2.1% silos. 10.4% contaron con arado, tractor, camioneta, remolque, ensiladora, empacadora de forraje, ordeñadora mecánica y cubetas con pezoneras, entre otros.

Se reconoce la utilidad de conocer los recursos disponibles de los productores como capacidades académicas, económicas y disponibilidad de recursos materiales para realizar la caprinocultura. Se requiere profundizar en el estudio para apoyar en la toma de decisiones de las instancias financieras, y se favorezca el desarrollo de políticas públicas y programas de apoyo efectivos para este sector.

Palabras clave: Sistemas de Producción, Caprinocultura, Guanajuato, Diagnóstico.

ABSTRACT

The study's goal was to characterize the goat activity of 701 small producers in the state of Guanajuato, who received technical assistance and training in the period 2013-2022. Baseline diagnostic questionnaires (DLB) were evaluated, with the following results: goat farmers were located in 22 municipalities, 31% were women and 69% men, with an age range of 19-85 years and 0-12 years of receiving assistance. 85.9% could read and write and 9.7% could not; 20.1% completed elementary school, 1.9% middle school, 1% high school, 0.1% had a technical career, 1% had a degree. Goat farming was the main activity for 43.1% and the only source of income for 23.1%; 53.6% had private land for production, 37.8% was ejidal, 3.7% communal, 1.3% rented and only 2.6% had paddocks or pastures. The production systems identified were semi-intensive (57.0%), intensive (39.1%) and extensive (1.4%). Racial composition of the herds: Saanen (29%), Creole (9.7%), Alpine (8.6%), Toggenburg (0.7%), Boer (1.4%) and 46.1% had animals of all the breeds mentioned. 25.3% had handling pens and pens to organize their animals by productive stage; 8.3% had a milking parlor or milking area; 56.1% had water troughs and 61.2% had food troughs in the pens; 19% had a storage room; 2.6% had a dairy products atelier; and 2.1% had silos. 10.4% had a plough, tractor, truck, trailer, silage machine, forage baler, milking machine and nipple buckets, among others. It is useful to know the available resources of the producers, such as academic and economic capacities and availability of material resources to carry out goat farming. Further study is needed to support decision-making by financial institutions and to promote the development of public policies and effective support programs for this sector.

Keywords: Production Systems, Goat Farming, Guanajuato, Diagnostic.

INTRODUCCIÓN

Contexto nacional de la caprinocultura

La cabra (*Capra hircus*) ha mostrado ser una especie altamente adaptable en México, donde se cría desde hace cinco siglos (Barrera, 1996). La versatilidad de esta especie ha permitido obtener una amplia variedad de productos como leche, carne, piel y pelo; y ha hecho de la caprinocultura una actividad de gran importancia social y económica en el país, particularmente en regiones donde las condiciones geográficas y ambientales limitan la producción de otras especies (Salgado et al., 2023) El arraigo de la producción caprina en zonas áridas y semiáridas, como el norte del país y la Sierra Madre del Sur, la han convertido en una práctica tradicional y fundamental para muchas familias del sector rural (Salinas et al., 1991; Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura en el Banco de México [FIRA], 1999). Asimismo, Aréchiga et al. (2008) mencionan que en México se tenían registradas 494,000 unidades de producción caprina (UPC) y aproximadamente 1.5 millones de personas realizaban la caprinocultura como actividad productiva primaria o complementaria; además, el 64% de la población caprina se concentraba en unidades de producción de las zonas áridas y semiáridas, mientras que el 36% restante en las de clima templado.

La caprinocultura en el estado de Guanajuato

La ubicación geográfica de Guanajuato, con sus variados climas, suelos y vegetación ha favorecido el desarrollo de una próspera actividad agropecuaria. Esta riqueza natural lo posiciona como un importante productor nacional de alimentos, destacando en diversos granos básicos, hortalizas y productos pecuarios como la leche de cabra (Unger, 2010). De acuerdo al cierre preliminar del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Guanajuato consolidó durante 2023 su posición como un importante productor caprino en México. El estado registró un inventario de 454,932 cabezas de ganado, una producción de 44,852.47 litros de leche y 1,473.07 t de carne en canal. Estos datos lo sitúan en el 9.º lugar nacional del inventario caprino, como el 2.º productor de leche de cabra y el 11.º

productor de carne en canal. La producción caprina a pequeña escala es una actividad económica importante en muchas regiones del estado; no obstante, persisten vacíos en el conocimiento sobre los recursos técnicos, como la disponibilidad de maquinaria y herramientas adecuadas, y los recursos sociales, como el acceso a redes de apoyo y capacitación, disponibles para estos productores. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue caracterizar la actividad caprina de pequeños caprinocultores del estado de Guanajuato, que participaron en un programa de asistencia técnica y capacitación en el periodo 2013 a 2022.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron los datos de 701 cuestionarios de diagnóstico línea base (DLB), aplicados entre 2013 y 2022 a caprinocultores del sistema familiar o de pequeña escala del estado de Guanajuato, organizados de 2002 a 2018 como Grupos Ganaderos de Validación y Transferencia de Tecnología (GGAVATT) y a partir de 2019 como Grupos Ganaderos de Guanajuato (GGG). Los productores recibieron apoyo del Gobierno del Estado (que trabajó en concurrencia hasta 2018 con el Gobierno Federal), a través de los programas de atención a pequeños productores en diferentes componentes como los de asistencia técnica, capacitación, administración y extensionismo. Durante estos ciclos el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha participado en el seguimiento y evaluación de las actividades, utilizando la metodología GGAVATT (Grupos Ganaderos de Validación y Transferencia de Tecnología (Román et al., 2001) para supervisar el cumplimiento de las propuestas de trabajo y el progreso de los caprinocultores y agentes de cambio (AC).

Análisis de la información

Con la finalidad de incluir a los 22 municipios del estado donde se distribuyeron los GGG, en el intervalo de años evaluados (2013-2023), se obtuvo una muestra de 701 caprinocultores, de un total de 1222. Los resultados de los DLB fueron categorizados en rubros de socioeconomía y zootecnia para construir una base de datos de Microsoft Excel®, y calcular estadísticas descriptivas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ubicación de las UPC

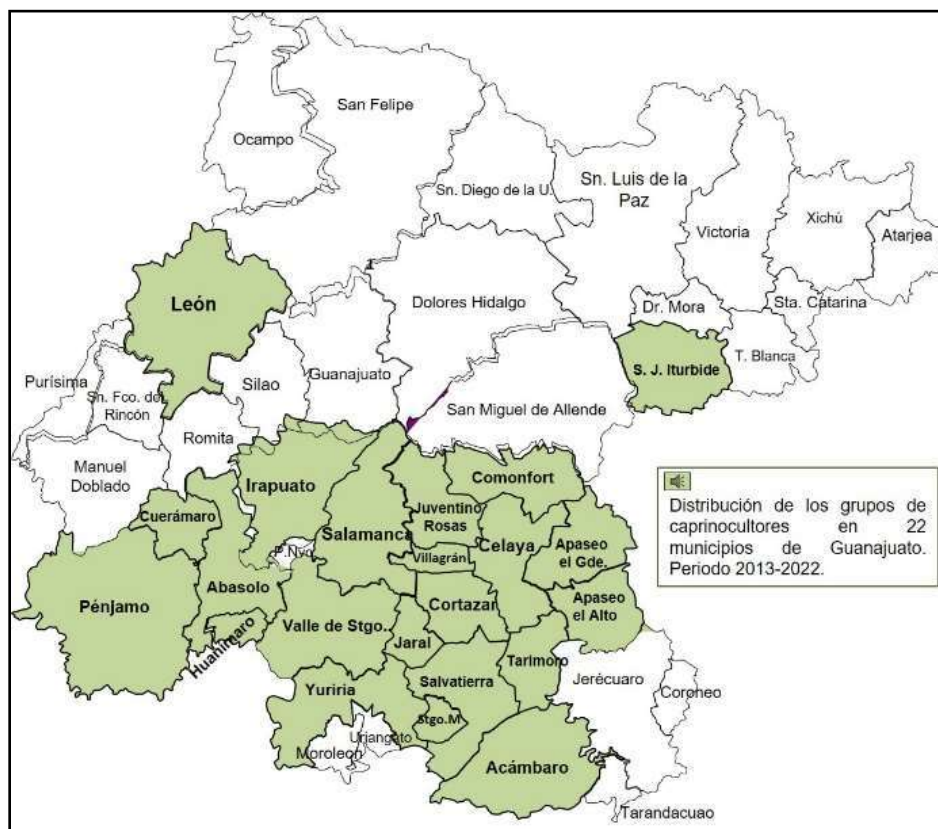


Figura 1. Mapa de los municipios del estado de Guanajuato con presencia de GGG de caprinocultores durante el periodo 2013-2022.

La Figura 1 muestra la ubicación de las UPC en 22 municipios del estado de Guanajuato, durante el periodo evaluado (2013-2022). Se observa, que los GGG cubrieron 48% del estado y de acuerdo con el SIAP (2023), estuvieron incluidos los municipios sobresalientes en la producción de leche de cabra: Santa Cruz de Juventino Rosas, Apaseo el Grande, Celaya, Comonfort y Pénjamo.

Aspectos socioeconómicos

El 31% de los caprinocultores fueron mujeres ($n=217$) y 69% hombres ($n=484$); quienes recibieron AT de 0 a 12 años y el rango de edades se distribuyó entre los 19 a 85 años. 53.6% dispuso de terrenos particulares para la actividad, 37.8% fue de tipo ejidal, 3.7% comunal, 1.3% la rentaba y únicamente 2.6% disponía de

potreros o agostaderos. 43.1% de los productores realizaron la caprinocultura como principal actividad económica, para el 23.1% fue la única fuente de ingreso y solo 10.3% daba salario a la mano de obra familiar que laboraba en la UPC. El principal producto que obtenía el 82.7% de los productores fue la leche. Respecto a su formación académica, en la Figura 2 se presenta la distribución del grado de escolaridad que tuvieron.

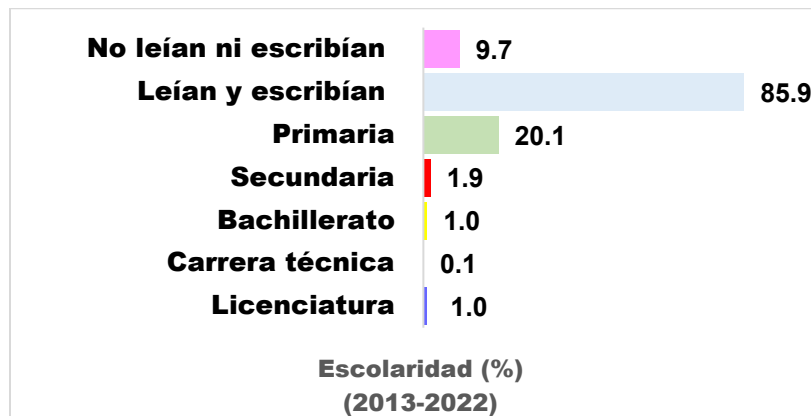


Figura 2. Distribución del grado de escolaridad en los GGG caprinos (2013-2022).

Santos et al. (2022) Caracterizaron a productores caprinos del estado de Guanajuato, y encontraron que el rango de escolaridad fue de 6.4 a 5.9 años y el número de familiares que trabajan en las UPC fue de 1.7 a 2.2.

Sistemas de producción y razas

Los sistemas de producción caprina de los GGG se distribuyeron de la siguiente manera: intensivo (39.3%; n=274), semi-intensivo (57.3%; n=400), extensivo (1.4%; n=10) y una combinación de estos (0.4%; n=3). En el 1.6% de los casos (n=11), no se contó con la información. La composición racial de los hatos fue diversa, predominando las razas saanen (29%) y criollas (9.7%). También, se encontraron alpinas (8.6%), boer (1.4%) y togenburg (0.7%). El 46.1% de las UPC tuvieron combinaciones de varias de estas razas. Esta información concuerda con el reporte de Andrade (2017), donde menciona que la raza saanen es la que más se utiliza en los sistemas que producen leche y otras de tipo alpina, así como la presencia de la boer, que fue introducida al país hace algunos años para obtener leche y carne.

Infraestructura y equipamiento

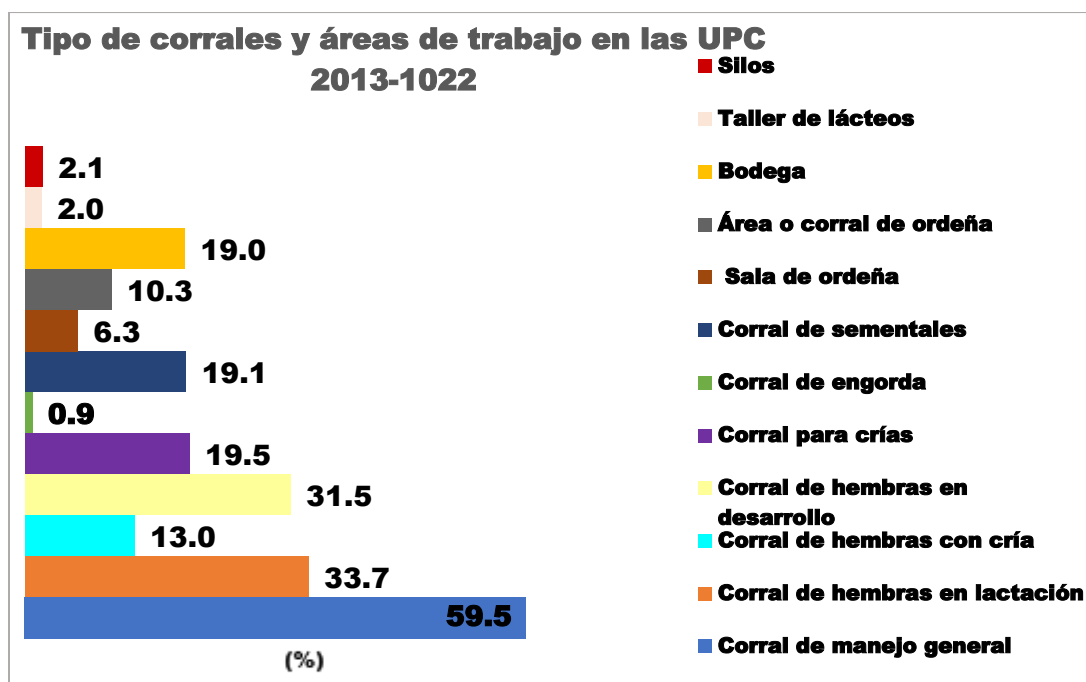


Figura 3. Tipo de corrales para el manejo de animales y áreas de trabajo en los GGG caprinos (2013-2022).

De acuerdo con Farrera et al. (2020, p. 13) varios autores han señalado que la falta de instalaciones adecuadas es un factor que limita la explotación caprina, ya que impide que puedan llevar a cabo buenas prácticas de manejo. En el presente estudio se observa que los corrales de manejo general son los que predominan en las UPC de los GGG, así como para las hembras en desarrollo que quizá fueron destinadas para el reemplazo de vientres, e incluso para la venta, cuando los productores tuvieron emergencias económicas (Figura 3).

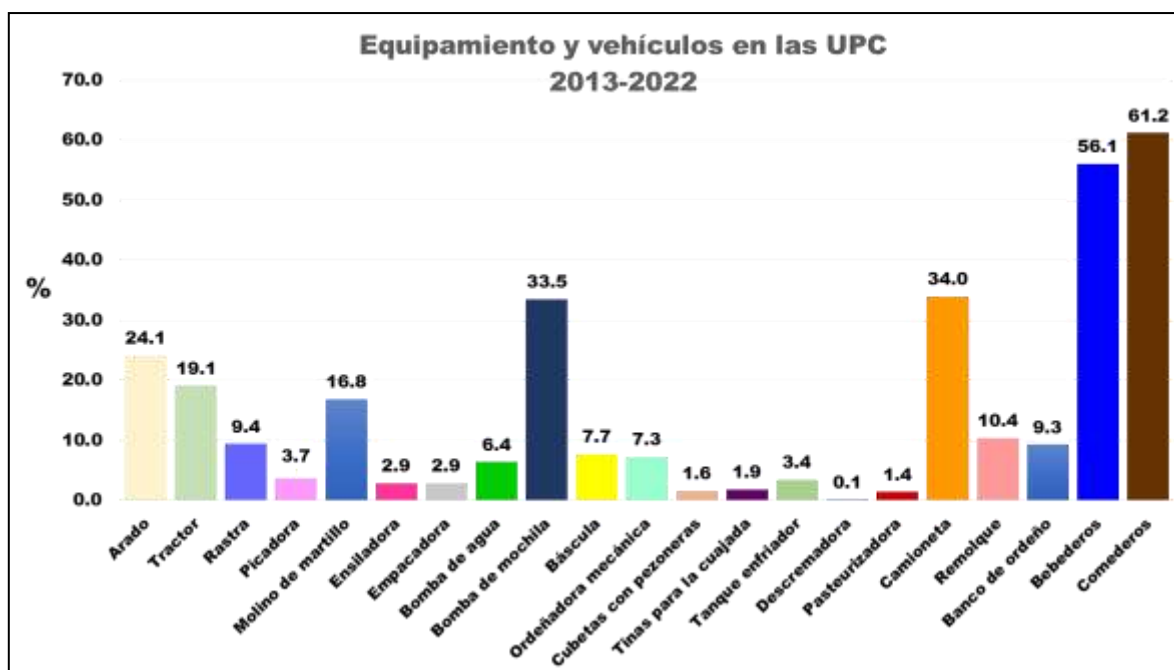


Figura 4. Equipos y tipos de vehículos de las UPC en los GGG (2013-2022)

El equipamiento y vehículos en las UPC de los GGG estuvieron relacionados con los implementos necesarios para producción como bebederos, comederos; además, de camionetas para movilizar ganado y alimento. De igual modo, maquinaria para el trabajo en terrenos de cultivo (Figura 4).

CONCLUSIONES

- ✓ El presente estudio ha permitido mostrar información sobresaliente sobre la producción caprina en el estado de Guanajuato, identificando el predominio del sistema semi-intensivo y la importancia de la leche como principal producto.
- ✓ Los resultados obtenidos subrayan la utilidad de conocer los recursos con los que disponen los productores, entre ellas sus capacidades en el ámbito académico y económico, disponibilidad de terrenos, equipos, vehículos, infraestructura y herramientas de trabajo para realizar la caprinocultura.
- ✓ Lo anterior, permitirá evaluar su desempeño y de las UPC, así como la posibilidad de orientarlos en las prácticas y actividades tecnológicas más acertadas conforme a sus recursos y puedan mejorar su sistema de producción.

- ✓ De igual forma, es importante generar información para las instancias que proporcionan financiamiento, que favorezcan el desarrollo de políticas públicas y programas de apoyo efectivos para este sector.

AGRADECIMIENTOS

A la SDAyR, caprinocultores integrantes de los GGG, AC y a los coordinadores de los grupos.

LITERATURA CITADA

- Andrade, MHM (2017). Producción de caprino en México. *Tierras Caprino*, (18), 24-26.
- Aréchiga, CF, Aguilera, JI, Rincón, RM, Méndez de Lara, S, Bañuelos, VR y Meza, H, CA (2008). Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9(1), 1-14.
- Barrera, BC (1996). Los orígenes de la ganadería en México. *Ciencias* 44, 14-27. <https://www.revistacienciasunam.com/en/34-revistas/indices-revistas-ciencias/94-44-octubre-diciembre-1996.html>. Consultado octubre 2023.
- Farrera, VIC, Cervantes, EF, Palacios, RIM, Martínez, GEG y Luna, ORA (2020). Factores que inciden en la utilidad económica de los caprinocultores de la laguna, Durango, México. *Revista Bio Ciencias*, 7, 9e33. <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e933>.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura en el Banco de México (1999). Oportunidades de desarrollo de la industria de la leche y la carne de cabra en México. [Boletín Informativo], 32 (313).
- Galina, HM (1984). México, agricultura y producción caprina. [Memorias] 1.^{er} Congreso Nacional AZTECA. Querétaro, Qro., México. p. 89-95.
- Román, PH, Bueno, DHM, Aguilar, BU, *et al.*, (2001). *Manual del Modelo GGAVATT*. [Folleto Técnico Núm. 27]. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro, Campo Experimental La Posta, Veracruz, Ver. México.

- Salgado, JI, González, Ariza A, Díaz, RE, Peláez, Caro, MP, Galán, LI, Delgado, JV, Navas, GFJ y Camacho, ME (2023). Situación actual y perspectivas del sector caprino mundial y español. *Archivos de Zootecnia*, 72 (278), 144-155. <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/>
- Salinas, H, Ávila JL, Falcón, A y Flores, R (1991). Factores limitantes en el sistema producto de caprinos en Zacatecas, México. Recuperado <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10012>
- Santos, LR, Flores Verduzco, JJ, Olmos, OG, Roldán, SE & Islas, MA (2022). Goat milk production in Guanajuato, Mexico. Coordination mechanisms established in the agri-food chain. *Agro Productividad*, 15(6), 51-58. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i6.2120>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2023). Inventario, leche y carne de caprino por estado. https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/
- Unger, K (2010). Mercado y autoconsumo: vocación agropecuaria de los municipios de Guanajuato. Recuperado <http://hdl.handle.net/11651/1257>.

CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTORES DEL PROGRAMA SEMBRANDO VIDA DEL ESTADO DE TLAXCALA, MÉXICO

Cristian Matilde Hernández^{1*}, Rigoberto Zetina Lezama², Ángel Capetillo Burela²,
Marco Antonio Reynolds Chávez², Ricardo Santillán Mendoza¹, Felipe Roberto
Flores de la Rosa¹

¹INIFAP-CIRGOC, Campo Experimental Ixtacuaco, ²INIFAP-CIRGOC, Campo Experimental
Cotaxtla. *Autor de Correspondencia: matilde.cristian@inifap.gob.mx

RESUMEN

El Programa Sembrando Vida (PSV), lanzado en 2019, tiene como objetivo mejorar el bienestar social en áreas rurales mexicanas mediante la autosuficiencia alimentaria y la recuperación ambiental. En Tlaxcala, donde hay 4,808 productores inscritos, el PSV fomenta el establecimiento de unidades agroforestales de 2.5 ha bajo el sistema de Milpa Intercalada entre Árboles Frutales (MIAF). Este sistema combina cultivos básicos, como maíz y frijol, con árboles frutales y maderables, apoyando la seguridad alimentaria y el aumento de ingresos de las familias, al tiempo que contribuye al medio ambiente al reducir la erosión del suelo e incrementar su materia orgánica. La implementación del MIAF enfrenta varios desafíos. La diversidad de condiciones climáticas, sociales y económicas en las zonas rurales, junto con la falta de capacitación de los productores acostumbrados al monocultivo, complica la correcta adopción de este sistema agroforestal. Por lo tanto, el fortalecimiento de capacidades técnicas en los participantes es fundamental para lograr el éxito del programa a mediano y largo plazo y alcanzar sus metas de mejora social y ambiental. El objetivo de este estudio fue caracterizar aspectos socioeconómicos de los productores del PSV en Tlaxcala, incluyendo factores como la tenencia de la tierra, la procedencia de la mano de obra y los recursos económicos de cada unidad de producción, con el fin de predecir el éxito de intervenciones en el sistema MIAF. Los resultados reflejaron que el 72.5% de los beneficiarios son hombres y que un 62.5% tiene menos de 60 años, lo cual sugiere un perfil adecuado para la adopción de innovaciones. La mayoría posee un nivel

educativo básico, pero suficiente para involucrarse en nuevas técnicas. Además, el 59.34% de las parcelas inscritas son de tenencia ejidal, lo que asegura la estabilidad jurídica necesaria para proyectos de largo plazo. En cuanto al tamaño familiar, el promedio de 4.5 integrantes permite un buen suministro de mano de obra familiar, lo cual es beneficioso para las demandas del sistema MIAF. La caracterización de los participantes permite diseñar estrategias más específicas para mejorar el programa, incluyendo ajustes en escalamiento y operación, y asegurar que las intervenciones respondan a las condiciones particulares de cada comunidad en Tlaxcala.

Palabras clave: *Sembrando Vida, Sistema MIAF, Tipología de productores y pequeñas unidades de producción*

INTRODUCCIÓN

El Programa Sembrando Vida (PSV), iniciado en 2019 por el gobierno federal mexicano, opera en 21 estados y cuenta en Tlaxcala con la participación de 4,808 productores (Gobierno de México, 2024). Su objetivo principal es mejorar el bienestar social del sector rural y fomentar la autosuficiencia alimentaria. El programa propone restaurar el tejido social y recuperar el medio ambiente, incentivando a pequeños productores a implementar sistemas agroforestales en unidades de 2.5 ha, combinando cultivos tradicionales con árboles frutales y maderables bajo el sistema Milpa Intercalada entre Árboles Frutales (MIAF). Este sistema incluye árboles frutales, maíz y frijol (u otra leguminosa), lo cual favorece la seguridad alimentaria, aumenta el ingreso de las familias y reduce la erosión del suelo (DOF, 2002).

La implementación de MIAF en el estado de Tlaxcala es un desafío debido a las diversas condiciones climáticas, culturales y económicas que afectan los 21 municipios involucrados. Además, muchos técnicos y productores carecen de capacitación para manejar este sistema, que difiere del monocultivo tradicional y requiere conocimientos específicos (Medina *et al.*, 2023). Estas limitaciones han

afectado la eficacia y sostenibilidad del programa, poniendo en riesgo sus metas a largo plazo.

Una estrategia prometedora para mejorar esta situación es fortalecer las habilidades técnicas de los productores y brindarles acompañamiento especializado, integrando tanto conocimientos técnicos como saberes campesinos. La caracterización de los productores mediante tipologías permite entender mejor sus decisiones de producción y facilitar la asignación de recursos, ayudando a crear políticas que optimicen los sistemas productivos (Solís *et al.*, 2023; Íñiguez, 2023).

El estudio busca caracterizar aspectos socioeconómicos de los productores de PSV en Tlaxcala, explorando tipos de tenencia de la tierra, origen de la mano de obra y recursos económicos para el sistema MIAF, con el fin de predecir el éxito de intervenciones orientadas a mejorar estos sistemas de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el segundo semestre de 2023. Se diseñó y aplicó una encuesta que consideró como universo, el número total de sembradores inscritos al PSV en el estado de Tlaxcala. La encuesta se enfocó a describir las características principales de los productores beneficiados por el PSV, tipos de tenencia de la tierra, características edáficas predominantes en sus terrenos, procedencia de la mano de obra y de los recursos utilizados para el establecimiento y manejo del sistema MIAF. Para la selección de informantes se utilizó el tipo de muestreo estratificado (Mucha, 2021) en el que consideraron 21 municipios participantes del PSV de los 60 que constituyen el estado de Tlaxcala. En ambas demarcaciones se escogieron las localidades más representativas en función de sus características agroecológicas, total de sembradores y el área total beneficiada por el PSV. En cada localidad seleccionada, los informantes fueron seleccionados utilizando un procedimiento aleatorio simple (Otzen y Manterola, 2017), que consideró intervalos constantes de selección. El tamaño de la muestra se calculó con base al padrón de beneficiarios del PSV vigente del estado de Tlaxcala para el año 2023. Para tal efecto se utilizó

la ecuación propuesta por Montatixe y Eche (2021) considerando un nivel de confianza del 95% y una población total de 4,808 sembradores.

$$Tamaño\ de\ muestra = \frac{z^2xp(1-p)/e^2}{1 + (\frac{z^2xp(1-p)}{e^2xN})}$$

Se realizaron un total de 356 entrevistas distribuidas en los municipios de Alzayanca, Españita, Huamantla, Ixtenco, Xaltocan y Zitlaltépec.

Los valores obtenidos en las encuestas fueron capturados en hojas de cálculo de Excel, para su análisis estadístico descriptivo: valores mínimos, máximos, media y desviación estándar. Los resultados fueron validados mediante recorridos de campo y entrevistas directas a productores y técnicos clave.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tipificación de productores del PSV del estado de Tlaxcala

Participación de la mujer en el PSV. La participación de las mujeres en el PSV de Tlaxcala es baja. Según la Figura 1, solo el 27.5% de los sembradores beneficiados son mujeres, mientras que el 72.5% son hombres. Esta situación se repite en otros estados de la república mexicana, como Hidalgo, Guerrero, Veracruz, Oaxaca y Chiapas. Además, estos resultados son acordes con la proporción que existe entre hombres y mujeres en la zona rural de Tlaxcala y menores a la

proporción nacional donde se estima un 31.4% de participación femenina (Chavarría, 2023).



Figura 1. Porcentaje de participación por sexo, edad y grado de escolaridad de los sembradores beneficiados por el programa sembrando vida del estado de Tlaxcala.

La presencia femenina en el PSV de Tlaxcala es escasa y comparable a la de otros programas federales. Por ejemplo, según el informe de la Secretaría de Gobernación (2021), al cierre de 2023, el programa conocido como “Producción para el bienestar” reportó que un 33.8% del total del padrón nacional en ese programa correspondió a las mujeres.

Edad. El PSV de Tlaxcala cuenta con una alta proporción de productores jóvenes y dispuestos a innovar, el 62.5% de los productores tienen menos de 60 años, lo que indica una etapa productiva óptima. El 37.5% restante tiene más de 60 años (Figura 1) de los cuales un 3.6% son productores de edad avanzada (> 80 años). Estas cifras son más favorables que las de la Encuesta Nacional Agropecuaria (INEGI, 2022), que señala que el 40% de los productores agrícolas en México tenía entre 46 y 60 años en 2017. Según diversos estudios, la edad de los productores influye

en la adopción de nuevas tecnologías, siendo los más jóvenes los que se adaptan mejor a los cambios en sus sistemas de producción (Romero-Mora et al., 2024; Escamilla et al., 2019).

Grado de escolaridad. La escolaridad y la edad son factores clave para la innovación tecnológica en el sector rural. Según Cruz-Clemente et al., (2024), los productores jóvenes con mayor nivel educativo son los que adoptan mejor las nuevas tecnologías. En el diagnóstico realizado para el PSV de Tlaxcala, se encontró que casi todos los encuestados (96.6%) saben leer y escribir, y que la mayoría tiene al menos educación primaria (35.5%) o secundaria (34.26%). Solo el 7.56% tiene licenciatura y el 0.5% postgrado. Estos datos superan ligeramente el promedio nacional de escolaridad (9.7) para la población mayor de 15 años, según el INEGI (2020).

Número de integrantes por familia. La mayor parte de las familias Tlaxcaltecas que son beneficiadas por el PSV de Tlaxcala, están compuestas por tres a cinco integrantes (61.06%), cifra similar a la observada en el estado de Hidalgo (65.8%). Sin embargo, cerca de una cuarta parte de las familias (23.1%) están integradas por seis o más personas. Sólo un 10.8% corresponde a familias pequeñas formadas por dos o menos integrantes. El promedio obtenido para esta variable fue de 4.5 integrantes por familia, valor que es ligeramente mayor a la media nacional que en 2018 fue de 3.6 acorde a la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) (Gobierno de México, 2020) y en 2020 fue de 3.9 en las localidades rurales con menos de 2 500 habitantes (INEGI, 2020). Otros valores estadísticos obtenidos para esta variable fueron: moda = 4.0, valores mínimos y máximos de 1 y 13, respectivamente y una desviación estándar de ± 1.8 .

Es importante destacar que las familias numerosas suelen requerir un mayor presupuesto y son más vulnerables a la pobreza, ya que la mayoría de sus integrantes son niños o ancianos que no se encuentran económicamente activos. Estudios como los publicados por Sanhueza (2007) demostraron que existe un efecto positivo en términos relativos al tamaño de la familia, en el que se ven favorecidos aquellos individuos que pertenecen a familias medianas y pequeñas, y

que en algún momento gozan de la exclusividad del tiempo de los padres y de otros recursos fijos.

Estado civil. El PSV de Tlaxcala beneficia a un grupo diverso de participantes en lo que a su estado civil respecta. El 57.14% de los participantes están casados, el 18.60% viven en unión libre, el 13.75% son solteros, el 8.63% viudos y sólo el 1.89% son divorciados. La edad y el estado civil son dos factores que están muy relacionados con la migración de las zonas rurales y podrían ser un indicativo de los factores de riesgo que podrían garantizar la continuidad del PSV en Tlaxcala y cualquier otro estado de la república mexicana. Al respecto, trabajos etnográficos realizados en Hidalgo por Quezada (2018) indican que una gran proporción de los migrantes son jóvenes indígenas solteros, situación que reviste una gran importancia en estados con un alto índice de intensidad migratoria como Zacatecas, Hidalgo y Jalisco; no así en Tlaxcala donde la intensidad migratoria es considerada como baja (CONAPO, 2024).

El perfil de los beneficiarios del Programa Sembrando Vida de Tlaxcala favorece la innovación y el desarrollo rural. Según los resultados de este estudio, la mayoría de los productores son hombres (72.5%) con edades entre 41 y 60 años y un nivel de educación medio superior (primaria, secundaria y preparatoria). Sus familias se componen de 3 a 5 personas (61.06%) y la mayoría están casados (57.14%). Estas características facilitan la adopción de nuevas tecnologías de producción y la mejora de sus sistemas actuales mediante la combinación de las experiencias del PSV y las técnicas del sistema MIAF. Además, al requerir el sistema MIAF mucha mano de obra, se puede aprovechar la abundancia de familias numerosas y la escasez de solteros para mejorar la Unidad de Producción con trabajo familiar y evitar la emigración.

Tipo de tenencia de la tierra. El PSV de Tlaxcala incluye formas de uso de la tierra que aseguran la propiedad legal y por tanto la permanencia y certeza jurídica de proyectos agrícolas a largo plazo como es el caso del sistema MIAF; en este trabajo se encontraron diversos tipos de tenencia de la tierra. La Figura 2 muestra que el ejidal es el más común, con el 59.34% de la superficie inscrita al programa. Le sigue la pequeña propiedad, con el 21.7%. Los otros tipos de tenencia, como la aparcería y la rentada, tienen una menor presencia, con el 7.1% y el 5.6%, respectivamente. El 6.3% de los productores no conoce el tipo de tenencia de su unidad de producción.



Figura 2. Diversos tipos de tenencia de la tierra correspondiente a la superficie participante en el Programa Sembrando Vida de Tlaxcala.

El 12.7% del área inscrita al programa corresponde a mecanismos de aparcería, mediería y arrendamiento de terreno, que no son muy comunes en el estado. Plata-Vázquez (2014) explica que estos convenios y/o contratos se basan en que los campesinos y sus familias consideran las tierras como suyas una vez que reciben el mandamiento de dotación, y por eso pueden usarlas a su conveniencia.

Superficie destinada al sistema MIAF en cada unidad de producción. Según el reglamento del PSV, los beneficiarios del PSV tienen por obligación establecer en su unidad de producción, al menos una hectárea de las 2.5 hectáreas inscritas en el programa. Cerca del 24.9% de los entrevistados señaló que el área destinada al sistema MIAF en su unidad de producción tiene una extensión de una hectárea, el 46.5% señaló que el sistema ocupa una superficie mayor a una hectárea y menor

de dos. El 28.7% mencionó que su sistema ocupa más de dos hectáreas. Es posible que los ejidatarios y pequeños propietarios dispongan de una superficie mayor a 2.5 hectáreas para sus actividades agrícolas; sin embargo, en el programa sólo tienen inscritas, de manera obligatoria 2.5 hectáreas, el resto es una superficie que no está integrada dentro del PSV.

Mano de obra. El sistema MIAF requiere mucha mano de obra en diferentes etapas de desarrollo. Para establecer y mantener el sistema, se necesitan realizar varias actividades, como trazar curvas a nivel, elaborar cepas, sembrar frutales, establecer el filtro de escurrimiento, podar, tutorear, nutrir y controlar malezas, plagas y enfermedades. Los productores de Tlaxcala indicaron que, además de su trabajo en la UP, han usado en promedio 2.8 jornales (± 2.1 jornales), con un mínimo de cero y un máximo de 14. El valor más frecuente fue de 2 jornales.

La mayoría de los productores contrata mano de obra adicional para el sistema MIAF. Solo el 11.5% de los entrevistados dijo que no necesita jornales extra. El 59.1% contrata de 1 a 3 jornales extra cuando hay más trabajo. El 20.6% contrata entre 4 y 5 jornales. Solo una minoría contrata 5 o más jornales.

Los sembradores tlaxcaltecas del PSV con frecuencia utilizan mano de obra familiar remunerada en su sistema MIAF. Según el estudio, los productores emplean en promedio 1.6 jornales extra de familiares por ciclo de cultivo. El 35.3% no cuenta o no usa a sus parientes en el campo, pero el 52.7% usa entre 1 y 3 jornales y una fracción menor (12.1%) puede llegar a utilizar cuatro o más jornales. Cabe destacar que el 63.4% de los jornales familiares cobran por su trabajo

CONCLUSIONES

Es necesario impulsar la igualdad de género en el sector agrícola rural de Tlaxcala y en los programas gubernamentales que promueven el bienestar social y económico en las zonas más vulnerables del país. La combinación de la edad y el nivel educativo de los agricultores en Tlaxcala ofrece un panorama adecuado para desarrollar una estrategia de intervención tecnológica que incluya saberes

campesinos, técnicos y científicos. Esta estrategia deberá considerar las particularidades edafoclimáticas, sociales, ambientales y culturales de cada región. Asimismo, la tipificación de los participantes registrados en el programa PSV "Sembradores y Sembradoras" permitirá diseñar nuevas estrategias para mejorar el programa, tanto en su escalamiento y operación de desarrollo, como en su expansión territorial.

LITERATURA CITADA

Comisión Nacional de Población (CONAPO, 2024). Índice de intensidad migratoria México – Estados Unidos. Gobierno de México. Consultado el 30 de enero de 2024. Disponible en:

http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indice_de_Intensidad_Migratoria_Mexico_-_Estados_Unidos

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2002.

https://www.dof.gob.mx/index_113.php?year=2002&month=12&day=30#gsc.tab=0 [consultado el 15 de julio de 2024].

Escamilla, F., Ayala, V., Flores, A., Oble, E. y Almaguer, G. 2019. Factores que influyen en la adopción de innovaciones en productores de Naranja en Álamo, Veracruz. Agricultura, Sociedad y Desarrollo, 16(2), 183-198. <https://doi.org/10.22231/asyd.v16i2.1006>

Gobierno de México. 2020. La composición de las familias y hogares mexicanos se ha transformado en décadas recientes como resultado de cambios demográficos y sociales. [En línea]. Consultado el 30 de noviembre de 2024. Disponible en: <https://www.gob.mx/conapo/articulos/la-composicion-de-las-familias-y-hogares-mexicanos-se-ha-transformado-en-las-recientes-decadas-como-resultado-de-cambios-demograficos?idiom=es>

Gobierno de México. 2024. Padrón único de beneficiarios del Programa Sembrando Vida. [En línea]. Consultado el 7 de septiembre de 2024. Disponible en: <https://pub.bienestar.gob.mx/v2/pub/programasIntegrales/16/172>

Íñiguez-Rodríguez, C. C. 2023. Los modelos de extensión rural en México ¿Desempaquetar la política pública? ¿Por qué no? Revista transregiones.3 (5): 129-160.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2023. Resultados oportunos del Censo Agropecuario 2022 Tlaxcala. Comunicado de prensa Núm. 338/23. 8 p. Aguascalientes México. [En línea]. Consultado el 20 de julio de 2024. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/CA_ResOpt/CA_ResOpt2022_Tlax.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2020. Información de México para niños. [En línea]. Consultado el 14 de Junio de 2024. Disponible en: <https://www.cuentame.inegi.org.mx/poblacion/escolaridad.aspx> Medina, B. M., M. C. Marín T. y L. Pablo G. 2023. Importancia de la milpa mazahua en el noroeste del Estado de México: perspectiva ante el cambio de uso de suelo. CIENCIA Ergo-Sum, 31(3).

<https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/18937>

Montatixe S.C.I. y M. D. Eche-Enríquez. 2021. Degradación del suelo y desarrollo económico en la agricultura familiar de la parroquia Emilio María Terán, Píllaro. Siembra. 8(1):1-15. Doi: <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i1.1735>

Mucha E. L. F. y M. G. Lora-Loza. 2021. Técnicas de muestreo para investigación cuantitativa: aplicación informática. Fondo Editorial. Universidad César Vallejo. 1ª. ed. 137 p. Lima, Perú. Doi: www.doi.org/10.18050/tecnicasmuestreo

Otzen, T. y C. Manterola. 2017. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. International Journal of Morphology. 35(1):227-232. Doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>

Romero-Mora M., Meza-Picado V., Barrantes-Rodríguez A., de Camino-Velozo R. 2024. Factores que influyen en la adopción de sistemas agrícolas y forestales en fincas de subsistencia: estudio de caso en Costa Rica. Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci). 58(1): 1-28 DOI:

<https://doi.org/10.15359/rca.58-1.6>

Open

Access:

www.revistas.una.ac.cr/ambientales e-mail: revista.ambientales@una.ac.cr

Sanhueza, C. 2007. Tamaño de la Familia, Orden de Nacimiento, Espacio Temporal entre Hermanos y Logros: Evidencias para-Chile. Obtenido de Facultad de Economía y Negocios. Universidad de Chile: http://www.previsionsocial.gob.cl/subprev/?wpfb_dl=403 [Links]

Secretaría de Gobernación. 2021. Las mujeres en el campo hidalguense. [En línea] Consultado el 23 de agosto de 2024. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/hidalgo/articulos/las-mujeres-en-el-campo-hidalguense?idiom=es>

Solís V. O.O., W.O. Cruz M., R. A. Campos S. y V. Hernández G. 2023. Caracterización socio productiva de sistemas ganaderos Bovinos en dos áreas de la Región Frailesca, Chiapas. Ciencia Latina Rev. Cient. Multidisciplinaria, 7(2):3795-3810. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5611.

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA VARIEDAD SINTÉTICA DE MAÍZ (*Zea Mays*) EN LA ETAPA DE ESTABLECIMIENTO EN LA REGIÓN VALLE DE JALISCO

Jorge Armando Peralta Nava¹, María de Jesús Ramírez Ramírez¹, Faustino Ramírez Ramírez¹, Luis Antonio Gama Moreno¹, Violeta Haide Plazola Soltero¹, Osvaldo Amador Camacho¹ y Ramon Diaz Zaragoza

¹Tecnológico Nacional de México Campus Tlajomulco, Jal., Departamento de Ciencias Agropecuarias. Programa Académico de Ingeniería en Agronomía. Cuerpo Académico Ambientes Sustentables. Km. 10 Carretera Tlajomulco-San Miguel Cuyutlán, Cto. Vicente Fernández Gómez, 45640 Tlajomulco de Zúñiga, Jal.Tel (33) 3772-4426 Y 3772-4427. Correo:

jorge.pn@tlajomulco.tecnm.mx

RESUMEN

Las variedades sintéticas o sintéticos de maíz (VS) (*Zea mays* L.) se han propuesto como una alternativa al uso de híbridos. Ofrecen la ventaja de mayor adaptabilidad a las condiciones de clima, suelo y manejo por parte de los agricultores. Este estudio se desarrolló para evaluar el comportamiento agronómico de la Variedad Sintética Roque 2015 en la etapa de establecimiento. Los Materiales evaluados fueron la variedad Sintética Roque 2015, Híbrido de Maíz R72 de Sabería y la Variedad Cuarzo de Mazata. Se obtuvo información de las variables evaluadas donde se encontró diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$); en la Variable altura de Planta (AP) La VS mostro mejores alturas en F4 y F5 de las cuatro que arrojaron diferencias significativas; en Longitud de Hoja (LH) la variedad Cuarzo de Mazata fue la que de mostros mejor desarrollo; en el Ancho de la Hoja (AH) el Híbrido Sabería R72 presentó los valores más altos en cuatro de las cinco fechas donde se encontraron diferencias significativas. Entre los Materiales Evaluados se encontró que la variedad Sintética Roque 2015 tuvo un comportamiento óptimo en las condiciones que fue evaluada por lo que posee características agronómicas durante el establecimiento que le favorecen para su rápida adaptación a los condiciones climáticas de la región valles de Jalisco.

Palabras clave: *Zea mays*, Variedad Sintética, híbrido, altura de Planta, Longitud de Hoja y Ancho de la Hoja, adaptación

ABSTRACT

Synthetic varieties or synthetics of corn (VS) (*Zea mays* L.) have been proposed as an alternative to the use of hybrids. They offer the advantage of greater adaptability to climate, soil and management conditions by farmers. This study was developed to evaluate the agronomic behavior of the Roque 2015 Synthetic Variety in the establishment stage. The Materials evaluated were the Synthetic variety Roque 2015, Corn Hybrid R72 from Sabería and the Cuarzo Variety from Mazata. Information was obtained from the evaluated variables where statistical differences were found ($P \leq 0.01$); in the Variable Plant Height (AP) The VS showed better heights in F4 and F5 of the four that showed significant differences; In Leaf Length (LH), the Cuarzo de Mazata variety was the one that showed the best development; In Leaf Width (AH) the Sabería R72 Hybrid presented the highest values in four of the five dates where significant differences were found. Among the Evaluated Materials, it was found that the Sintetica Roque 2015 variety had optimal performance in the conditions that were evaluated, so it has agronomic characteristics during establishment that favor its rapid adaptation to the climatic conditions of the valleys region of Jalisco.

Keywords: *Synthetic Variety, hybrid, Plant height, Leaf Length and Leaf Width, adaptation*

INTRODUCCIÓN

En México, el cultivo de maíz es el más importante por ser el alimento principal de la población, por su superficie sembrada, valor de la producción y ocupar el 20% de la población económicamente activa. En 2002 se sembraron en México 6.48 millones de ha con este cultivo, con un rendimiento de 2.32 t/ha (SAGARPA 2002). El estado de Jalisco en el 2023 ocupó el segundo lugar de producción nacional con aproximadamente 3.5 millones de toneladas (SIAP, 2024).

Para satisfacer las necesidades alimentarias, los maíces mejorados (híbridos) son los que satisfacen en buena medida las necesidades de la agroindustria mexicana,

y ocupan tan solo 20 % de la superficie total sembrada con maíz (SIAP, 2011). Pero el uso de híbridos de maíz tiene una problemática la cual es su alto costo de la semilla de los híbridos, que en las áreas maiceras por excelencia y representa hasta 15 % de los costos de producción (Marquez, 2010).

Las variedades sintéticas o sintéticos de maíz (VS) (*Zea mays* L.) se han propuesto como una alternativa al uso de híbridos (Marquez, 2010). Ofrecen la ventaja de mayor adaptabilidad a las condiciones de clima, suelo y manejo por parte de los agricultores, además, pueden ser usadas por varios ciclos de siembra sin que se afecte el rendimiento de grano, también es más fácil la producción de su semilla, Reyes (1985).

Las VS pueden ser usadas por los agricultores para la producción comercial de grano o por los mejoradores como poblaciones base para derivar nuevas líneas (Sahagún et al., 2013). En la mayoría de los países en desarrollo, los agricultores prefieren sembrar VS en lugar de híbridos, debido a la facilidad para desarrollar, mantener y producir grandes cantidades de semilla (CIMMYT, 1999; Kutka y Smith, 2007), además de que presentan buena adaptación a las condiciones ecológicas del lugar de origen.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización: El establecimiento del ensayo se realizó en la localización de Atotonilco el Bajo, Municipio de Villa Corona, Jalisco. De acuerdo con el Sistema de Información Estadística y Geográfica de Jalisco (SIEG, 2014), la Temperatura Media Anual registrada en este municipio es de 21.3°C, mientras que sus máximas y mínimas promedio oscilan entre 32.4°C y 7.6°C. La Precipitación Media Anual del municipio es de 900 mm.

Germoplasma utilizado: El material Vegetal Utilizado en la presente investigación fueron: La variedad Sintética Roque 2015, Híbrido de Maíz R72 de Sabería y la Variedad Cuarzo de Mazata.

Descripción de los experimentos: El ensayo se desarrollo durante el ciclo primavera Veanos 2024. La siembra y establecimiento del diseños experimental se realizó el 20 de Junio de 2024. En todos los casos la unidad experimental fue de ocho surcos de 10 m de longitud y 0.8 m entre surcos. La fertilización y labores de cultivo se realizaron de acuerdo con las prácticas tradicionales del productor..

Las Variables evaluadas fueron: los Caracteres agronómicos y se midieron cada semana durante ocho semanas

De cada parcela se seleccionaron al azar 12 plantas con competencia completa (cc), en las que se midieron las siguientes 13 variables:

Caracteres vegetativos y fenológicos: Altura de Planta (AP, de la base del suelo a la última hoja formada, en cm y m), Longitud de Hoja (LH, cm), Ancho de la hoja (AH, cm), Altura de Hoja bandera (AHB, de la base del suelo a la hoja bandera, en m) y altura a la mazorca principal (AM, m).

Métodos Estadísticos: La evaluación se hizo utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los datos tomados se les realizó ANOVA y prueba de Duncan ($P \leq 0,05$) y se utilizado el paquete estadístico INFOSTAT 2008

RESULTADOS

Del análisis de varianza realizado a las variables evaluadas durante las siete fechas se encontraron diferencias significativas entre los materiales evaluados, exceptuando la variable altura de hoja bandera y altura de la mazorca no se encontraron diferencias significativas.

Altura de Planta:

En esta variable se encontró diferencias significativas en cuatro de siete fechas evaluadas (Cuadro 1), siendo las F1, F3, F4 y F7. En la F4 y F7 Roque 2015 mantuvo las mayores alturas con 136 y 196 cm respectivamente. La variable sintética Roque 2015 presentó en la F4 14.7% y 16.2% más altura que Sabería R72

y Mazata Cuarzo y en F7 un promedio de 5% más que los híbridos antes mencionados.

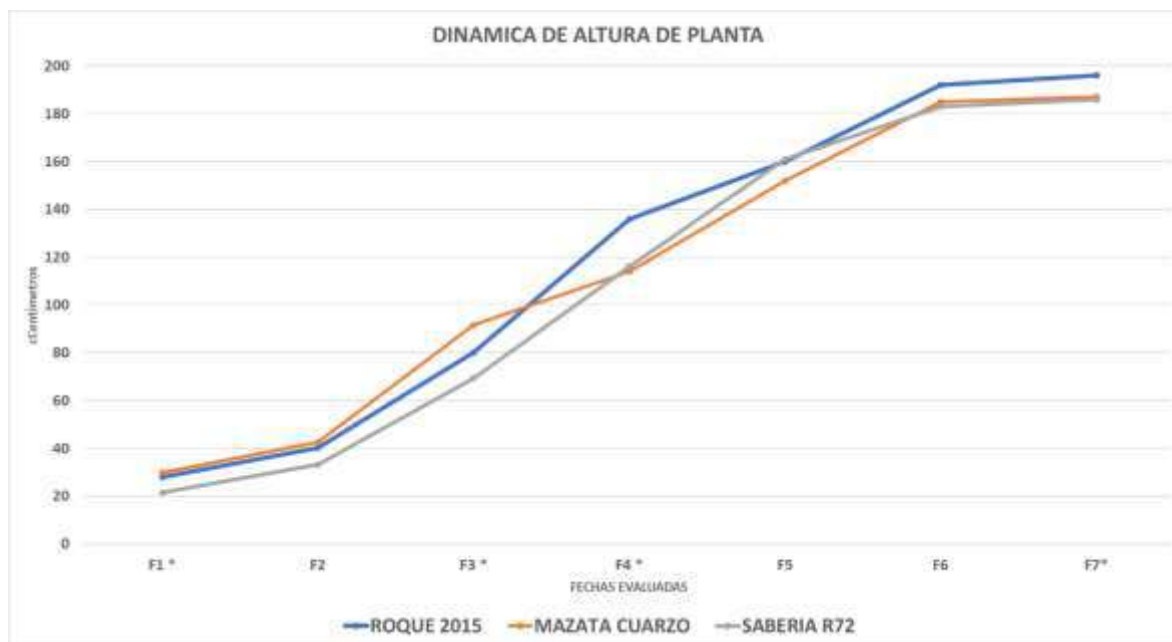
Las alturas de plantas reportadas en este trabajo no sobrepasan lo recomendado para la comercialización, con respecto a esto, Antuna *et al.* (2003) menciona que lo recomendable es contar con materiales de porte bajo que toleren altas densidades y resistencias al acame, sin descuidar la relación positiva de altura de planta con el potencial de rendimiento de grano. Los valores obtenidos en este ensayo fueron similares a los obtenidos por Hernandez y Esquivel (2004) donde menciona que la obtención de materiales de porte bajo favorece en mayor tolerancia al Acame.

Cuadro 1. Análisis de varianza a la variable Altura de Planta durante siete fechas

MAT VEG	ALTURA DE PLANTA													
	F1 *		F2		F3 *		F4 *		F5		F6		F7*	
	MEDIA cm	GPO	MEDIA cm	GPO	MEDIA cm	GPO	MEDIA cm	GPO	MEDIA cm	GPO	MEDIA cm	GPO	MEDIA cm	GPO
ROQUE 2015	27.96	A	40.2	A	80.08	B	136	A	160	A	192	A	196	A
MAZATA CUARZO	29.8	A	42.61	A	91.64	A	114	B	152	A	185	A	187	B
SABERIA R72	21.47	B	33.22	A	69.44	C	116	B	161	A	183	A	186	B
CV	3.54		30.32		5.35		5.78		7.64		4.1		2.4	

CV= Coeficiente de variación; *=Significancia para las fuentes de Variación al 0.05 de probabilidad; GPO= Agrupamiento de la prueba de media con Duncan

En la gráfica 1 se muestra la dinámica de crecimiento de los materiales evaluados y como la variedad sintética Roque 2015 en las últimas 4 fechas tiene un repunte en sus desarrollo siendo ligeramente más altas que los otros híbridos evaluados



Grafica 1. Dinámica de alturas promedio por fecha de los materiales evaluados.

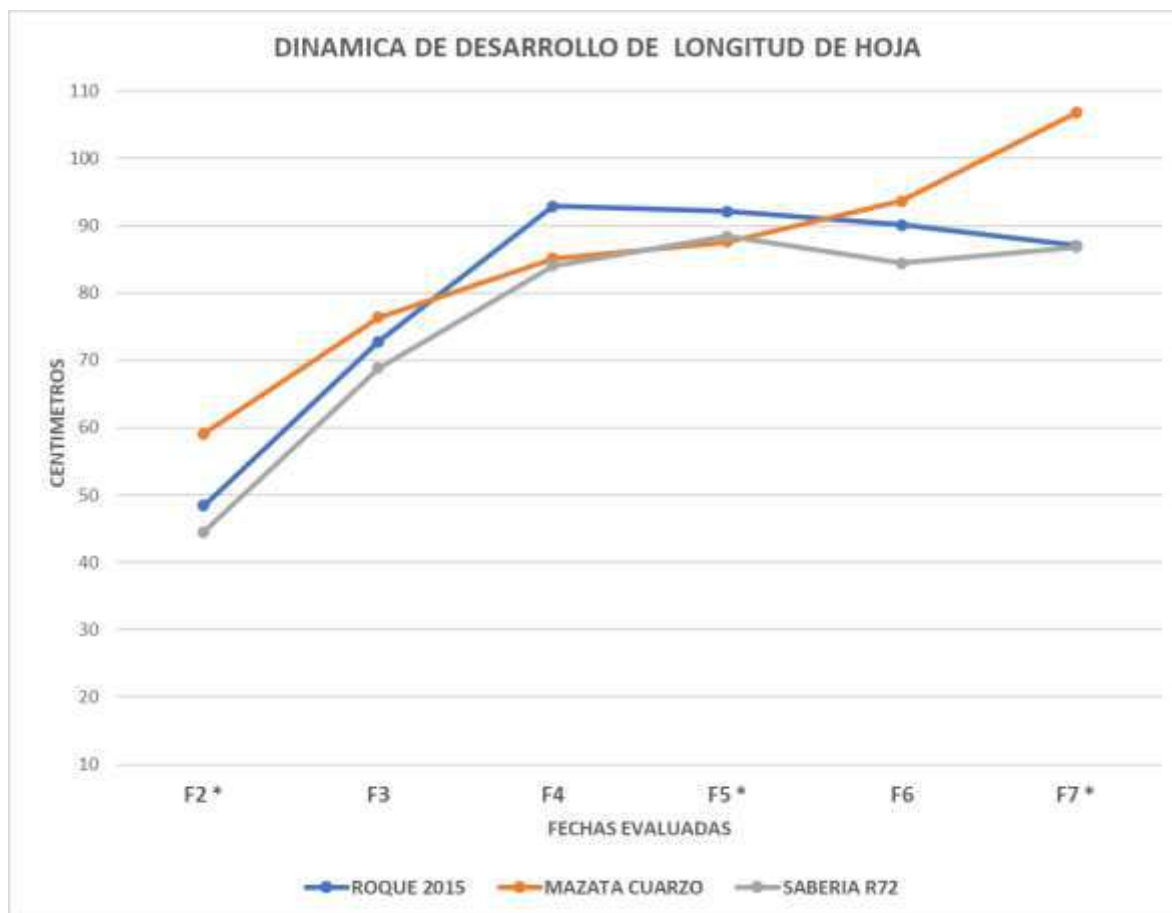
Longitud de hoja: En esta variable el ANOVA sólo arrojó diferencias significativas en las fechas F2, F5 y F7. La variedad sintética de Roque 2015 presentó mejores resultados en la F5 con 92.89 cm, en las otras dos fechas la variedad Cuarzo de Mazata mostró mejor comportamiento.

Cuadro 2. Análisis de varianza a la variable Longitud de Hoja durante seis fechas

MAT VEG	LONGITUD DE HOJA											
	F2 *		F3		F4		F5 *		F6		F7 *	
	MEDIA cm	GPO	MEDIA cm	GPO	MEDIA cm	GPO	MEDIA cm	GPO	MEDIA cm	GPO	MEDIA cm	GPO
ROQUE 2015	48.44	B	72.75	A	92.89	A	92.08	A	90.16	A	87.04	B
MAZATA CUARZO	59.14	A	76.36	A	85.14	A	87.62	B	93.62	A B	106.8	A
SABERIA R72	44.5	B	68.84	A	84.05	A	88.47	B	84.42	B	86.8	B
CV	6.21		5.3		7.66		1.78		3.19		6.79	

CV= Coeficiente de variación; *=Significancia para las fuentes de Variación al 0.05 de probabilidad; GPO= Agrupamiento de la prueba de media con Duncan

En la gráfica 2 se muestra la dinámica de desarrollo y se observa que la VS Roque 2015 mantuvo un comportamiento aceptable comparado con los otros dos materiales, cabe destacar que en la ficha técnica de material cuarzo específica que está destinado tanto para grano como para hoja de tamal.



Gráfica 2. Dinámica de Longitud de Hoja promedio por fecha de los materiales evaluados.

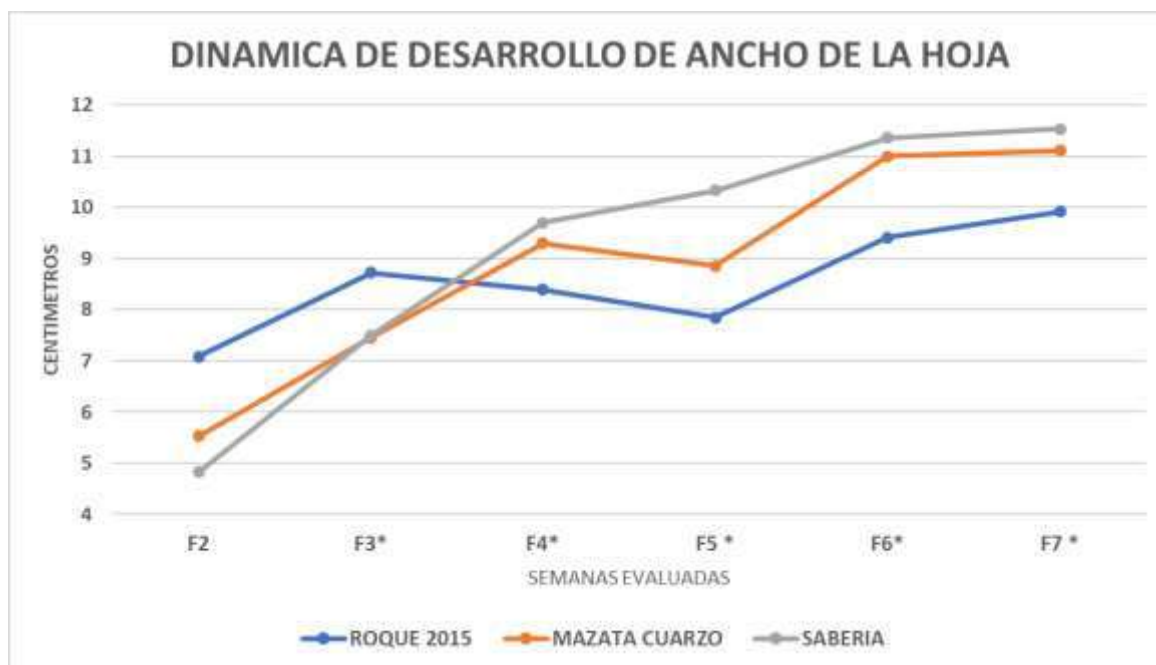
Ancho de Hoja: En cuanto a esta variable el ANOVA arrojó diferencias significativas en cinco de las seis fechas evaluadas. En las Fechas de la F3 a F7 el híbrido saberia R72 fue el que presentó las mayores tamaños a diferencia de los otros materiales evaluados.

Cuadro 2. Análisis de varianza a la variable Ancho de Hoja durante seis fechas

MAT VEG	ANCHO DE HOJA					
	F2	F3*	F4*	F5 *	F6*	F7 *
	MEDIA cm GPO	MEDIA cm GPO	MEDIA cm GPO	MEDIA cm GPO	MEDIA cm GPO	MEDIA cm GPO
ROQUE 2015	7.08 A	8.72 A	8.39 B	7.85 C	9.41 B	9.92 B
MAZATA CUARZO	5.53 A	7.46 B	9.3 A	8.86 B	11 A	11.11 A
SABERIA R72	4.83 A	7.5 B	9.7 A	10.33 A	11.36 A	11.53 A
CV	25.94	4.31	3.11	3.99	5.64	4

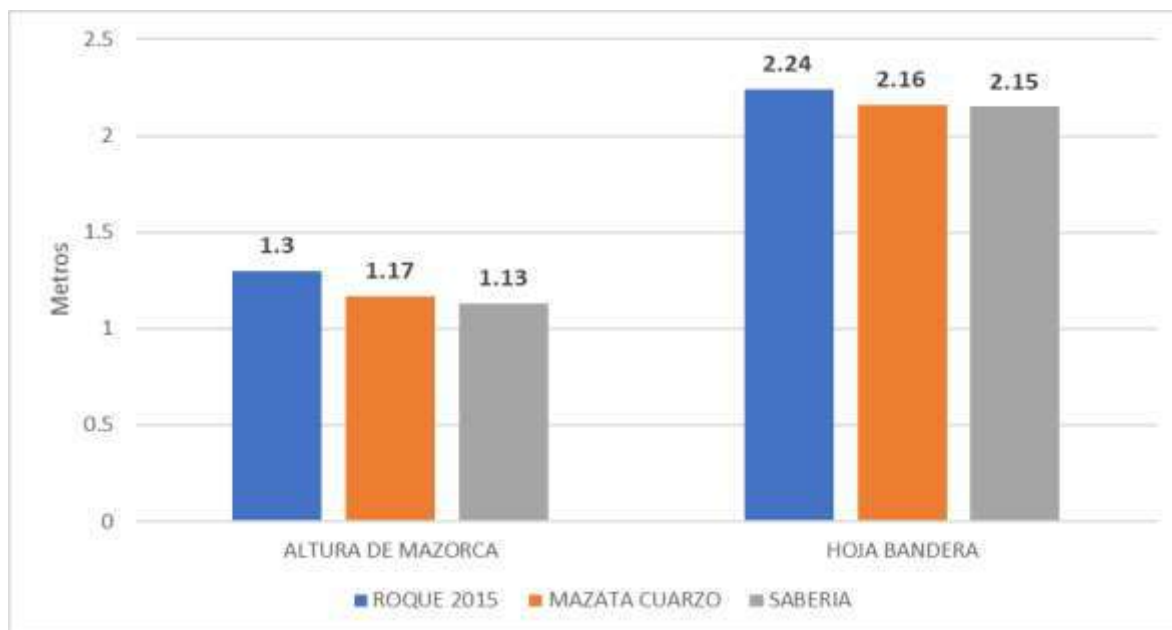
CV= Coeficiente de variación; *=Significancia para las fuentes de Variación al 0.05 de probabilidad; GPO= Agrupamiento de la prueba de media con Duncan

La dinámica de desarrollo en el ancho de la hoja (Grafica 3) se muestra como va engrosando a medida que avanzan las semanas en el desarrollo de la planta lo que lo hace tener una mayor cobertura para realizar la fotosíntesis.



Gráfica 4. Dinámica de Longitud de Hoja promedio por fecha de los materiales evaluados.

En las variables Altura de Hoja bandera y Altura a la mazorca no se encontraron diferencias significativas entre los materiales pero en la comparación de los promedios de las alturas (Grafica 4). La VS Roque 2015 obtuvo la mejor altura de mazorca, Hernandez y Esquivel (2004) mencionan que al obtener alturas de mazorca entre 0.9 y 1.20 favorecen la cosecha mecánica. Por lo que la VS esta un poco arriba de lo mencionado pero esta relativamente idoneo.



Gráfica 4. Promedios de alturas de Hoja Bandera y Altura de Mazorca en los materiales evaluados.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con este ensayo se pueden concluir que la Variedad Sintética Roque 2015 tuvo un comportamiento óptimo en las condiciones que fue evaluada por lo que posee características agronómicas durante el establecimiento que le favorecen para su rápida adaptación a las condiciones climáticas de la región valles de Jalisco. Por lo que puede ser una alternativa al uso de híbridos los cuales cada año incrementan su valor, encareciendo los costos de producción.

LITERATURA CITADA

- Antuna G O, F Rincón S, E Gutiérrez R, N A Ruiz T, L Bustamante G (2003) Componentes genéticos de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de semillas en líneas de maíz. Rev. Fitotec. Mex. 26:11-17.
- CIMMYT (1999) Development, Maintenance, and Seed Multiplication of Open-Pollinated Maize Varieties. 2a ed. International Maize and Wheat Improvement Center. Mexico. 11 pp.

- Hernandez-Casillas J M y Esquivel-Esquivel G (2004) Rendimiento De Grano Y Características Agronómicas En Germoplasma De Maíz De Valles Altos De México. Rev. Fitotec. Mex. 27: 27-31
- InfoStat (2008). InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco. 2014. Cuadernillos Municipales. Región 12 Centro, Villa Corona, 2012, SIEG. [En línea] 31 de Marzo de 2014, <http://iieg.gob.mx/contenido/Municipios/cuadernillos/VillaCorona.pdf>
- Kutka FJ, Smith ME (2007) How many parents give the highest yield in predicted synthetic and composite populations of maize? Crop Sci. 47: 1905-1913.
- Márquez Sánchez, Fidel. (2010). Epistasis en variedades sintéticas de maíz. Revista fitotecnica mexicana, 33(spe4), 101-105. Recuperado en 09 de noviembre de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802010000500020&lng=es&tlng=es.
- Reyes C., P. 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada. AGT Editor, México. 460 p
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2002. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. Subsistema de información agrícola. SAGARPA México D.F. s/p.
- Sahagún CJ, Rodríguez JEP, Escalante JLG (2013) Yield prediction and inbreeding of maize synthetics generated with lines and single crosses. Classic probability. Rev. FCA Uncuyo 45: 75-84.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2011) Cierre de la producción agrícola por cultivo. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=215 (Mayo 2013)
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), 2024. Panorama Agroalimentaria 2024. (<https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035>)
- Sprague, G., F. 1955. Corn breeding in: Corn and corn improvement. Academic press. New york p. 255

COMPORTAMIENTO ANTAGÓNICO DE *Bacillus cereus* CONTRA DIFERENTES AISLADOS DE *Fusarium* sp.

Brenda Guerrero Aguilar^{1,2}, Mario M, González Chavira ¹, Ramón G. Guevara González ³, Juan G. Ramírez Pimentel ², Ahuízotl Joaquín Ramos². y Cesar L. Aguirre Mancilla.²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental.

²Tecnológico Nacional de México Roque. ³Universidad Autónoma de Querétaro, Campus Amazcala. Correo de correspondencia: d24980102@roque.tecnmx.gob.

RESUMEN

Las pérdidas económicas en los cultivos agrícolas son debido principalmente a enfermedades que representan una amenaza importante para la seguridad alimentaria en todo el mundo. Estos son causados principalmente por patógenos que están presentes en el suelo entre los cuales están los Oomicetos *Phytophthora*, *Pythium*, el género *Fusarium*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Macrophomina phaseolina*, son los causantes de provocar los síntomas de marchitez, amarillamiento y ocasionar la muerte de ellas, una alternativa para su control es el uso de productos biológicos entre ellos el del genero *Bacillus*, ya que es el más estudiado como bioestimulantes y como agentes de biocontrol, entre los más usados y comercializados se encuentran los de las especies, *B. subtilis*, *B. thuringiensis*. Por lo que se planteó el siguiente objetivo fue observar el comportamiento de *Bacillus cereus* contra diferentes aislados de *Fusarium* de diferentes cultivos, para esto se usaron aislados obtenidos de suelo y planta de maíz, frijol, garbanzo, fresa, laurel, aguacate y chile, *Bacillus* sp., obtenido de un producto fermentado, *Bacillus cereus* se obtuvo de la rizósfera de higuierilla, se realizaron las confrontaciones, *Bacillus*- *Fusarium*, y se obtuvo que *Bacillus cereus* en todos los aislados de *Fusarium* hubo inhibición mientras que el en *Bacillus* sp, no tuvo un efecto inhibitorio en los aislados de *Fusarium*. por lo que se puede concluir que *Bacillus cereus* puede ser un buen agente biocontrolador a *Fusarium* para diferentes cultivos.

Palabras clave: Antagonismos, *Fusarium* sp. Metabolitos secundarios

ABSTRACT

Economic losses in agricultural crops are mainly due to diseases that represent a major threat to food security worldwide. These are caused mainly by pathogens that are present in the soil among which are the Oomycetes *Phytophthora*, *Pythium*, the genus *Fusarium*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Macrophomina phaseolina*, are responsible for causing the symptoms of wilting. An alternative for their control is the use of biological products among them the *Bacillus* genus, as it is the most studied as biostimulants and as biocontrol agents, among the most used and marketed are the species, *B. subtilis*, *B. thuringiensis*. The next objective was to observe the behavior of *Bacillus cereus* against different isolates of *Fusarium* from different crops, using isolates obtained from soil and plants of corn, beans, chickpea, strawberry, laurel, avocado and chili, *Bacillus* sp, obtained from a fermented product, *Bacillus cereus* was obtained from the rhizosphere of fig tree, the confrontations were carried out, *Bacillus-Fusarium*, and it was obtained that *Bacillus cereus* in all *Fusarium* isolate.

Keywords: Antagonisms, *Fusarium* sp. Secondary metabolites

INTRODUCCIÓN

El género *Fusarium* es uno de los más frecuentes en todo el mundo, es un ascomiceto que provoca varios síntomas en diversos cultivos como tizones de la espiga, marchitez vascular, pudriciones de la raíz y amarillamiento. (Lagopodi et al., 2002 ; Aydi Ben Abdallah et al., 2016). Hasta hoy en día se reconocen más de 300 especies filogenéticamente distintas, donde se han agrupados en más de 20 complejos de especies, de estos, siete de ellos causan enfermedades en humanos y en plantas, siendo estos: complejo de especies de *Fusarium solani* (FSSC), complejo de especies de *Fusarium oxysporum* (FOSC), complejo de especies de

Fusarium fujikuroi (FFSC), complejo de especies de *Fusarium incarnatum-equiseti* (FIESC), complejo de especies de *Fusarium chlamidosporum* (FCSC), complejo de especies de *Fusarium dimerum* (FDSC) y complejo de especies de *Fusarium sporotrichoides* (FSAMSC)(Bansal et al., 2019). Los rangos de huéspedes pueden ser amplios o reducidos; algunas especies parecen ser específicas de un huésped (p. ej., *Fusarium ficirescens* en los higos), mientras que otras se encuentran en huéspedes muy diferentes (p. ej., *Fusarium oxysporum*). Algunas especies están asociadas con áreas geográficas específicas (por ejemplo, *Fusarium lactis* en California), pero la mayoría de las *Fusarium* son ubicuas (Al-Hatmi et al., 2016).

Para el control de estos patógenos una de las alternativas a parte de un buen manejo integrado son el uso de organismos biocontroladores antagónicos, este se puede lograr biológicamente en forma total o parcial, que reducen la cantidad de inóculo, causando inhibición o lisis, y por lo general ocurre en la naturaleza. Este antagonismo se atribuye, en parte, a la producción de una gama de metabolitos secundarios como bacteriocinas, antibióticos, enzimas extracelulares (Mojica- Marin et al., 2009, y lipopéptidos (iturina, surfactina, fengicina y bacilomicina) (Ramathnam et al 2007, Beric et al., 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

Bacillus cereus fue aislado de la rizósfera de la planta de higuera (Querétaro), *Bacillus* sp, aislado de un fermentado orgánico, (Figura 1) los aislados de *Fusarium* fueron obtenidos de: Plantas de maíz (Jaral de progreso), plantas de frijol y suelo (Celaya y Qro), suelo de Aguacate (Michoacán), Planta de Laurel (Tarimoro), planta de fresa (San Francisco del rincón), suelo de cultivo de Garbanzo (Hermosillo), planta de chile (Celaya).

Se activaron los aislados de *Bacillus* en medio Agar nutritivo y los aislados de *Fusarium* se aislaron en Agar Papa Dextrosa.

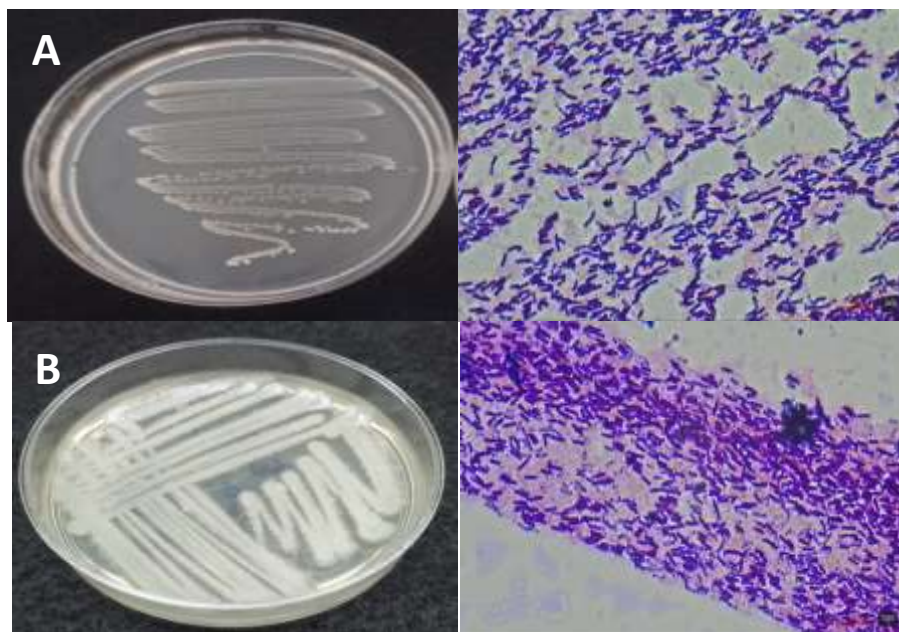


Figura 1. Crecimiento de *Bacillus* A) *Bacillus cereus* B), especie de *Bacillus*

Se hicieron confrontaciones entre *Bacillus* y *Fusarium* spp. donde se agruparon en cuatro aislados por caja (cuatro en la orilla *Fusarium* y *Bacillus* en el centro) agrupándose de la siguiente manera: Maíz, frijol planta, frijol planta y suelo, suelo de cultivo de garbanzo, suelo y planta de diferentes cultivos.

RESULTADOS

En la Figura 2 se muestra las confrontaciones realizadas, con *Bacillus cereus*, donde se encontró que de los 20 aislados de *Fusarium*, tuvo un efecto inhibitorio, mientras que en genero de *Bacillus* no hubo un efecto de inhibición en estos aislados de *Fusarium*.



Figura 2. Confrontaciones de *Bacillus cereus* y el género de *Bacillus* contra aislados de *Fusarium* de diferentes aislados.

En la Figura 3 se muestra estructuras microscópicas entre la interacción *Fusarium* spp.-*Bacillus cereus*, después a los 10 días después de la confrontación. Estas formaron estructuras que se pueden confundir con clamidosporas llamadas swollen cells. Este comportamiento también se observó en la interacción *Bacillus subtilis*-*Fusarium verticilloides* donde se observan hifas anormales hipertrofiadas, las cuales forman cuerpos vesiculares esféricos, plasmólisis de las hifas hasta el colapso total (Basurto et al., 2010). De igual manera los aislados de *Fusarium* parece responder a la acción de los compuestos liberados por la *Bacillus*, lo cual ocasiona desintegración de las paredes miceliales dando como resultado la destrucción total de las estructuras celulares de los hongos patógenos, demostrando con ello la particular habilidad del antagonista para inhibir el crecimiento del patógeno. En algunos aislados las esporas inhibió la germinación de ellas. Los resultados

preliminares obtenidos en esta investigación mediante confrontación in vitro parecen indicar que el mecanismo de antagonismo que presenta *B. cereus* contra los aislados de *Fusarium* spp. obtenidos de diferentes cultivos produce sustancias de origen enzimático o de toxinas que son producidas por la cepa bacteriana de *B. cereus* que logran lisar el micelio de ambos hongos. A la vista de estos resultados se hace evidente la necesidad de profundizar en estudios posteriores para identificar la sustancia o sustancias implicadas en este proceso, así como implementar experimentos en condiciones invernadero para comprobar su efectividad contra diferentes aislados de *Fusarium* spp.

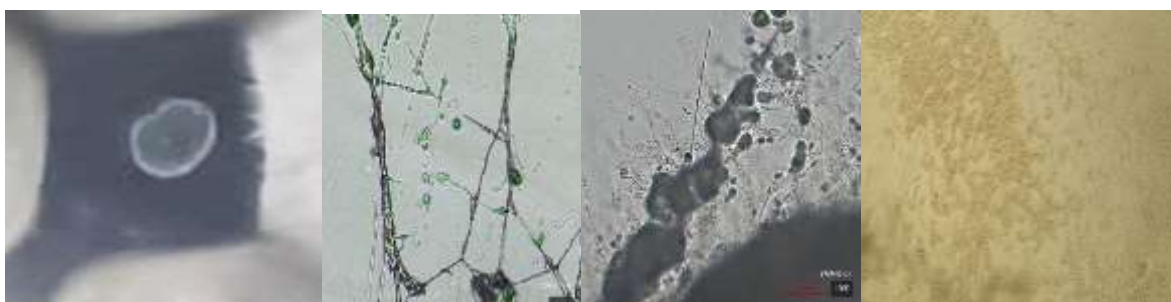


Figura 3. Estructuras microscópicas, en la interacción *Fusarium-Bacillus cereus*.

CONCLUSIÓN

Bacillus cereus tuvo efecto inhibitorio con 20 aislados de *Fusarium* mientras que el aislado de *Bacillus* sp. no tuvo un efecto inhibitorio, en la zona de la interacción *Bacillus cereus* –*Fusarium*, se puede observar una deformación de las estructuras de *Fusarium*, por lo que se puede decir que *Bacillus* produce un metabolito secundario que causa este efecto, por lo que es importante seguir con las investigaciones para identificar este metabolito.

LITERATURA CITADA

- Barnett, H. L., and B. B. Hunter. 1999. Illustrate Genera of Imperfect Fungi, Fourth Edition. Burgess Publishing Company. Minnesota. pp. 118-132.
- Basurto-Cadena, M. G., M. I. Font San Ambrosio, J. García Jiménez, y M. Vázquez-Arista. 2010. Cambios en la estructura celular durante la actividad

- antagónica de *Bacillus subtilis* contra *Rhizoctonia Solani* y *Fusarium verticillioides*. Acta Microscópica 19: 138-144. [[Links](#)]
- Berić, T., M. Kojić, S. Stanković, L. Topisirović, G. Degrassi, M. Myers, and D. Fira. 2012. Antimicrobial activity of *Bacillus* sp. natural isolates and their potential use in the biocontrol of phytopathogenic bacteria. Food Technol. Biotechnol 50:25-31.
- Cochrane, S. A. and J. C. Vederas. 2014. Lipopeptides from *Bacillus* and *Paenibacillus* spp.: A gold mine of antibiotic candidates. Med. Res. Rev. 36: 4-31.
- Mojica-Marín, V., H. A. Luna-Olvera, C. F. Sandoval-Coronado, B. Pereyra-Alfárez, L. H. Morales-Ramos, N. A. González Aguilar, y O. G. Alvarado-Gómez. 2009. Control biológico de la marchitez del chile (*Capsicum annuum* L.) por *Bacillus thuringiensis*. Phytom. Rev. Int. Bot. Exp. 78: 105-110.
- Leslie, J.F. and Summerell, B.A. (2006) The Fusarium Laboratory Manual. Blackwell Publishing, Hoboken, 1-2. <https://doi.org/10.1002/9780470278376>
- Ramarathnam, R., S. Bo, Y. Chen, W. G. Fernando, G. Xuwen, and T. de Kievit. 2007. Molecular and biochemical detection of fengycin-and bacillomycin D-producing *Bacillus* spp., antagonistic to fungal pathogens of canola and wheat. Can. J. Microbiol. 53:901-911.

COMPORTAMIENTO DE CLASES DE TRIGO EN FECHAS DE SIEMBRA EN EL BAJÍO

Ernesto Solís-Moya¹; Lourdes Ledesma-Ramírez¹; Pablo Alan Calderón-Carrasco¹; Sarahyt Santamaría González-Figueroa¹; Lidia Alejandra Rodríguez-Zermeño¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, México, km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Gto. C.P. 38010. *Autor por correspondencia: solis.ernesto@inifap.gob.mx

RESUMEN

El trigo es uno de los cultivos más importantes desde una perspectiva mundial y aporta el 20% de las calorías y proteínas de la dieta humana (Erenstein *et al.*, 2022). Los principales problemas que afectan la producción de trigo en El Bajío son la escasez del agua, la roya lineal amarilla y la secadera ocasionada por *Fusarium spp.* Por esta razón, los objetivos del programa de mejoramiento genético de trigo están orientados a generar variedades de alto rendimiento, de alta calidad industrial, resistentes a enfermedades y eficientes en el uso del agua. Además, estas variedades deben de ser estables en un rango de fechas de siembra de mediados de noviembre al 15 de enero. Los experimentos se sembraron durante los ciclos 2021-22 y 2022-23. Se establecieron tres fechas de siembra, 1) 16 de noviembre 2) 16 de diciembre y 3) 15 de enero. En cada experimento se sembraron 18 genotipos en un diseño de bloques al azar con un arreglo en parcelas divididas. La dosis de fertilización utilizada fue 240-60-00. Las características medidas fueron altura de planta (AP), días a espigamiento (DE), días a madurez fisiológica (DM) y rendimiento (RG): estimado en kg ha⁻¹. Las fechas de siembra temprana e intermedia fueron superiores a la fecha de siembra tardía y no registraron diferencias significativas entre ellas. En promedio los trigos desarrollados en Bajío son superiores a los trigos cristalinos e iguales a los trigos harineros desarrollados para todo el país. El genotipo más destacado en rendimiento fue Quetchehueca Oro C2013 (29), aunque su rendimiento fue igual estadísticamente a 11 genotipos, entre

ellos cinco de Bajío (35, 27, 21, 34, y 25), tres cristalinos (6, 14 y 18) y tres genotipos (4, 13 y 12) liberados para su siembra a nivel nacional.

Palabras Clave: trigo harinero, trigo cristalino, fechas de siembra.

ABSTRACT

Wheat is one of the most important crops from a global perspective and provides 20% of the calories and proteins in the human diet (Erenstein *et al.*, 2022). The main problems affecting wheat production in El Bajío are water scarcity, yellow rust, and dry rot caused by *Fusarium spp.* For this reason, the objectives of the wheat genetic improvement program are aimed at generating high-yielding, high-industrial quality, disease-resistant, and water-efficient varieties. In addition, these varieties must be stable in a range of sowing dates from mid-November to January 15. The experiments were sown during the 2021-22 and 2022-23 cycles. Three sowing dates were established: 1) November 16, 2) December 16, and 3) January 15. In each experiment, 18 genotypes were sown in a randomized block design with a split-plot arrangement. The fertilization dose used was 240-60-00. The characteristics measured were plant height (AP), days to heading (DE), days to physiological maturity (DM) and yield (RG): estimated in kg ha⁻¹. The early and intermediate sowing dates were higher than the late sowing date and did not register significant differences between them. On average, the wheats developed in Bajío are superior to the durum wheats and equal to the bread wheats developed for the entire country. The most outstanding genotype in yield was Quetchehueca Oro C2013 (29), although its yield was statistically equal to 11 genotypes, including five from Bajío (35, 27, 21, 34, and 25), three durum wheats (6, 14 and 18) and three genotypes (4, 13 and 12) released for sowing nationwide.

Keywords: bread wheat, durum wheat, sowing dates

INTRODUCCIÓN

El trigo es uno de los cultivos más importantes desde una perspectiva mundial y aporta el 20% de las calorías y proteínas de la dieta humana (Erenstein *et al.*, 2022). En México, la zona de El Bajío, que comprende parte de los estados de Guanajuato,

Michoacán, Jalisco y Querétaro, durante el ciclo 2019-2020 obtuvo una producción de 686,483 t que representaron el 23.3 % de la producción nacional (SIAP 2022). Los principales problemas que afectan la producción de trigo en El Bajío son la escasez del agua, la roya lineal amarilla y la secadera ocasionada por *Fusarium* spp. Por esta razón, los objetivos del programa de mejoramiento genético de trigo están orientados a generar variedades de alto rendimiento, de alta calidad industrial, resistentes a enfermedades y eficientes en el uso del agua. Además, estas variedades deben de ser estables en un rango de fechas de siembra de mediados de noviembre al 15 de enero. Los trigos harineros (*Triticum aestivum* L.) y los cristalinos o macarroneros (*Triticum durum* Desf.) son cereales de suma importancia en México, particularmente para el consumo humano, la industria de la transformación y la economía del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Genético

Se evaluaron tres clases de trigo: 1) Germoplasma de trigo harinero desarrollado en el Bajío (1), se conformó con los genotipos: Cisne F2016 (25), Faisán S2016 (15), Elia M2016 (34), V21 (21), V27 (27) y V35 (35). 2) Variedades de trigo harinero liberadas para su siembra a nivel nacional o el Noroeste del país en condiciones de riego (2): Borlaug100 F2014 (4), Bacorehuis F2015 (9), Conatrigo F2015 (10), Noreste F2018 (12), Hans F2019 (13) y Fuerte Mayo F2016 (26). Variedades de trigo cristalino liberadas por el INIFAP para las regiones de riego del país (3): Barobampo C2015 (6), Conasist C2015 (14), Río Bravo C2018 (18), Don Goyo C2019 (22), Quetchehueca Oro C2013 (29) y Baroyeca Oro C2013 (32).

Manejo agronómico de los ensayos

Los experimentos se sembraron durante los ciclos 2021-22 y 2022-23. Se establecieron tres fechas de siembra, 1) fecha de siembra temprana (16 de noviembre) 2) fecha de siembra intermedia (16 de diciembre) y 3) fecha de siembra tardía (15 de enero). En cada experimento se sembraron 18 genotipos en un diseño de bloques al azar con un arreglo en parcelas divididas donde las fechas de siembra

fueron las parcelas grandes y los genotipos las parcelas chicas. La dosis de fertilización utilizada fue 240-60-00, la mitad de nitrógeno y todo el P_2O_5 a la siembra y el resto del nitrógeno en el primer riego de auxilio. Las características medidas fueron altura de planta (AP), días a espigamiento (DE), días a madurez fisiológica (DM) y rendimiento (RG): estimado en $kg\ ha^{-1}$.

Análisis de la información

Se realizó un análisis de componentes principales utilizando el paquete FactoMineR con la función PCA utilizando la matriz de correlaciones. Para obtener la visualización con base en ggplot2 se utilizó el paquete factoextra con la función fviz_pca_biplot; ambos paquetes se ejecutaron en el software libre R versión 4.1.1. Se realizaron análisis de varianza combinados a través de años de evaluación para fechas de siembra utilizando el procedimiento GLM del software SAS versión 9.3. Para analizar la interacción genotipo-ambiente, se utilizó el modelo SREG biplot para el carácter rendimiento usando la librería de funciones metan-package versión 1.12.0 bajo el programa R versión 4.1.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó un análisis de componentes principales para las cuatro características medidas en el estudio. Los dos primeros componentes principales representan el 90.3% de la variación total. El primer componente principal presentó asociación positiva con las variables originales DM y DE. El segundo componente se asoció positivamente con RG. El biplot (Fig. 1) diferenció las tres fechas de siembra, mostrando que, tanto los trigos harineros como los duros responden favorablemente a las fechas tempranas, por lo que los valores más altos en DE, DM y AP se presentan en las fechas del 16 de noviembre (a la derecha del biplot). En cambio, la fecha más rendidora (en este caso FSB) se encuentra en la parte alta del biplot, que tuvo un comportamiento similar a la FSA y superior a la FSC. El ángulo de los vectores indicó que existe asociación positiva entre días a espigamiento y a madurez (ángulo cercano a 0 grados), mientras que, no existe asociación entre AP y RG (ángulo cercano a 90 grados).

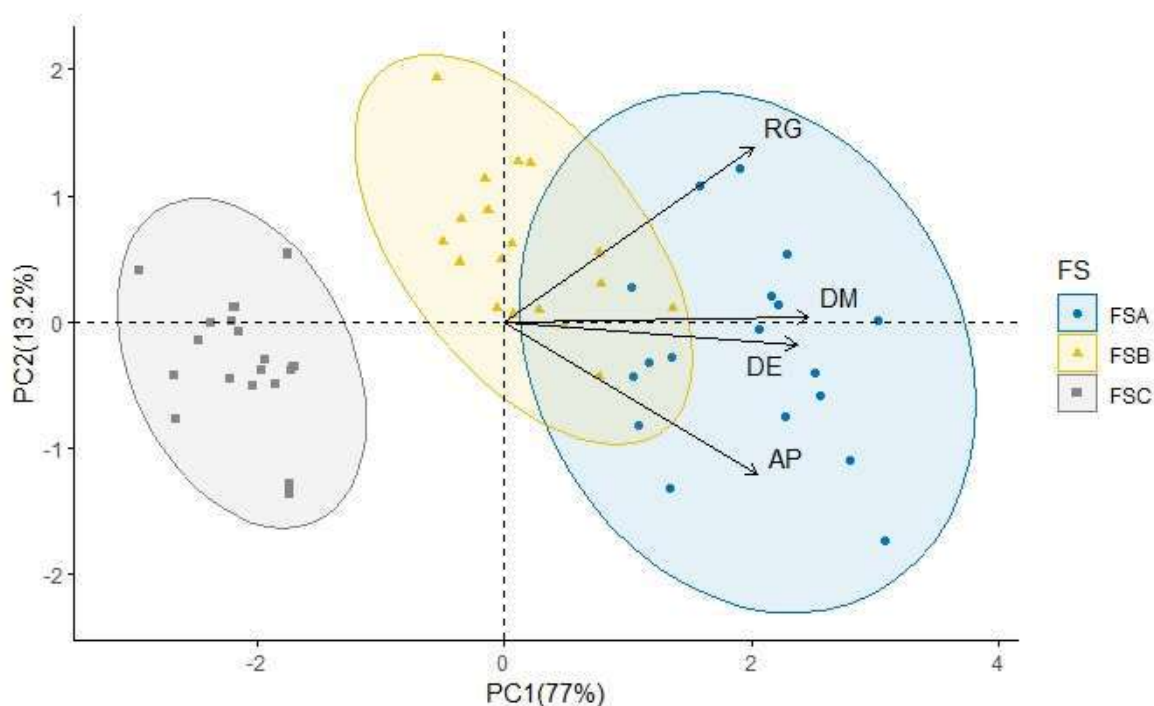


Figura 1. Biplot de los dos primeros componentes principales del análisis de 18 genotipos evaluados en tres fechas de siembra. Las fechas de siembra y los genotipos se diferencian por colores y elipses y los vectores indican el comportamiento de las variables.

Comparaciones entre clases de trigo en fechas de siembra

El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas entre Ciclos, fechas de siembra (FS), y clases de trigo (CT) para todas las variables, excepto en CT en rendimiento. Entre las interacciones se detectó diferencias altamente significativas en Ciclo*FS en DE, DM y AP y no significativas en RG. En la interacción Ciclo*CT se detectó diferencias altamente significativas en DM y significativas DE y RG. En la interacción FS *CT se detectó diferencias altamente significativas en DE y AP. Mientras que en la triple interacción Ciclo*FS*CT se determinó diferencias altamente significativas en DE y AP y significativas en DM y RG.

Comparaciones de medias de los factores principales

Las comparaciones de medias mostraron que el ciclo 22-23 originó un ciclo más largo a espigamiento y madurez y registró una mayor altura de planta y mayor

rendimiento de grano ($p \leq 0.05$). La FSA (16 de noviembre) exhibió los ciclos más largos a espigamiento y madurez y registró la mayor AP, pero su rendimiento solo fue superior a la FSC ($p \leq 0.05$). Entre clases de trigo se observó que los trigos harineros desarrollados en Bajío (1) son más precoces a espigamiento y madurez y tienen una menor AP que los trigos harineros desarrollados para su siembra bajo condiciones de riego en todo el país (2) y que los trigos cristalinos (3). En rendimiento no existe diferencia entre las clases 1 y 2 pero ambas superan a los trigos cristalinos (3).

Análisis de la interacción genotipo ambiente

Comportamiento medio contra estabilidad

Los dos primeros componentes principales obtenidos al ajustar el modelo SREG biplot explicaron el 87.4 % de la varianza del rendimiento de las 18 variedades evaluadas en tres fechas de siembra (Fig. 2). En este biplot, la visualización del rendimiento medio y la estabilidad de los genotipos se logró dibujando una coordenada de ambiente medio (AEC) en el biplot centrado en el genotipo. La línea que pasa por el origen del biplot y la AEC es la media de rendimiento. Por tanto, las proyecciones de los marcadores de genotipo sobre este eje se aproximan al rendimiento medio de los genotipos. Así, el genotipo 29 (Quetchehueca Oro C2013) fue claramente el genotipo de mayor rendimiento, en promedio.

La ordenada de la AEC es la línea que pasa por el origen del biplot y es perpendicular a la abscisa de la AEC. Por tanto, si la abscisa de la AEC representa el genotipo, la ordenada de la AEC se aproxima a la interacción genotipo ambiente asociada a cada genotipo, que es una medida de la variabilidad o inestabilidad de los genotipos (W. Yan *et al.* 2007). Una mayor proyección sobre la ordenada AEC, independientemente de la dirección, significa una mayor inestabilidad. En la Figura 2 los genotipos 29 12, 26 y 10 son los más estables, mientras que el 32 (Baroyeca Oro C2013) es el más inestable.

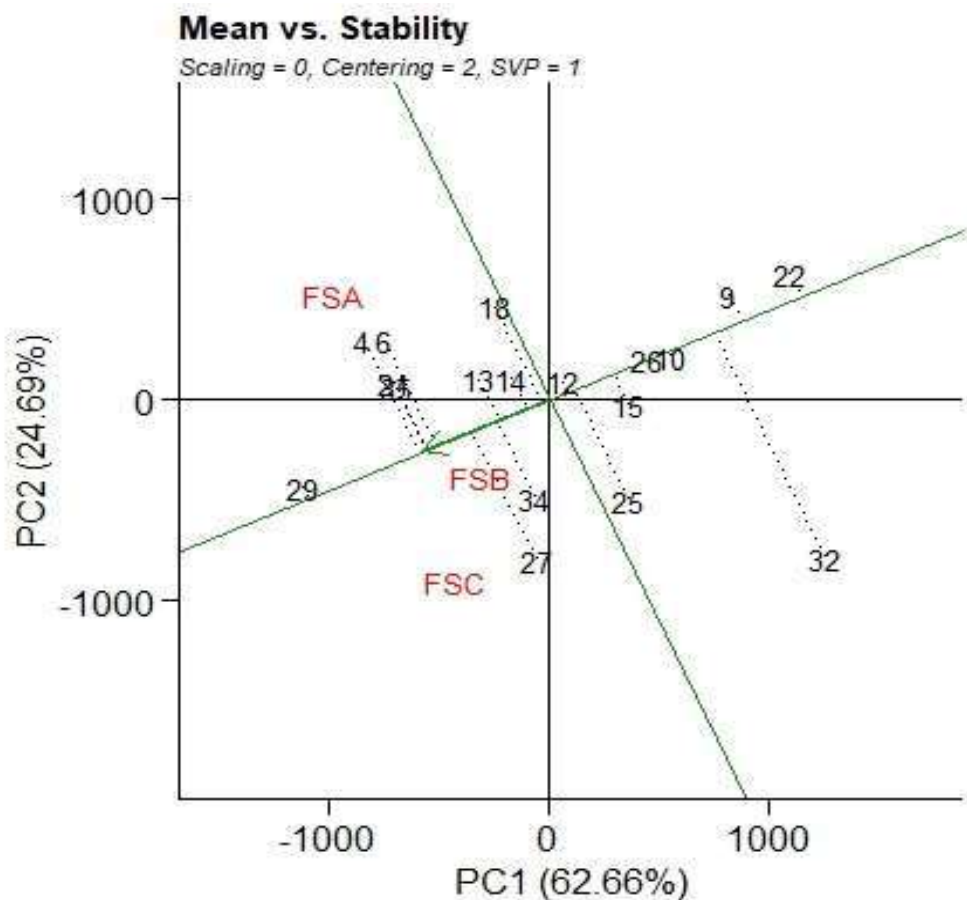


Figura 2. Biplot “rendimiento medio contra estabilidad”. El modelo se corrió sin escalar los datos, el método de centrado fue el ambiental (G+GE), los valores singulares se partitionaron en los eigenvectores de los genotipos. En la figura FSA = 16 de noviembre, FSB = 16 de diciembre, FSC = 16 de enero.

Cual ganó donde

En el biplot, el polígono “cuál ganó donde” se integró al unir los genotipos 29 (Quetchehueca Oro C2013), 4 (Borlaug100 F2014), 18 (Rio Bravo C2018), 22 (Don Goyo C2019), 32 (Baroyeca Oro C2013), y 27 (V-27) que se encuentran más alejados del origen del biplot, así las variedades que están contenidos en el polígono, no destacaron en ninguna fecha de siembra (Figura 3). Los genotipos vértice tienen los vectores más largos, en sus respectivas direcciones, lo que es una medida de la capacidad de respuesta en rendimiento, a los ambientes. Los genotipos vértice se encuentran, por lo tanto, entre los genotipos más sensibles; los genotipos restantes responden menos en sus respectivas direcciones. Se observa

en la Figura 3 que las fechas de siembra B y C cayeron en el sector del genotipo vértice 29 (Quetchehueca Oro C2013) y que la FSA cayó en el sector de Borlaug100 F2014 lo que indica que el genotipo más destacado en las FSB y C fue Quetchehueca Oro C2013, mientras que en la FSA lo fue Borlaug100 F2014 (Yan *et al.*, 2007).

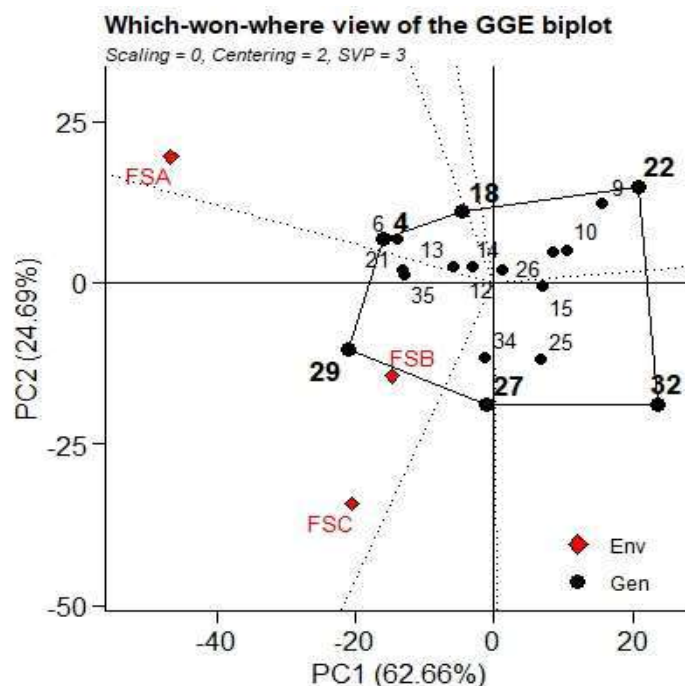


Figura 4. Biplot “cual ganó donde”. El modelo se corrió sin escalar los datos, el método de centrado fue el ambiental (G+GE), los valores singulares se partitionaron en los eigenvectores de los ambientes y genotipos. En la figura FSA = 16 de noviembre, FSB = 16 de diciembre, FSC = 16 de enero.

Clasificación de genotipos

El biplot de la Figura 4 compara todos los genotipos con el genotipo “ideal”. El genotipo ideal, representado por el círculo pequeño con una flecha que lo señala, se define como el que tiene el mayor rendimiento en todos los entornos. Es decir, tiene el mayor rendimiento medio y es absolutamente estable. Los genotipos se clasifican en función de su distancia del genotipo ideal (Yan *et al.*, 2007). En este estudio, se determinó que Quetchehueca Oro C2013, V-35 y V21 superaron a los

otros genotipos. Las variedades de menor rendimiento fueron Don Goyo C2019 (22) y Baroyeca Oro C2013 (32), ambos de trigo cristalino.

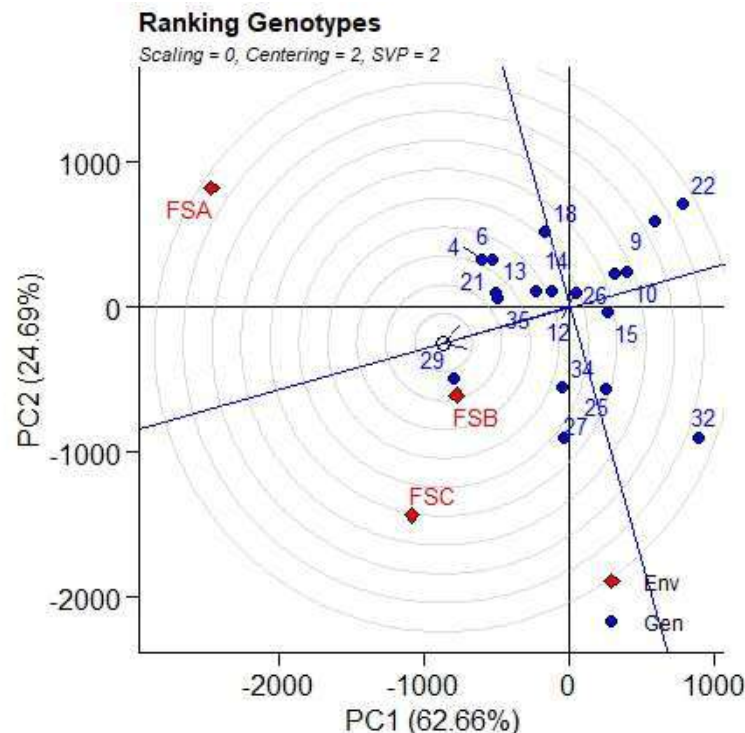


Figura 4. Biplot “clasificación de genotipos”. El modelo se corrió sin escalar los datos, el método de centrado fue el ambiental (G+GE), los valores singulares se particionaron en los eigenvectores de los ambientes. En la figura FSA = 16 de noviembre, FSB = 16 de diciembre, FSC = 16 de enero.

CONCLUSIÓN

Las fechas de siembra temprana e intermedia fueron superiores a la fecha de siembra tardía y no registraron diferencias significativas entre ellas. En promedio los trigos desarrollados en Bajío son superiores a los trigos cristalinos e iguales a los trigos harineros desarrollados para todo el país. El genotipo más destacado en rendimiento fue Quetchehueca Oro C2013 (29), aunque su rendimiento fue igual estadísticamente a 11 genotipos, entre ellos cinco de Bajío (35, 27, 21, 34, y 25), tres cristalinos (6, 14 y 18) y tres genotipos (4, 13 y 12) liberados para su siembra a nivel nacional.

LITERATURA CITADA

- Erenstein, O., Jaleta, M., Mottaleb, K. A., Sonder, K., Donovan, J., Braun, H. J. 2022. Global Trends in Wheat Production, Consumption and Trade. In: Reynolds, M.P., Braun, HJ. (eds) Wheat Improvement. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90673-3_4.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. Resumen Nacional Intención de siembra. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do. (Recuperado: marzo 2022).
- Valenzuela, A., Jorge L., Bénitez R., I., Villaseñor M., H. E., Huerta E. J., Lobato O., R., Bueno A. G., y Vargas H. M. 2018. Comparación del rendimiento de trigos harineros y cristalinos a través de diferentes ambientes de riego. *Revista fitotecnica mexicana*, 41(2), 159-166 .<https://doi.org/10.35196/rfm.2018.2.159-166>.
- Yan W, Kang MS, Ma B, Woods S, Cornelius PL. 2007. GGE Biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science* 47 (2): 643–653. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.06.0374>

COMPOSICIÓN DE MACRONUTRIENTES Y MICRONUTRIENTES EN FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE ALFALFA (*Medicago sativa*) Y SORGO (*Sorghum bicolor*)

Pedro Martín Díaz-Franco¹, Patricia González-Granados², Oscar Jesús Ortiz-Arrazola², Juan Antonio García-Macias¹

¹Estudiante de licenciatura, Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, ²Investigador, Instituto Tecnológico Superior de Abasolo. *Autor de correspondencia: patricia.gg@abasolo.tecnm.mx

RESUMEN

La alfalfa (*Medicago sativa*) y el sorgo (*Sorghum bicolor*) son de los alimentos más utilizados para el consumo alimenticio de ganado por su aporte nutricional, el sorgo en grano y la alfalfa en forraje verde, sin embargo, su producción y disponibilidad se ha visto afectada por la falta de agua, presencia de plaga y altos costos de producción. En el contexto de la agricultura sostenible y la producción ganadera eficiente, el uso de forrajes verdes hidropónicos (FVH) ha emergido como una alternativa prometedora, dadas sus ventajas en términos de espacio, tiempo de producción y eficiencia en el uso de recursos. La importancia de las técnicas de FVH radica en su capacidad para proporcionar forraje de alta calidad en cortos periodos, independientemente de las condiciones climáticas adversas, sin embargo, la selección entre diferentes especies de FVH, como la alfalfa y el sorgo, plantea interrogantes sobre cuál ofrece mayores beneficios en términos de rendimiento productivo y composición nutricional. Por ello en el presente estudio se propone evaluar la productividad y calidad nutritiva del FVH de alfalfa y sorgo. Para ello, se implementó un diseño de bloques completamente al azar, con dos tratamientos: T1 sorgo y T2 alfalfa. Las variables evaluadas fueron peso húmedo, peso seco, porcentaje de macro y micronutrientes contenidos en el FVH (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, azufre, hierro, cobre, zinc, manganeso y boro), ceniza y fibra. Se encontró una diferencia estadística en la variable peso fresco, pero no así en el peso seco. El forraje verde hidropónico (FVH) de alfalfa presentó una mayor proporción de nitrógeno (5.49 %), fósforo (1.44%), potasio (0.77%), calcio

(0.45%), sodio (0.11%), zinc y boro, mientras que el sorgo contiene más hierro (14.6 mg/kg); ambos son similares en cuanto al contenido de magnesio.

Palabras clave: peso seco, densidad, rendimiento, ceniza, fibra.

ABSTRACT

Alfalfa (*Medicago sativa*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) are the most widely used feedstuffs for livestock due to their nutritional contribution, grain sorghum and alfalfa as green fodder, however, their production and availability has been affected by the lack of water, the presence of pests and high production costs. In the context of sustainable agriculture and efficient livestock production, the use of hydroponic green fodder (HGF) has emerged as a promising alternative, given its advantages in terms of space, production time and efficiency in the use of resources. The importance of HGF techniques lies in their ability to provide high-quality fodder in short periods, regardless of adverse weather conditions, however, the selection between different HGF species, such as alfalfa and sorghum, raises questions about which one offers greater benefits in terms of productive yield and nutritional value. Therefore, in the present study, it is proposed to evaluate the productivity and nutritional quality of alfalfa and sorghum. To do so, a completely randomized block design was implemented, with two treatments: T1 sorghum and T2 alfalfa. The variables evaluated were wet weight, dry weight, nutritional percentage (nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sodium, sulfur, iron, copper, zinc, manganese and boron), ash and fiber. A statistical difference was found in the fresh weight variable, but not in the dry weight. Alfalfa hydroponic green forage (HGF) had a higher proportion of nitrogen (5.49%), phosphorus (1.44%), potassium (0.77%), calcium (0.45%), sodium (0.11%), zinc and boron, while sorghum contains more iron (14.6 mg/kg); both are similar in terms of magnesium content.

Keywords: dry weight, planting density, yield, ash, fiber.

INTRODUCCIÓN

La alfalfa, uno de los cultivos más nutritivos, ha registrado una notable reducción en su superficie sembrada a nivel nacional, con una disminución de 17,606,160 hectáreas, lo que equivale a un 97 % de su superficie desde 2020 hasta 2023, según datos del SIAP (2024). En el estado de Guanajuato, la superficie sembrada ha pasado de 946,528.74 hectáreas a apenas 45,024 hectáreas, lo que representa una disminución del 95.2 %. La causa de esta reducción se debe principalmente a que en los últimos años se ha tenido problemas de agua por los escasos y por las pocas de lluvias que se han presentado, los estados más críticos en cuanto a precipitación son los estados del norte los cuales son Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango y Zacatecas. Entre ellos el estado con menos precipitaciones durante el mes de mayo fue Sonora con 2.1 mm y con mayor precipitación fue Nuevo León con 103.5 mm, para el mes de junio Sonora tuvo 4.6 mm y Nuevo León 15.3, mientras que en el mes de julio el estado con menos precipitaciones fue Coahuila con 30.6 mm y con mayor fue Durango 90.9 mm, en comparación con otros estados que las precipitaciones fueron hasta Chiapas con 207.7 mm. Mientras tanto en Guanajuato las precipitaciones durante esos meses fueron de 23.8, 20.1 y 92.9 mm las cuales siguen siendo bajas (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2023).

Por lo cual es fundamental que se implementen estrategias para revitalizar la producción de forraje tanto en el país como la región y así disminuir la escasez de alimento.

Una alternativa sostenible es la producción de forraje verde hidropónico que consiste en la producción masiva de algún grano, obtenida en las primeras etapas de desarrollo de las plantas, teniéndolo en condiciones climáticas favorables, sin la presencia del suelo y se optimiza el agua (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2001). Este proceso se lleva a cabo en un periodo de tiempo relativamente corto, que varía entre 8 y 15 días en cultivos de granos o leguminosas por lo cual garantiza la disponibilidad de alimento para ganado. Por lo cual esta investigación consistió en evaluar la cantidad de biomasa y el valor nutritivo obtenidos de forraje verde hidropónico (FVH) de sorgo y alfalfa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en Irapuato, Guanajuato en las coordenadas 20°41'09"N 101°20'59"W, y con una altitud de 1723 msnm. El lugar se encuentra con un clima templado semicálido y templado subhúmedo, presentando un rango de temperatura de 16 a 22°C y un rango de precipitación de 600 a 900 mm (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2010). Se realizó un diseño de bloques completamente al azar que consto de dos tratamientos el cual el tratamiento uno es alfalfa (T1) y el tratamiento dos es sorgo (T2). El experimento se estableció en un lugar parcialmente cerrado, se utilizó una estructura con tres niveles a la cual se le colocó un sistema de riego por aspersión. Las bandejas de siembra fueron de plástico color negro con medidas de 60 cm x 37 cm y 4 cm de altura, con un área de siembra de 2,220 cm^2 por charola.

El proceso de tratamiento de semillas es fundamental para obtener un forraje verde hidropónico de alta calidad. Este proceso incluyó los siguientes pasos: **a) Selección y limpieza de semillas.** Se llevó a cabo una cuidadosa selección de las semillas destinadas a la producción de forraje verde hidropónico, eliminando impurezas, residuos orgánicos, piedras y semillas dañadas. Este procedimiento garantiza un desarrollo sano e inocuo del cultivo, previniendo la proliferación de hongos y bacterias. **b) Lavado de semillas.** Este proceso consistió en eliminar los residuos e impurezas de las semillas mediante un enjuague. Se añadió 2.5 g de cal por cada litro de agua, resultando en un total de 50 g de cal disueltos en 20 L de agua, y esta mezcla se utilizó en cada contenedor. Además, se aplicó la técnica de flotación para separar y retirar las semillas no fértiles. El lavado se efectuó con abundante agua hasta que ésta salió transparente. **b) Lavado de semilla.** Consistió en quitar residuos de semillas e impurezas que pudieran encontrarse con un enjuague y colocándole 2.5 g de hidróxido de calcio por cada litro de agua, dando un total de 50 g por 20 L de agua en cual se colocó en cada contenedor. Así mismo se realizó la técnica de flotado de semilla y se quitan las posibles semillas que ya no son fértiles, se realizó el lavado con abundante agua hasta que salga transparente. **c) Imbibición de semillas.** Este proceso consistió en sumergir las semillas en agua

durante un total de 8 horas, de manera parcial. Durante las primeras 4 horas, las semillas permanecieron en remojo, se les otorgó un descanso de una hora y, posteriormente, se sumergieron nuevamente durante otras 4 horas. **d) Incubación de semillas.** Este proceso consistió en dejar reposar las semillas en charolas de plástico, manteniéndolas en obscuridad cubiertas con nylon negro, durante un periodo de tres días. Se utilizaron 962 g de semillas de alfalfa y 778 g de semillas de sorgo por cada bandeja. Una vez germinadas las semillas se dejaron a disponibilidad de la luz, mientras se controlaron los riegos y la humedad relativa en 60 %. Una vez transcurridos 14 días se obtuvieron las variables de peso húmedo y peso seco, para ello se realizaron cortes del cepellón del forraje de 15 cm x 15 cm. A los cortes se les quitó el exceso de humedad y se pesaron, adicionalmente para calcular el peso seco los cortes se sometieron a un proceso de secado en horno con una temperatura de 60 °C durante 24 horas. De los cortes obtenidos del cepellón del forraje se dispuso una muestra para obtener el porcentaje de contenido de nutrientes, ceniza y fibra, estos análisis se realizaron en laboratorio externo Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato (CESAVEG). Las metodologías utilizadas fueron las siguientes: nitrógeno, digestado mediante mezcla diácida y determinado por arrastre de vapor kjendahl. Fósforo, digestado mediante mezcla diácida y determinado por reducción con molibdovanadato. Potasio, calcio, magnesio, sodio digestado mediante mezcla diácida y determinado por espectrofotometría de absorción atómico. El hierro, cobre, zinc, manganeso digestado mediante mezcla diácida y determinado por espectrofotometría de absorción atómica. El boro digestado mediante mezcla diácida y determinado por azometina-H. El azufre, digestado mediante mezcla diácida y determinado por espectrofotometría de luz UV-VIS. Para la obtención de la ceniza y de la fibra se realizó en las instalaciones del CESAVEG con la siguiente metodología: La metodología se realizó por la Norma Mexicana NMX-F-607-NORMEX-2020 la cual nos indica la determinación de cenizas en Alimentos-Método de prueba. Diario Oficial de la Federación con fecha del 1 de febrero de 2022. Para desarrollar los análisis estadísticos se utilizó el software Infostat, se utilizó I ANOVA y la prueba de comparación de medias Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Presentando diferencias estadísticas entre los 9 y 11 días, el tratamiento T2: Sorgo alcanzó una altura de 12.63 cm, con una diferencia de 8.95 cm en relación al T1: Alfalfa quién obtuvo una altura de 3.68 cm. Estos parámetros son menores en comparación con los mencionados por Valverde-Lucio et al. (2018) quienes afirman que se puede llegar a alturas entre 20 a 30 cm.

El rendimiento de FVH de alfalfa alcanzó 1.463 kg por charola, en contraste con los 1.092 kg generados por las semillas de sorgo, en una superficie de 2,220 cm². Se presenta una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos donde se observa que en la materia fresca el forraje de semilla de alfalfa tiene mayor rendimiento. En términos de peso seco se observa que hay una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos ya que el peso del sorgo en seco fue 12.13 g en comparación con la alfalfa de 6.4 g (ver tabla 1.).

Tabla 1. Comparativa de peso fresco y peso seco en el FVH de alfalfa y sorgo.

Tipo de semilla para FVH	Peso inicial (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Alfalfa	600	1463 a	6.4 b
Sorgo	600	1092 b	12.13 a

Al ponderar los parámetros mencionados a metro cuadrado, con una densidad de siembra de 2,702.7 kg/m², se determinó un rendimiento de 6.59 kg de alfalfa fresca y 4.92 kg de sorgo para forraje. Es importante destacar que estos valores son significativamente inferiores a los reportados por Vargas et al. (2015), quienes, utilizando una densidad de siembra de 2.5 kg/m², lograron un rendimiento de 12.9 kg/m² de sorgo.

En el gráfico 1. se aprecia el contenido de macronutrientes del forraje verde hidropónico. En alfalfa, los niveles de nitrógeno fueron del 5.49 %, fósforo del 1.44 %, potasio del 0.77 %, calcio del 0.45 %, magnesio del 0.62 % y sodio del 0.11 %. En contraste, el sorgo mostró niveles de nitrógeno del 2.73 %, fósforo del 1.24 %, potasio del 0.30 %, calcio del 0.12 %, magnesio del 0.59 % y sodio del 0.03 %. La

alfalfa presenta valores notablemente superiores en nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en comparación con el sorgo. El magnesio muestra una diferencia menos marcada, mientras que el sodio es significativamente mayor en la alfalfa. La alfalfa es conocida por su alto contenido de proteína (y por lo tanto nitrógeno) (Montoya, 2011), mientras que el sorgo, aunque también nutritivo, generalmente presenta valores más bajos.

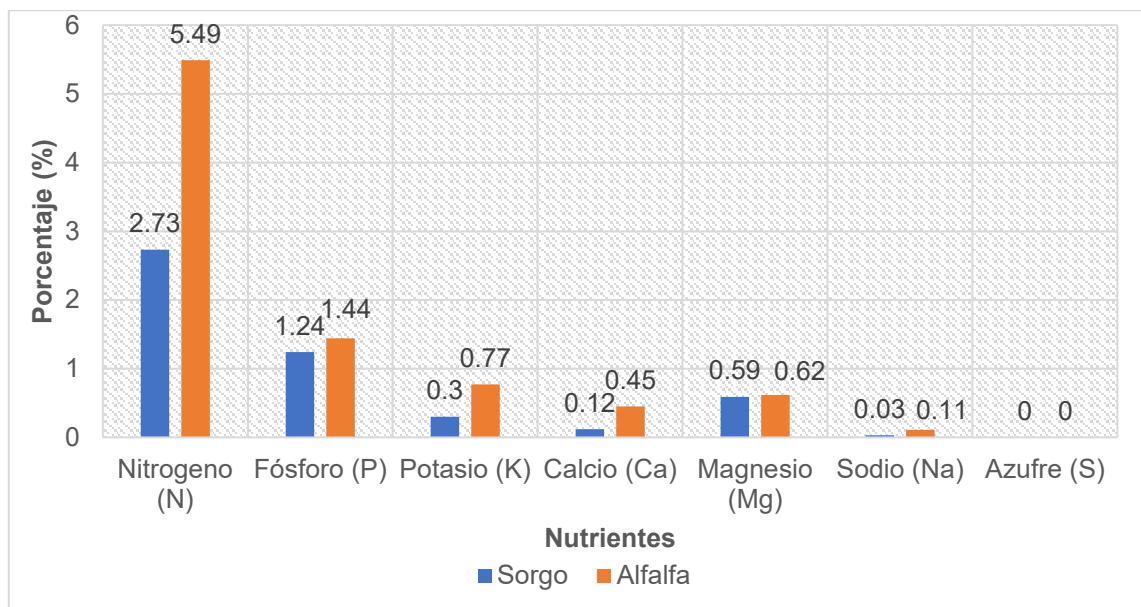


Figura 1. Proporción de macronutrientes en FVH.

En la Fig. 2 se observaron variaciones significativas entre el sorgo y la alfalfa. En el sorgo, los niveles de hierro fueron de 14.6 mg/kg, cobre 2.6 mg/kg, zinc 22.3 mg/kg, manganeso 16.3 mg/kg y boro 10.45 mg/kg. Por otro lado, la alfalfa presentó los siguientes valores: hierro (0 mg/kg), cobre (6.8 mg/kg), zinc (55.7 mg/kg), manganeso (13 mg/kg) y boro (47.48 mg/kg).

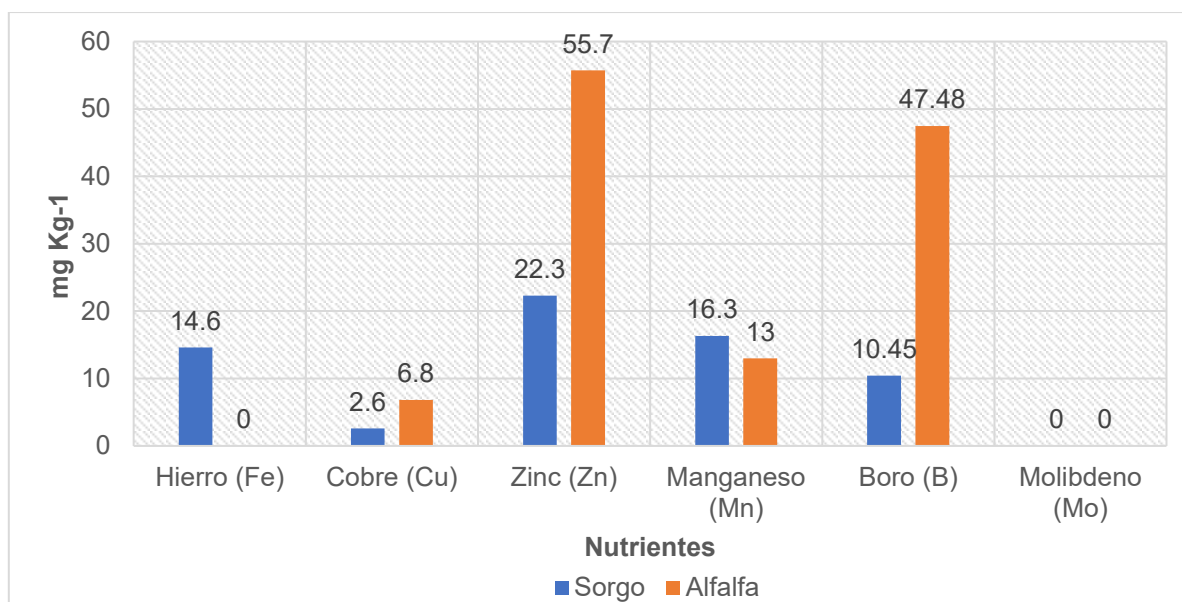


Figura 2. Contenido de micronutrientes en FVH.

El tratamiento de alfalfa presentó mayor porcentaje de fibra en comparación con el tratamiento de sorgo, con una diferencia 6.17 % más en comparación con el sorgo. Es sabido que la alfalfa, al ser una leguminosa, tiende a tener un contenido más alto de fibra en comparación con los granos como el sorgo.

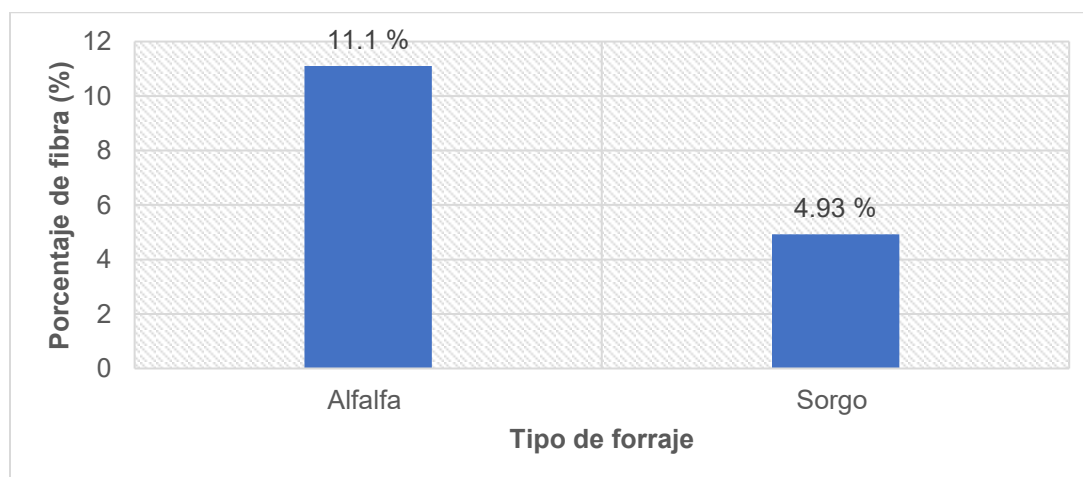


Figura 3. Contenido de fibra.

El contenido de cenizas es un indicador de los minerales presentes en un forraje (Montoya, 2011), por su parte Robinson et al. (2007) indican que el contenido mineral de la alfalfa se determina por una medida de cenizas y puede ser alta, que van desde 6 % a 15 % de la MS del tejido de la planta. La alfalfa suele tener un mayor contenido de cenizas comparado con los cereales debido a su capacidad

para absorber más minerales del suelo, lo que concuerda con los resultados encontrados en el presente estudio, donde se determinó una diferencia de 2.65 % en el contenido de cenizas, donde la alfalfa tiene 4.46 % frente al 1.81 % del sorgo.

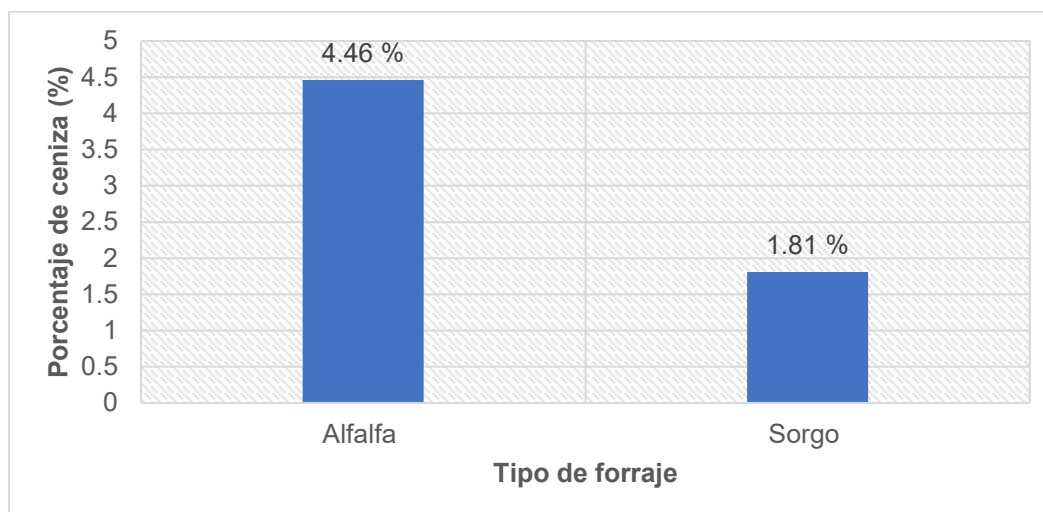


Figura 4. Contenido de ceniza.

CONCLUSIONES

El análisis comparativo del FVH de alfalfa y sorgo revela que la alfalfa supera significativamente al sorgo en términos de contenido de macronutrientes y micronutrientes. En particular, la alfalfa contiene un notable 5.49 % de nitrógeno, 55.7 % de zinc, 47.48 % de boro y 6.8 % de cobre. En contraste, el sorgo presenta un contenido de 2.73 % de nitrógeno, 22.3 % de zinc, 10.45 % de boro y 2.6 % de cobre. Estos resultados destacan la alfalfa como una fuente más rica y nutritiva, lo que la convierte en una opción preferente en la alimentación animal y en prácticas agrícolas que buscan maximizar el valor nutritivo de los forrajes.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto Tecnológico Superior de Abasolo por las facilidades otorgadas a los docentes y estudiantes para desarrollar la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2023). Precipitación (mm) por Entidad Federativa y Nacional 2023. CONAGUA.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010. Compendio de información geográfica municipal 2010. INEGI Recuperado de https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/11/11017.pdf
- Montoya, B. E. y Cervantes, R. M. (2011). Variación en el contenido de nutrientes en Alfalfa (*Medicago sativa*) cosechada a diferente edad de rebrote y época del año. Universidad Autónoma de Baja California.
- Robinson, P. H., Putnam D. H. and DePeters, E.J. (2007). Fundamentals of alfalfa quality. 37th California Alfalfa & Forage Symposium.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2024). Producción nacional de alfalfa en toneladas. Recuperado del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola.
- Valverde-Lucio Y., Ayón-Villao F., Orlando-Indacochea F., Alcívar-Cobena J. L., Gabriel-Ortega J. (2018). Producción de tres variedades de Forraje verde hidropónico con diferentes dosis de fertilizante nitrogenado. Journal of the Selva Andina Research Society, 9(2).
- Vargas, T. A., Cruz, C. D., Ticona, C. B. y Chalco, Q. N. (2015). Rendimiento de sorgo, (*Sorghum bicolor*) y cebada , (*Hordeum vulgare*) bajo tres densidades de siembra como forraje verde hidropónico. [Universidad Mayor de San Andrés](#).

CONTROL ALTERNATIVO DE CHAPULIN (*Sphenarium purpurascens*) EN HOJAS DE FRIJOL

Nohemi Lara Mejía¹, Cecilia Guzmán Mora¹, Luis P. Guevara Acevedo^{2§}, Ricardo Yañez López², Edgar Almaraz Quezada³, José J. Cimental Martínez³.

¹Estudiante de ingeniería en agronomía TecNM-campus Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ²TecNM-campus Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ³CESAVER, Av. Siglo XXI No. 1156 Predio Los Sauces C.P.36547, Irapuato Guanajuato. [§]Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de evaluar el efecto del extracto de higuera y *Metarhizium anisopliae* sobre mortalidad ninfa N3 de chapulín (*Sphenarium purpurascens*) en hojas de frijol, se evaluaron 5 concentraciones de 0.25, 0.5, 1, 1.5 y 2% para el extracto de higuera y de 25,50,100,200 y 300 ppm para *Metarhizium anisopliae* y un testigo, a cada dosis se añadió el 1% de adherente Adhetec® (Agrobaj), mientras al testigo se le agregó únicamente agua y adherente. Para ello se recortaron cuadrados de 3 cm x 3 cm de hojas de frijol, que se sumergieron en cada una de las dosis por un espacio de 10 s, posteriormente se dejaron secar en toallas absorbentes por 30 min, pasado el tiempo se colocaron 5 cuadros de las hojas en frascos de vidrio cubiertos con tela orgánica e inmediatamente se colocaron 5 ninfas N3 por frasco, colocando ocho repeticiones por cada dosis. La lectura de mortalidad se evaluó 48 h después. Los valores obtenidos de la mortalidad se registraron mediante la prueba de corrección de mortalidad propuesta de Abbott (1925). Se estimaron los valores de Concentración Letal Media (CL₅₀) de cada insecticida, utilizando el programa SAS system for Windows ver 9.0 (SAS, 2002). Los resultados obtenidos demuestran que el extracto de higuera fue más efectivo que *Metarhizium anisopliae* en el control de chapulín (*Sphenarium purpurascens*) N3 en hojas de frijol con una CL₅₀ de 0.78ppm por lo que se recomienda como alternativa al uso de insecticidas químicos.

Palabras claves: *Metarhizium*, higuera, concentración letal media, bioinsecticidas, mortalidad.

ABSTRACT

The present research work was carried out in order to evaluate the effect of higuierilla extract and *Metarhizium anisopliae* on N3 nymph mortality of leafhopper (*Sphenarium purpurascens*) on bean leaves, 5 concentrations of 0.25, 0.5, 1, 1.5 and 2% for the higuierilla extract and 25,50,100,200 and 300 ppm for *Metarhizium anisopliae* and a control, to each dose was added 1% of Adhetec® (Agrobaj) adherent, while to the control was added only water and adherent. For this purpose, 3 cm x 3 cm squares of bean leaves were cut out and submerged in each of the doses for 10 s, then left to dry on absorbent towels for 30 min, after which time 5 squares of leaves were placed in glass jars covered with organza cloth and immediately 5 N3 nymphs were placed in each jar, with eight replicates for each dose. The mortality reading was evaluated 48 h later. The mortality values obtained were recorded using the mortality correction test proposed by Abbott (1925). The Mean Lethal Concentration (LC₅₀) values of each insecticide were estimated using the SAS system for Windows ver 9.0 program (SAS, 2002). The results obtained show that the higuierilla extract was more effective than *Metarhizium anisopliae* in the control of leafhopper (*Sphenarium purpurascens*) N3 on bean leaves with a LC₅₀ of 0.78ppm, and is therefore recommended as an alternative to the use of chemical insecticides.

Keywords: *Metarhizium*, castor oil plant, Median Lethal Concentration, bioinsecticides, mortality.

INTRODUCCIÓN

El chapulín (*Sphenarium purpurascens*) es una plaga que se encuentra en diversas regiones de México, los géneros más comunes son *Melanoplus*, *Sphenarium* y *Brachystola*, que se alimentan de hojas, tallos, frutos tiernos, granos básicos, leguminosas, hortalizas y frutales, entre otros (SENASICA, 2020). El *Sphenarium purpurascens* es conocido como una plaga de relevancia económica para los cultivos de temporal en Guanajuato; los cultivos más afectados, son el maíz y el frijol, con superficie dedicada a estos cultivos que abarca 325,776 ha (CESAVEG, 2017).

El uso desmedido de insecticidas químicos para el control de plagas ha causado serios daños, por ello es fundamental profundizar en métodos alternativos (Masaquiza-Moposita *et al.*, 2017), dentro de estos se encuentran los insecticidas de origen natural que son una alternativa biodegradable y más sostenible (Do Vale *et al.*, 2018), como lo es el extracto de higuera, que contiene como ingrediente activo la ricina, una proteína fitotóxica que inhibe la función de los ribosomas y la síntesis de proteínas (García *et al.*, 2016), y el ácido cianhídrico que interfiere en la captación de oxígeno y ocasiona la muerte celular (Ramos, 2015). Otra opción es el uso del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*, este utiliza como fuente de energía el carbono de la quitina del exoesqueleto y una vez que penetra en el organismo, produce toxinas, induciendo a una parálisis que provoca la pérdida de apetito y movilidad, lo que detiene el daño de la plaga, y después producirá su muerte (Pacheco-Hernández *et al.*, 2019).

Lo anterior ha motivado a la búsqueda de métodos alternativos, siendo estos productos una opción aceptable. La utilización de estos constituye una herramienta importante para los programas de manejo integrado de plagas. Por esta razón el objetivo de investigación consistió en evaluar la efectividad biológica de *Metarhizium anisopliae* y el extracto de higuera en la mortalidad del chapulín (*Sphenarium purpurascens*) bajo condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de Fitosanidad del Tecnológico Nacional de México Campus Roque (TecNM Roque). Para ello se recolectaron ninfas de chapulín con una red entomológica en parcelas ubicadas en los municipios de Salvatierra y Tarimoro, cubiertas principalmente por pastos y arvenses. Se transportaron al laboratorio en una jaula entomológica de tubos de PVC cubierta con tela organza, añadiendo materia vegetal para su alimentación durante el traslado. Una vez en laboratorio se realizó la identificación de los chapulines *Sphenarium purpurascens* N3, basándose en las características descritas por Arana *et al.* (2014). Posteriormente se realizaron bioensayos de inmersión con hojas de frijol variedad Pinto Saltillo las cuales se cortaron cuadrados de 3 x 3 cm y se

sumergieron en las dosis de *Metarhizium anisopliae* de 25,50,100,200 y 300 ppm y de 0.25, 0.5, 1, 1.5 y 2% para el extracto de higuierilla por espacio de 10 s a cada dosis se le agrego 1% de adherente Adhetec® (Agrobaj) y el testigo solo se manejó con agua y adherente, después se dejaron secar durante 30 min en papel absorbente, pasado el tiempo se colocaron 5 cuadros de hojas tratadas en frascos de vidrio de 118 mL cubiertos con tela organza e inmediatamente se colocaron 5 ninfas N3 por frasco, colocando ocho repeticiones por cada dosis. La lectura de mortalidad se evaluó a las 48h, se consideró ninfa muerta aquella que no presentaba movilidad o no reacciona al estímulo al tacto con pinzas. Los valores del porcentaje de mortalidad de cada una de las dosis evaluadas se registraron mediante la prueba de corrección de mortalidad propuesta de Abbott (1925). Se estimaron los valores de Concentración Letal Media (CL₅₀) de cada insecticida por un análisis probit, mediante el método de máxima verosimilitud reportado por Finney (1971), utilizando el programa SAS system for Windows ver 9.0 (SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos sobre la mortalidad del chapulín (*Sphenarium purpurascens*) en hojas de frijol, utilizando como control extracto de higuierilla y el hongo *Metarhizium anisopliae*, se muestran en el Cuadro 1. En este cuadro se muestran los valores de CL₅₀, los límites fiduciales, CL₉₀, y la ecuación de predicción, proporcionando una visión sobre su efectividad.

El extracto de higuierilla presentó una CL₅₀ de 0.78 ppm y una CL₉₀ de 2.33ppm, valor que resulta inferior al reportado por Meenna *et al.* (2015) quienes evaluaron los efectos del extracto de azadiractina en chapulines (*Chrotogonus trachypterus*), y obtuvieron un valor de CL₅₀ de 1.998 ppm.

Por otro lado, *Metarhizium anisopliae* mostró una CL₅₀ de 141.61 ppm y una CL₉₀ de 458.83 ppm, resultados que son superiores a los registrados por Pelizza *et al.* (2015), que en su investigación sobre el uso de hongos entomopatógenos combinados con insecticidas biorracionales (Methoxyfenozide + *Metarhizium anisopliae*) para el control del chapulín (*Dichroplus maculipennis*), reportaron una CL₅₀ de 41.04 ppm.

En cuanto a la CL₅₀, *Metarhizium anisopliae* mostró un valor 181.55 veces mayor en comparación con el extracto de higuierilla, estos valores son superiores a los reportados por Tesari *et al.* (2023), que observaron un valor de 11.77 veces la eficiencia de *Beauveria bassiana* y una mezcla de extractos vegetales (*D. hispida*, *Zingiber officinale*, *Curcuma longa* Linn, etc.) en el control de *Spodoptera litura* L.

Cuadro 1. CL₅₀, limites fiduciales, CL₉₀ y ecuación de predicción del efecto del extracto de higuierilla y *Metarhizium anisopliae* en la mortalidad chapulines (*Sphenarium purpurascens*) N3.

Insecticida	CL ₅₀	Limite Fiducial (ppm)		CL ₉₀	Ecuac de
	(ppm)	LFI	LFT	(ppm)	Predicc
Extracto de higuierilla	0.78	0.52	1.10	2.33	Y=0.28+60.17
<i>Metarhizium anisopliae</i>	141.61	59.05	25.70	458.83	Y=-5.39+0.39

LFI=Limite Fiducial Inferior, LFS=Limite Fiducial Superior, Ecuac=Ecuación, Predicc=Predicción

CONCLUSIONES

Para el control alternativo de chapulin (*Sphenarium purpurascens*) se recomienda la aplicación de extracto de higuierilla en comparación con entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae*, esto porque presenta una menor CL₅₀.

LITERATURA CITADA

Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economy Entomology. 18: 265-267.

Arana C. A., Huerta A., Espinoza F., Téllez J. A., Maqueda G. A. (2014). Control Biológico del Chapulín en México, BioTecnología 18 (1): 28-49.

CESAVEG , (2017). Programa de trabajo de la campaña contra chapulín, del incentivo de prevención de plagas fitosanitarias reglamentadas del programa de sanidad e inocuidad agroalimentaria 2017 del estado de Guanajuato, 2.

Do Vale, J., Sadalla, A., Costa, R., Ferreira, V., López, D., & Duarte, R. (2018). Potencial de inseticidas botánicos en control de *Ulomoides dermestoides* (Coleoptera: Tenebrionidae). Scientia Agraria Paranaensis, 17, 326–331.

Finney, DJ (1971). Análisis probit.

- García, T., García, A., Ramos, S., & López, P. (2016). Evaluación del Rendimiento de Extractos en Hojas de *Ricinus communis* L. Conciencia Tecnológica, 52, 12-18.
- Masaquiza-Moposita, D., Pereda-Mouso, J., Curbelo-Rodríguez, L., Figueredo-Calvo, R., y Cervantes-Mena, M. (2017). Intensificación de los sistemas agropecuarios y su relación con la productividad y eficiencia: Resultados con su aplicación. Revista de Producción Animal 29(2): 57-64.
- Meena, S., Kachhawaha, N. and Meena, G. (2015). Screening of toxicity of plants extracts Acridid Grasshopper, *Chrotogunus trachypterus* Blanchard. Pelagia Research Library, Advances in Spplied Science Research 6(4):65-68.
- Pacheco-Hernández M.L., Reséndiz-Martínez F.J., Arriola Padilla V.J. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuarios y forestal de México: una revisión. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 10(56): 5-32.
- Pelizzaa S.A., Scorsettib A.C., Russob M.L., Pacheco-Marinod S.G. and Langea C.E. (2015). Use of entomopathogenic fungi combined with biorational insecticides to control *Dichroplus maculipennis* (Orthoptera: Acrididae: Melanoplineae) under semi-field conditions. Biocontrol Science and Technology 25 (11), 1241–1253.
- Ramos, J. (2015). Obtención de un insecticida biológico a partir de la higuierilla (*Ricinus communis*), Machala 2014. [Tesis de pregrado, Universidad técnica de Machacala].
- SAS Institute Inc. (2002). Guide for personal computers. SAS institute, Cary, N.C.
- SENASICA, (2020). Chapulín (plaga endémica) [en línea] <https://www.gob.mx/senasica/documentos/chapulin-plaga-endemica-110886> [Consulta: 21 de septiembre 2024]
- Tesari T., Leksono S.A. and Mustafa I. (2023). Effectiveness of botanical pesticide combined with *Beauveria bassiana* on mortality, nutritional index and fecundity of *Spodoptera litura* L. Cogent Food & Agriculture, 10:1.

CRECIMIENTO DE *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto EN SUSTRATOS REGIONALES EN EL BAJÍO GUANAJUATENSE

Ernesto Ramón López Oliva¹; Guadalupe Villegas García², Lorenzo Licea Rojas², Estéfana Alvarado Bárcenas³, Daniel Rodríguez Mercado², Francisco Chablé Moreno²;

¹Estudiante de la carrera de Ingeniería en Agronomía, ²Profesor investigador del Departamento de Ciencias agropecuarias TecNM-Roque, ³Profesor investigador del Departamento de Industrias Alimentarias Extensión Apaseo el Alto, TecNM-Roque. e-mail: fcchable4oct@hotmail.com.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar el crecimiento del *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto, establecidas en mezclas de sustratos regionales, esta especie presenta un lento crecimiento después de su germinación, y durante los primeros años de su desarrollo son sensibles tanto al estrés de sequía como al exceso de agua. Se emplea como materia prima de dulce del acitrón, por lo que se extrae de manera ilegal lo que ocasiona serios problemas de supervivencia. El experimento se estableció en Juventino Rosas, en contenedor de un litro, donde se establecieron las plantas para evaluar su desarrollo. El diseño experimental fue completamente al azar, con 8 tratamientos por con 7 repeticiones, las variables evaluadas fueron Número de areolas (NoAre), Altura de plántula (AltPI), Diámetro del tallo (DiáTa), Número de costillas (NoCost), Longitud de Raíz (LongRaíz). El análisis de varianza se realizó con el paquete estadístico SAS (v. 9.1). En las variables de altura de plántula y longitud de la raíz presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), durante el desarrollo del experimento, en general el suelo agrícola y tezontle desarrolló una mayor altura de la planta, el empleo de tepojal y tezontle incrementa la longitud de raíz, esta característica es propia de esta especie en condiciones *in situ*.

Palabras clave: *Echinocactus platyacanthus*, crecimiento, desarrollo, sustratos

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the growth of *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto, established in mixtures of regional substrates, this species presents slow growth after germination, and during the first years of its development they are sensitive to both drought stress. like excess water. It is used as a raw material for sweet citron, which is why it is extracted illegally, which causes serious survival problems. The experiment began in Juventino Rosas, in a one-liter container, where the plants were established to evaluate their development. The experimental design was completely random, with 8 treatments with 7 repetitions, the variables evaluated were Number of areoles (NoAre), Seedling height (AltPI), Stem diameter (DiáTa), Number of ribs (NoCost), Root Length (LongRoot). The analysis of variance was performed with the SAS statistical package (v. 9.1). In the variables of seedling height and number of roots there were significant differences ($P \leq 0.05$), during the development of the experiment, in general the agricultural and tezontle soil developed a greater plant height, the use of tepojal and tezontle increases the length of roots, this characteristic is typical of this species *in situ* conditions.

Keywords: *Echinocactus platyacanthus*, growth, development, substrates

INTRODUCCIÓN

El *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto, pertenece a la familia de las cactáceas, subfamilia Cactoideae, del Orden *Caryophyllales*, de la subfamilia Cactoideae, tribu Cacteae y subtribu Catinae (López et al., 2018). Su importancia radica al ser materia prima en la elaboración del acitrón (dulce) y en fresco alimenta animales domésticos (bovinos, ovinos, caprinos y equinos) (López *et al.*, 2018). Es una especie longeva que puede vivir hasta 400 años (Téllez-Román *et al.*, 2017), sus frutos son bayas que produce semillas en abundancia *in situ* 950.5 ± 56.7 ; en condiciones *ex situ* puede variar entre un rango de 17 hasta las 670 ± 256 (Comunicación personal, Chablé 2023). El nombre común de esta especie es: Biznaga burra de acitrón, bola, dulce, de lana, gigante, grande, verde, de tonel grande (Blanco, 2023).

La especie *platyacanthus* se distribuye en el desierto Chihuahuense (Guanajuato, Coahuila, Hidalgo, Nuevo León, Querétaro, San Luis, Tamaulipas y Zacatecas), se puede localizar al sur del Valle de Tehuacán, en Puebla y Oaxaca (PROFEPA, 2019). La NOM-059, la clasifica a esta especie en estatus de peligro de extinción (SEMARNAP, 2021).

Se extrae ilegalmente en grandes cantidades para elaborar el acitrón, además, el sobre pastoreo de ganado, provoca la disminución de la población joven (Jiménez *et al.*, 2023). Su crecimiento es lento de tal forma que entre los 70 a 90 años puede alcanzar 80 kg de peso (SEMARNAR, 2021), puede alcanzar los 2 m de altura 1.2 m de diámetro, su reproducción puede ser por semillas o hijuelos (brotes) (Álvarez, 2017). Su crecimiento es lento, si se compara con la tasa de crecimiento de la *Mammillaria pectinifera*, donde se estudió la relación del diámetro con la edad, encontrando que las plántulas de 0.01 a 2.5 mm tendrían de 0 a 3 años de edad y aquellas con 20 mm más de 11 años; se estima que la tasa de crecimiento tiende a estabilizarse al alcanzar un valor asintótico de 4.0 mm por año, es una planta sensible en sus primeras etapas de desarrollo (Rosas, 2002; López *et al.*, 2018). En estudios realizados por López (2021) en plantas de *E. platyacanthus*, al evaluar la germinación y el desarrollo en etapa inicial se obtuvo que a los 28 días alcanzaron las plántulas desde 0.66 hasta 1.12 cm de altura; en el diámetro de tallo de 0.3 hasta 0.48 cm y en longitud de raíces desde 0.09 hasta 1.39 cm (López, 2021). En *Astrophytum myriostigma* Lem. Vázquez (2012) logró en la altura de la planta arriba de 5 cm en sustratos composteados con lombriz roja californiana después de dos años de trasplante. Con base en lo anterior el objetivo del trabajo fue evaluar el crecimiento y desarrollo de *Echinocactus platyacanthus* Link y Otto, en mezclas de sustratos regionales en el Bajío Guanajuatense.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en Santa Cruz de Juventino Rosas, Guanajuato, el cual se ubica geográficamente en 20°38'51.8"N 100°59'38.7"W, de clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad con temperatura media anual de 19.5°C, con temperatura máxima de 36.6°C, la mínima de 0.8°C, con una altitud

de 1,878 msnm y con suelos de llanura aluvial y meseta basáltica; cuenta con suelos Phaeozem háplico (Hh) (IPLANEG, 2003).

Las plantas empleadas en este ensayo se germinaron en el invernadero de cactáceas del TecNM-Instituto Tecnológico de Roque en el período de enero a abril del 2020. Las plántulas seleccionadas presentaban una altura promedio de 4.7 ± 0.51 cm, estas fueron seleccionadas y distribuidas completamente al azar, las mezclas de sustratos evaluados fueron 8 tratamientos 1) Lombricomposta de bovino, 2) Lombricomposta de ovino, 3) Lombricomposta de conejo, 4) Composta orgánico 5) Suelo Agrícola + Tezontle, 6) Tepojal + Tezontle, 7) Tepojal + Tezontle + Micorrizas y 8) Suelo agrícola. El diseño experimental fue completamente al azar, cada tratamiento se estableció con 7 plantas dando un total de 56 unidades experimentales. Los tratamientos se establecieron en contenedores de vasos de unicel de 1 L (un kilo de sustrato) para el establecimiento del tratamiento 7 se aplicó micorrizas, en una concentración de 3 ml en 300 ml de agua.

El riego fue manual aplicando 300 ml de agua, cada cinco días, la presencia de malezas, se eliminó de manera manual, al presentar escamas blancas sobre las costillas de la plántula se eliminó cepillando con jabón de polvo y alcohol al 70%. Las variables por evaluar fueron: Número de areolas (NoAre), Altura de plántula (AltPI), Diámetro del tallo (DiáTa), Número de costillas (NoCost), Longitud de Raíz (LongRaíz). Los datos obtenidos durante el ensayo sometieron a un análisis de varianza con el paquete estadístico SAS (v 9.1) y los tratamientos que presentaron diferencias estadísticas se sometieron a una prueba de comparación de (Duncan α 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del ANOVA a los tres meses después del trasplante (ddt) de las plántulas de *E. platyacanthus*, mezclas de sustratos regionales, no presentaron diferencias estadísticas significativas; con excepción de AltPI y LongRaíz, los coeficientes de variación (CV) presentaron un rango entre 16.0 y 20.5 %. La prueba de comparación de medias (Duncan α 0.05), se obtuvo que a los tres meses ddt de *platyacanthus*, las variables: NoAre, DiáTa, NoCost, no presentaron diferencias

estadísticas, esto se debe a que por ser una especie de lento crecimiento en su desarrollo no se detectó el efecto de su desarrollo en los sustratos evaluados. La AltPI se logró determinar que el tratamiento 5 alcanzó la mayor altura, pero estadísticamente igual al 3, 8 y 2 y en el número de raíces se presentó valores más altos en los T3 y 8 y menor LongRaíz en el T6 con el empleo de tepojal y tezontle (Cuadro 1).

Cuadro 1. Prueba de comparación de medias, a los tres meses del trasplante de *Echinocactus platyacanthus* (04/04/2022 TecNM-Roque).

Trat	NoAre	AltPI	DiáPI	NoCost	LongRaíz
3	4.71 a	4.81 ab	4.61 a	5.71 a	23.45 a
8	4.71 a	4.75 ab	4.80 a	6.00 a	21.81 ab
5	4.57 a	5.68 a	4.24 a	6.17 a	20.34 b
2	4.42 a	4.70 ab	4.22 a	5.65 a	18.80 b
7	4.28 a	4.88 ab	4.31 a	5.35 a	18.42 b
4	4.28 a	4.30 b	4.12 a	5.41 a	18.38 b
1	4.14 a	4.51 b	4.11 a	5.43 a	18.14 b
6	4.11 a	4.50 b	4.30 a	6.00 a	17 .88 b

Trat = Tratamiento de la evaluación de sustratos regionales, AltPI = Altura de planta (cm), NoAre = Número de areolas (total), DiáTa = Diámetro de tallo = NoCos = Número de costillas, LongRaíz = Longitud de raíces (Promedio)

El ANOVA a los 12 meses ddt, de las plántulas de *platyacanthus* en las mezclas de sustratos presentaron en la Altpl diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) y el LongRaíz diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$); con excepción del DiáTall y NoCost no presentaron diferencias estadísticas significativa (ns).

Los resultados de la prueba de comparación de medias (Duncan $\alpha = 0.05$), se obtuvo que a los 12 meses ddt de *platyacanthus*, que el NoAre el mejor tratamiento fue el 8 que corresponde al empleo de suelo agrícola y el T1 la lombricomposta de bovino que incrementó el número de las areolas, presentando un promedio entre un rango de 4.71 a 4.83 areolas, en la altura de la planta destaca el tratamiento 5 por su porosidad en el sustrato, lo que permitió un buen drenaje. El tratamiento 7

presenta buena porosidad del sustrato y las micorrizas ayudaron a la absorción de nutrientes, contribuyeron a mejorar la fertilidad al igual con valor promedio de 5.68 a 4.91 cm, en el diámetro del tallo el T1 es el de menor desarrollo, y en el número de raíces el tratamiento 6 y 5 fueron los que presentaron los valores promedios más altos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias, a los 12 meses del trasplante de *Echinocactus platyacanthus* (12/04/2023 en el TecNM-Roque).

Trat	NoAre	AltPI	DiáTa	NoCost	LongRaíz
1	4.83 a	3.95 b	3.53 b	5.16 a	16.85 ed
8	4.71 a	4.87 ab	4.70 a	6.00 a	14.98 e
3	4.66 a	4.83 ab	4.61 a	5.66 a	18.85 bcd
5	4.57 a	5.68 a	4.35 a	5.71 a	21.85 ba
2	4.42 a	4.70 ab	4.14 a	5.00 a	20.31 bc
4	4.28 ab	4.30 b	3.57 a	4.71 a	18.37 cd
7	4.28 ab	4.91 ab	4.27 a	5.00 a	18.50 cd
6	3.85 b	4.57 b	4.30 a	6.00 a	23.57 a

Trat = Tratamiento de la evaluación de sustratos regionales, AltPI = Altura de planta (cm), NoAre = Número de areolas (total), DiáTa = Diámetro de tallo = NoCos = Número de costillas, LongRaíz = Longitud de Raíz

Los resultados del ANOVA a los 25 meses ddt del *E. platyacanthus* en sustratos regionales en las variables NoAre y NoCost presentaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$), mientras que las variables AltPI, DiáTall y NoCost mostraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$). Los CV (%) resultaron bajos entre un rango de 5.2 a 14.6. La comparación de medias se observó que el NoAre que los T2, 3, 1,4, 5 y 7 aunque son estadísticamente iguales son los de mayor valor promedio, en la AltPI se detectó que el T5 fue estadísticamente superior con crecimiento promedio de 5.3 cm anuales y el tratamiento con menor desarrollo fue el T6 con valor promedio de 4.5 cm anual, mismo comportamiento presentaron en los tratamientos respectivos del DiáTall, en el LongRaíz destaca el T6 y 3 (Tepojal + tezontle y lombricomposta de conejo) y con el menor LongRaíz el T1 (lombricomposta de bovino), se ha determinado que el suelo agrícola más tezontle

donde se logró la mayor altura de planta, en contraste con el tezontle y tepojal el mayor número de raíces (Cuadro 3).

Cuadro 3. Prueba de comparación de medias, a los 25 meses del trasplante de *Echinocactus platycanthus* (12/05/2024 en el TecNM-Roque).

Trat	NoAre	AltPI	DiáTa	NoCost	LongRaíz
2	6.52 a	9.95 b	8.98 c	5.50 bcd	26.55 bc
3	6.41 ab	9.38 bc	7.94 d	6.28 abc	28.63 ab
1	6.24 ab	8.08 d	8.18 d	6.60 a	20.02 f
4	6.21 ab	9.45 bc	8.65 cd	5.33 cd	22.63 de
5	5.85 abc	10.61 a	10.48 a	7.20 a	24.35 cd
7	5.85 abc	7.75 d	10.04 ab	5.03 d	21.70 ef
8	5.71 bc	7.67 d	10.62 a	6.42 abc	23.38 de
6	5.42 c	8.95 c	9.94 ab	6.42 abc	30.10 a

Trat = Tratamiento de la evaluación de sustratos regionales, AltPI = Altura de planta (cm), NoAre = Número de areolas (total), DiáTa = Diámetro de tallo = NoCos = Número de costillas, LongRaíz = Longitud de raíces (Promedio).

Los tratamientos con sustrato con mayor contenido de materia orgánica presentaron valores promedios intermedios de las variables evaluadas, lo cual concuerda con los resultados de Ruiz, 2012 y Vázquez, 2012. Por otro lado, en estudios de plántulas de *E. platyacanthus* Link & Otto, (Ruíz, 2012) lograron alcanzar una longitud de plántula de 2.53 cm y un diámetro de 2.07 después de 12 meses de germinada la planta. En la evaluación de seis de sustratos de origen de vermicomposta en el crecimiento y desarrollo de *Astrophytum myriostigma* Lem, se observó que cuando presentaban mayor cantidad de materia orgánica el crecimiento fue mayor y a los dos años se obtuvo más de 5 cm de altura de planta y el diámetro de la planta superior a los 6 centímetros (Vázquez, 2012), estos resultados contrastan con los obtenidos en este experimento; sin embargo, al seguir sus crecimiento de las plantas se puede verificar los resultados. El empleo de sustratos a base de lombricomposta de bovino, ovino y conejos las plantas presentaron un comportamiento intermedio en las variables evaluadas.

CONCLUSIONES

Las poblaciones de *Echinocactus platycanthus* Link & Otto, tienen una amplia distribución en el país, con poco número de plantas por población.

Se determinó que el empleo de suelo agrícola más tezontle promueve un mayor crecimiento en la altura de las plantas.

La utilización de tepojal y tezontle es un sustrato que aumenta el número de raíces en *E. platyacanthus*.

De persistir la extracción ilegal y el sobrepastoreo, así como la pérdida de hábitat naturales, esta especie puede llegar estar en la categoría de peligro de extinción

Se propone crear programas de educación ambiental, establecer programa de reproducción y conservación y finalmente introducir estas plantas a sus propios hábitats mediante reforestación.

BIBLIOGRAFIA

Álvarez, R.; Godínez-Álvarez, H., Guzmán, U., y Dávila, P. (2017). Aspectos ecológicos de dos cactáceas mexicanas amenazadas: implicaciones para su conservación. *Botanical Sciences*, 75, 7. <https://doi.org/10.17129/botsci.1690>

Aragón-Gastélum, J. L., Flores, J., Yáñez-Espinosa, L., Reyes-Olivas, Á., Rodas-Ortiz, J. P., Robles-Díaz, E., & González, F. J. (2017). Advantages of vivipary in *Echinocactus platycanthus*, an endemic and protected Mexican cactus species. *Journal of Arid Environments*.

Blanco, L (2023). <https://www.lifeder.com/echinocactus-platycanthus/>

Eguiarte F.L.E.; Jiménez S.C. (2000). Análisis de la distribución y estructura de las poblaciones de *Echinocactus platycanthus* Link & Otto en el Valle de Zapotitlan, Puebla. UNAM. Instituto de Ecología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. L0008. México, D.F. pp.1-16: <http://www.snib.mx/proyectos/cgi-bin/datos2.cgi?Letras=L009>

- IPLANEG (2003). Plan de ordenamiento territorial del municipio de Santa Cruz de Juventino Rosas, Gto. 60 p.
- Jiménez-Sierra, C. L.; Eguiarte, L. E. (2010). Candy barrel cactus (*Echinocactus platyacanthus* Link & Otto): A traditional plant resource in Mexico subject to uncontrolled extraction and browsing. *Economic Botany* 64 (2): 99-108. ISSN 1874-9364. doi:10.1007/s12231-010-9119-y. Consultado el 3 de enero de 2023.
- López E. L. P.; Olguín, S. y Saby, V. L. (2018). *Echinocactus platyacanthus*. La planta del acitrón. *Ciencias*, 98: 129-130.
- López, J.D. (2021). Germinación y desarrollo de plántulas de seis ciclos de cosecha de semilla de *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto. Tesis profesional, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque. 65 p.
- Piña, E. (2018). Dulce prohibido: Cómo la biznaga endémica de México *Echinocactus platyacanthus* está siendo depredada por consumo desmedido del tradicional dulce acitrón. N+1, Ciencia que suma.
- Ruiz, B.C.N. (2012). Distribución y etnobotánica de *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto (Cactaceae) en el Valle del Mezquital. Tesis profesional de Facultad de estudios superiores Zaragoza. UNAM, México, D.F. 62 p.
- Vázquez, M. G. (2012). Evaluación de sustratos y su efecto en la producción de semillas de *Astrophytum myriostigma*. Tesis profesional de la DGEST/Instituto Tecnológico de Roque. 53 p.

CRECIMIENTO, DESARROLLO Y SOBREVIVENCIA DE BARRERAS VIVAS EN SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ

Ma. de Carmen Pablo-Mendoza^{1*}, Rolando M. Tlaxcala-Méndez², Rosalío López-Morgado³, Eileen Salinas-Cruz⁴

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ¹Campo Experimental Ixtacuaco, ²Campo experimental El Palmar, ³Sitio Experimental Teocelo, ⁴Campo Experimental Centro de Chiapas. *Autor de correspondencia: pablo.maria@inifap.gob.mx

RESUMEN

El conocimiento sobre el crecimiento, desarrollo y sobrevivencia de especies vegetales para establecer barreras vivas es importante para su recomendación a los productores, dado que una especie potencial debe mostrar alta emisión de brotes, buena adaptabilidad y proporcionar una fuente de ingresos adicional al cultivo principal. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento, desarrollo y sobrevivencia de dos especies para barreras vivas en cafetales de ladera en la región de Zongolica, Ver. Para ello, en un sistema agroforestal de café (SAFC) con ladera se estableció un experimento bajo el diseño de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial 3 x 2, donde el factor A fue la variedad de plátano con tres niveles (manzano, enano gigante y roatan) y el factor B fue la especie de barrera viva con dos niveles [malinche (*Calathea lutea*) y momole (*Renealmia mexicana*)]. El modelo factorial bajo el DBCA sugirió efectos significativos solo en el Factor B ($p < 0.05$), por lo tanto, el análisis estadístico se redujo a una prueba de t Student o a una prueba de U de Mann-Whitney para dos muestras independientes a una probabilidad de rechazo de $p \leq 0.05$. Los resultados sugieren que los quince meses de edad las dos especies presentan diferencias significativas en las variables de porcentaje de sobrevivencia, número de hojas y número de brotes ($p > 0.05$), destacando la especie de malinche sobre el momole, la alta capacidad de brotación de malinche permite un buen sellado y cierre de las barreras vivas, característica importante para una mayor retención de sedimentos. En conclusión, se recomienda el empleo de malinche para formar líneas de barreras

vivas en cafetales de ladera, además, las hojas producidas tienen potencial para generar una fuente de ingresos adicional al cultivo principal de café y plátano.

Palabras clave: *Calathea lutea*, *Renealmia mexicana*, prueba de *t* de student, prueba de *U* de Mann-Whitney

ABSTRACT

Knowledge about the growth, development and survival of plant species to establish living barriers is important for its recommendation to producers, given that a potential species must show high shoot emission, good adaptability and provide an additional source of income to the main crop. For the above, the objective of this study was to evaluate the growth, development and survival of two species for living barriers in sloping cafetales in Zongolica, Veracruz. For this purpose, in a hillside coffee agroforestry system (SAFC), an experiment was established under the randomized complete block design (DBCA) with a 3 x 2 factorial arrangement, where factor A was the banana variety with three levels (apple, giant dwarf and roatan) and factor B was the living barrier species with two levels [malinche (*Calathea lutea*) and momole (*Renealmia mexicana*)]. The factor model under DBCA suggested significant effects only on Factor B ($p < 0.05$), therefore, statistical analysis was reduced to a Student *t* test or a Mann-Whitney *U* test for two independent samples at a rejection probability of $p \leq 0.05$. The results suggest that at fifteen months of age the two species present significant differences in the variables of survival percentage, number of leaves and number of shoots ($p > 0.05$), highlighting the malinche species over the momole, the high sprouting capacity of malinche allows a good sealing and closure of the living barriers, an important characteristic for greater sediment retention. In conclusion, the use of malinche is recommended to form lines of living barriers in hillside coffee plantations. In addition, the leaves produced have the potential to generate an additional source of income to the main cultivation of coffee and banana.

Keywords: *Calathea lutea*, *Renealmia mexicana*, Test-*T*, Mann-Whitney *U* test

INTRODUCCIÓN

La cafeticultura en el municipio de Zongolica, Veracruz, es practicada por 3,300 cafeticultores en una superficie de 6,679 ha, obteniendo un ingreso de 74.4 millones de pesos (SIAP, 2022), siendo este cultivo la principal fuente de ingresos para los habitantes de esta región, de acuerdo con datos señalados por Briones *et al.* (2021), el 67% de los productores tienen un rendimiento de 800 kg ha⁻¹ con un relación costo beneficio (RCB) de 0.324, los precios bajos y la baja producción del café dejan descapitalizados a los pequeños cafeticultores. Por otro lado, la mayor parte los sistemas agroforestales de café (SAFC) en esta región náhua-hablante se encuentran en terrenos con pendientes mayores al 30% donde ocurren precipitaciones mayores a los 2,400 mm, pudiendo causar pérdidas de suelo entre 6 a 30 t ha año⁻¹, nutrientes de 0.28 a 4.56 t ha⁻¹, nitratos entre 0.03 a 0.54 kg ha⁻¹ y de potasio entre 0.04 a 4.45 kg ha⁻¹ disminuyendo la producción del café (Pérez *et al.*, 2005). Otro factor que influye en la pérdida de la capa fértil es la práctica cultural de mantener los cafetales libre de arvenses. Algunas investigaciones realizadas para disminuir la pérdida de suelo en cafetales de ladera sugieren el establecimiento de barreras vivas con especies de palma camedor (*Chamaedorea elegans* Mart) y palo de agua (*Eupatorium morifolium* Mill) (Nieto *et al.*, 2005). También se ha observado que algunos cafeticultores de la región de Zongolica han optado de manera empírica por sembrar en hileras pastos, tulipanes, ixzotes, palma camedor, malinche, flor de maraca y momole para disminuir la escorrentía en los cafetales y permitirles generar ingresos económicos adicionales al cultivo principal. En este sentido, es importante validar estas alternativas sencillas y económicas que pueden ser de fácil adopción para los demás productores, es por ello, que en el presente trabajo se planteó el objetivo de evaluar el crecimiento, desarrollo y sobrevivencia de las especies de malinche (*Calathea lutea*) y momole (*Renealmia mexicana*) como barreras vivas en un SAFC bajo condiciones de ladera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

En agosto de 2023 se estableció un experimento de intercalado de plátanos y barreras vivas en un monocultivo bajo sombra especializada de café con 32.6% de

pendiente, ubicado en la localidad de Coapa Pinopa, Zongolica, Veracruz, a 18°37'36.71" latitud Norte y 96°55'57.19" longitud Oeste, a una altitud de 1,200 m. El clima es semicálido húmedo con lluvias todo el año (ACf), temperaturas de 14 a 26° C, precipitaciones de 2,400 a 3,100 mm, la fisiografía es de sierra de cumbres tendidas con suelos Luvisoles y Acrisoles (INEGI, 2009).

Establecimiento del experimento

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 3 x 2 con cuatro repeticiones, para un total de 24 unidades experimentales (UE). El factor A fue la variedad de plátano con tres niveles (roatán, manzano y enano gigante), el factor B fue la especie de barrera viva con dos niveles (*Calathea lutea* y *Renealmia mexicana*). Los bloques se conformaron en sentido perpendicular al gradiente de variabilidad de la pendiente del experimento. Cada UE tiene una superficie de 352 m² y está conformada por 70 cafetos, seis individuos de plátano (6 x 6 m) y una línea de barrera viva de 14 m de longitud, con distancia de siembra entre rizomas de 35 cm establecida al pie de la UE en sentido perpendicular a la pendiente.

Aleatorización		Gradiente de variabilidad ↓					
Repetición 1 = Bloque I		3	1	6	4	2	5
Repetición 2 = Bloque II		5	3	2	4	6	1
Repetición 3 = Bloque III		1	3	6	5	2	4
Repetición 4 = Bloque IV		2	3	1	5	4	6

Figura 1.- DBCA con arreglo factorial 3 x 2.



Figura 2.- *Calathea lutea*: a) planta, b) cormo y c) hoja; *Renealmia mexicana*: d) planta, e) cormo y f) hoja.

Toma de datos de crecimiento y sobrevivencia de las barreras vivas

15 meses después del establecimiento del experimento se midieron las variables de altura total (cm) tomado desde la base del suelo hasta el peciolo de la última hoja, ancho de la cobertura foliar (cm) de norte a sur, número de hojas desarrolladas, número de brotes emitidos, área foliar en m^2 (calculado con el programa Image J) y sobrevivencia en porcentaje (%).

Análisis estadístico de los datos

En un análisis preliminar se empleó el modelo con arreglo factorial 3 x 2 bajo el DBCA, detectándose efectos significativos solo en el Factor B (especie de barrera viva), por lo tanto, el análisis se redujo a una prueba t de Student o a una prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney para dos muestras independientes a una probabilidad de rechazo de $p \leq 0.05$. Se verificaron los supuestos de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas con la prueba de F para dos muestras poblacionales normales. Las pruebas estadísticas realizaron con el programa Rstudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Prueba t de Student en altura total, ancho de cobertura foliar y sobrevivencia

Los datos de altura total presentaron normalidad y homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$); la prueba t de Student de varianzas iguales indicó que, a los quince meses de establecerse las barreras vivas, las plantas presentaron alturas promedio de

56.30 cm en momole y 51.29 cm en malinche, ambas especies no presentaron diferencias significativas ($p>0.05$). En cuanto a los datos del ancho de la cobertura foliar también mostraron normalidad y con varianzas homogéneas ($p>0.05$), el valor promedio fue de 58.31 cm para malinche y 64.98 cm para momole y no tienen diferencias significativas ($p>0.05$). Por otro lado, en el porcentaje de sobrevivencia los datos tendieron a la normalidad y a la homogeneidad de varianzas, la media fue de 70.02% para malinche y 40.10% para momole, presentando diferencias altamente significativas ($p<0.001$).

Cuadro 1.- Prueba de t de Student para datos normales y homocedásticos.

Variable	Media	Especie	Prueba de Shapiro-Wilk	Prueba de F de varianzas	Prueba t de Student de varianzas iguales
Altura total (cm)	51.29	Malinche	W = 0.912 p = 0.227	F = 1.179 p = 0.789	t = 1.341 p = 0.193
	56.30	Momole	W = 0.960 p = 0.795		
Ancho de la cobertura foliar (cm)	58.31	Malinche	W = 0.911 p = 0.225	F = 1.625 p = 0.433	t = -1.221 p = 0.235
	64.98	Momole	W = 0.933 p = 0.417		
Sobrevivencia (%)	70.02	Malinche	W = 0.924 p = 0.322	F = 1.690 p = 0.397	t = 6.836 p = 7.229e-07
	40.10	Momole	W = 0.938 p = 0.484		

Prueba de U de Mann-Whitney (UMW) para el número de hojas, número de brotes y área foliar

Los datos de número de hojas, número de brotes y área foliar no cumplieron con el supuesto de normalidad, sin embargo, presentaron homogeneidad de varianzas, por lo tanto, se les aplicó la prueba no paramétrica de UMW con corrección por empates. En la variable número de hojas la media fue de 15.18 para malinche y

10.54 para momole, la prueba UMW sugiere diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las dos especies. De la misma forma, existen diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) en el número de brotes en los grupos de especies, la media fue de 5.48 para malinche y 2.91 para momole. Para finalizar, en la variable área foliar no hay diferencias significativas, la media por planta fue de 0.89m^2 en malinche y 0.82m^2 en momole.

Cuadro 2.- Prueba de UMW para datos no normales y homocedásticos

Variable	Media	Especie	Shapiro-Wilk	Prueba de F	Prueba de UMW con corrección por empates
Número de hojas	15.18	Malinche	W = 0.850 p = 0.0375	F = 0.848 p = 0.789	W = 113 p = 0.019
	10.54	Momole	W = 0.904 p = 0.179		
Número de brotes	5.48	Malinche	W = 0.818 p = 0.0151	F = 2.431 p = 0.156	W = 133 p = 0.0004
	2.91	Momole	W = 0.911 p = 0.224		
Área foliar (m^2)	0.89	Malinche	W = 0.952 p = 0.674	F = 0.792 p = 0.706	W = 81 p = 0.623
	0.82	Momole	W = 0.853 p = 0.040		

El número de hojas, número de brotes y porcentaje de sobrevivencia de la especie malinche es sobresaliente en comparación al momole, en este sentido, se recomienda que las especies a emplear como barreras vivas deben mostrar crecimiento denso, buen porcentaje de sobrevivencia, no competir con el cultivo asociado y además tengan una entrada complementaria en el sistema de producción (Cubero, 1999; Moreno y Castillo, 2008). En la especie de malinche la alta emisión de brotes genera una buena capacidad de cierre y sellado de las barreras para una mayor retención de los sedimentos. Las hojas de malinche

pueden proporcionar una fuente de ingresos adicional, debido a que son comercializadas en el mercado local.

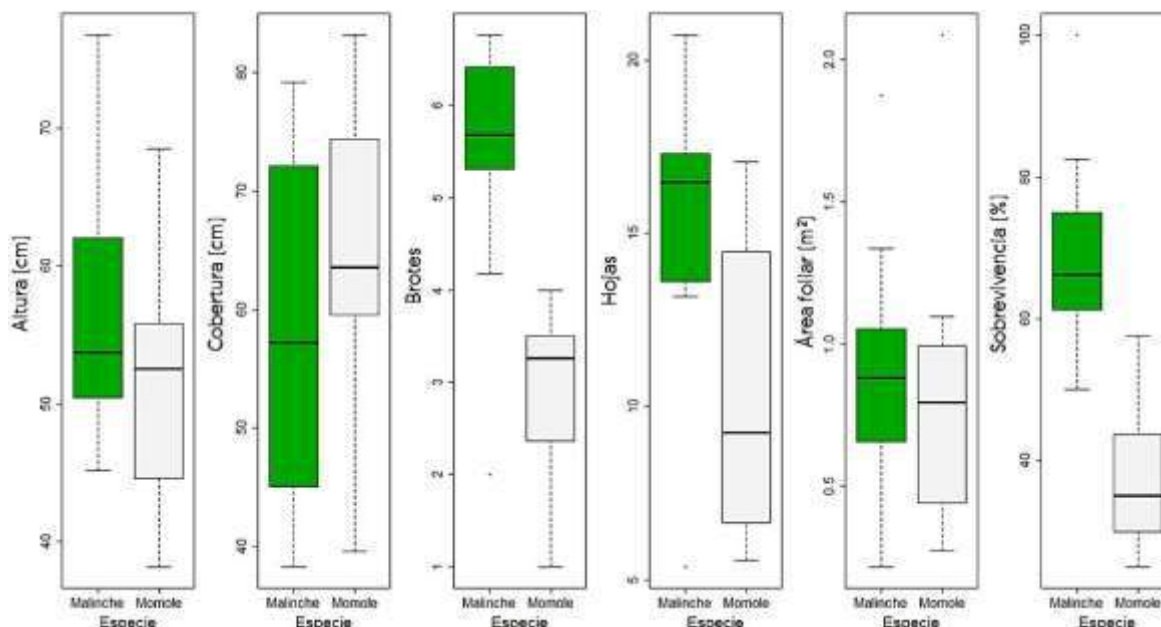


Figura 3.- Distribución cuantitativa de datos de las variables evaluadas en dos especies de barreras vivas.

CONCLUSIONES

- 1.- En términos generales, la especie de malinche fue sobresaliente en el porcentaje de supervivencia, número de brotes emitidos y número de hojas de desarrolladas.
- 2.- La alta emisión de brotes en malinche es importante para el cierre y sellado de las barreras vivas y una posible mayor retención de sedimentos.
- 3.- De acuerdo a los resultados del presente trabajo se recomienda el empleo de la especie *Calathea lutea* (malinche) en sistemas agroforestales que estén ubicados con algún grado de pendiente y requieran del control de la pérdida de suelo.

AGRADECIMIENTO

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por el financiamiento del proyecto titulado “Evaluación de la producción y rentabilidad financiera de un sistema agroforestal de *Coffea arabica* L. - *Musa* sp. con barreras vivas en la región de Zongolica, Veracruz”. Al productor cooperante Sr. Félix Tepole Pérez.

LITERATURA CITADA

- Cubero, D. (1999). Las barreras vivas y su aplicación en la agricultura conservacionista. Obtenido de [http://www. mag. go. cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_003.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_003.pdf).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Zongolica, Veracruz de Ignacio de la Llave. 9 p.
- Moreno, L. M., & Castillo, J. C. (2008). Estudio del comportamiento de las especies de pastos, alfalfa (*Medicago sativa* L.), King grass (*Pennisetum* Sp) y brasilero (*Phalaris* Spp) para ser usadas como barreras vivas en sistemas agroforestales de la zona andina del departamento de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 25(1 y 2), 114-129.
- Pérez, N J., Valdés, V. E. y Ordaz, C. V. M. (2012). Cobertura vegetal y erosión del suelo en sistemas agroforestales de café bajo sombra. *Terra Latinoamericana*, 30(3), 249-259.
- Rasband, WS, ImageJ, Institutos Nacionales de Salud de EE. UU., Bethesda, Maryland, EE. UU., 1997-2018.

CULTIVO DE DOS VARIEDADES DE PAPAYA EN EL TECN- ROQUE EN INVERNADERO (AVANCE PRELIMINAR)

Camilo Velázquez Castro¹, Francisco Chablé Moreno², Estéfana Alvarado Bárcenas², Jesús Frías Pizano², Davino Pérez Mendoza², Guadalupe García Rodríguez²

¹Estudiante de la carrera de Hidrológicas TecNM-Roque, ²Docentes del TecNM-Roque, carretera, Juventino Rosas – Celaya Km.8, 38110, Celaya, Guanajuato. *Autor de correspondencia: ing.castroca@gmail.com

RESUMEN

El objetivo consistió en determinar el efecto de fertilización química, orgánica en dos variedades de papaya. Este cultivo es de importancia en el país, mejora la nutrición de la población y contribuye al desarrollo de las comunidades locales. Es una fruta con alto contenido en vitaminas y minerales. Entre los principales problemas en el cultivo son los factores biótico y abiótico, que repercuten en el vigor, la sanidad, el rendimiento y apariencia del fruto. Las fertilizaciones empleadas en producto comercial son 430 kg, (N) 300 kg (P) y 350 kg de (K) todos por ha; los micronutrientes se recomiendan aplicar en forma foliar. El trabajo se desarrolló en el invernadero del TecNM-Roque, ubicado en el km 8 carret. Celaya-JR, Guanajuato. Se estableció dos variedades de papaya: maradol y mamey los tratamientos fueron: 1) Fertilización orgánica, 2) Lixiviado de lombriz, 3) lixiviado de lombriz, 4) fertilización química 430-280-350, 5) Fertilización química y lixiviado. Se trasplantó dos variedades de papaya a una distancia de 2.0 m entre plantas y 2.5 metros entre hileras, el diseño experimental fue completamente al azar con 5 tratamientos y las variables evaluadas fueron: Altura de planta, Diámetro de tallo, Número de flores, Número de frutos, Diámetro de fruto, Longitud de fruto amarrado. Se realizó un ANAVA con el paquete estadístico SAS y prueba de comparación de medias (Duncan α 0.05). Los resultados del ANAVA de papaya en el ciclo de 2023 no mostraron diferencias estadísticas. Los resultados más sobresalientes fueron: La variedad mamey presenta mayor altura que la maradol, la floración y producción de

fruta es intensa en la variedad mamey. La variedad maradol muestra sensibilidad a baja temperaturas y micronutrientes.

Palabras clave: *Fertilización, Sistema de riego, Maradol, Mamey, Lixiviado, Humus.*

ABSTRACT

The objective was to determine the effect of chemical and organic fertilization on two varieties of papaya. This crop is important in the country, it improves the nutrition of the population and contributes to the development of local communities. It is a fruit with a high content of vitamins and minerals. Among the main problems in cultivation are biotic and abiotic factors, which impact the vigor, health, yield and appearance of the fruit. The fertilizations used in the commercial product are 430 kg, (N) 300 kg (P) and 350 kg of (K) all per ha; Micronutrients are recommended to be applied foliarly. The work was carried out in the TecNM-Roque greenhouse, located at km 8 carret. Celaya-JR, Guanajuato. Two varieties of papaya were established: maradol and mamey. The treatments were: 1) Organic fertilization, 2) Worm leachate, 3) Worm leachate, 4) chemical fertilization 430-280-350, 5) Chemical fertilization and leachate. Two papaya varieties were transplanted at a distance of 2.0 m between plants and 2.5 meters between rows. The experimental design was completely randomized with 5 treatments and the variables evaluated were: Plant height, Stem diameter, Number of flowers, Number of fruits, Fruit diameter, Length of tied fruit. An ANAVA was performed with the SAS statistical package and means comparison test (Duncan α 0.05). The results of the papaya ANAVA in the 2023 cycle did not show statistical differences. The most outstanding results were: The mamey variety has greater height than the maradol, flowering and fruit production is intense in the mamey variety. The maradol variety shows sensitivity to low temperatures and micronutrients.

Keywords: *Fertilization, Irrigation system, Maradol, Mamey, Leachate, Humus.*

INTRODUCCION

La papaya es la tercera fruta tropical más consumida en el mundo, de las más importantes económicamente. México ocupa el cuarto lugar como productor mundial con 1,034,532 t, del cual el 12.13% se exporta a EEUU de Norteamérica (Martin-Mex *et al.*, 2018, SIAP, 2018). La principal variedad de papaya que se cultivan en México es la Maradol. Los estados productores más importantes son Oaxaca, Colima, Chiapas, Veracruz, Michoacán y Guerrero, mismos que aportan el 79% del volumen total (SIAP, 2014, SIAP, 2018). Recientemente se han sumado a la producción de este frutal Puebla y México (SAGARPA, 2013; INIFAP, 2013; ProPapaya, 2014). La variedad maradol es una de las variedades más comerciales (Muñozcano, 2011) y la variedad Mamey en particular por su alta calidad tiene mercado demandante (Aguilar *et al.*, 2019), este cultivo es un componente esencial de la agricultura moderna, su cultivo en invernaderos es una estrategia clave para optimizar su crecimiento y calidad.

El empleo de fertilizantes es esencial para incrementar los rendimientos en los cultivos (Álvarez-Hernández *et al.*, 2011); pero el uso indiscriminado ha provocado serios problemas de contaminación (Quiñones *et al.*, 2012), por lo que se ha optado en alternativas, como son los productos de origen orgánico o inoculantes biológicos. Aunque se han realizado investigaciones de fertilización en el país, la información en Guanajuato es nula en el uso de N, P, K al cultivo del papayo. Con relación a N Reddy *et al.* (1990) reportan que adelanta la floración e incrementa la producción de frutos, mencionan que 250 g por planta al año de nitrógeno es la dosis óptima para tener una producción de 56.640 t por ha en un periodo de 12 meses; por otra parte Werner (1992) en un rango de 50 a 150 kg ha⁻¹ de N, incrementó en forma lineal en la producción en papaya. En estudios de Purohit (1977) en un suelo limo arenoso encontró que 191 y 382 kg ha⁻¹ de P₂O₃ aumentaron significativamente la producción en comparación con las plantas testigo. Los micronutrientes se sugieren en las siguientes cantidades: Fe de 2 a 10 kg; Mn de 4 a 6 Kg; Zinc, de 4 a 12 kg; Cu de 0.5 a 4 kg; Bo de 1 kg a 3.5 kg; Mo hasta 0.5 kg las cantidades por ha. Tanto la cantidad y fuente de fertilizante depende del cultivo, clima, factores económicos y de las practicas agronómicas Thompson y Troeh, (1980).

De la misma forma se ha determinado que la materia orgánica (compostas, lombricompostas, lixiviados), aportan al suelo beneficios que incrementa la producción de papaya, y producir frutos de alto beneficio al consumidor (Rodríguez *et al.*, 2011). Acevedo y Pire (2004) al utilizar lombricomposta estimuló el crecimiento de las plantas de papaya (Maruchi *et al.*, 2008) al usar fertilización química en mezcla con citricomposta en papaya Maradol, alcanzaron una altura de 191.2 cm, diámetro de tallo de 10.2 cm, y con 40.6 frutos por plantas en la Ciudad de La Habana, Cuba. El cultivo de la papaya en la región del Bajío en invernadero representa una alternativa donde se pueden controlar la temperatura, la humedad y la luz e influir en la calidad del fruto. El objetivo de esta investigación es determinar, dosis de fertilización y adaptación de dos variedades de papaya en condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se desarrolló en el TecNM/Instituto Tecnológico de Roque, el cual se ubica en el km 8 carret. Celaya-JR, Guanajuato, con ubicación geográfica de las coordenadas 20°32'13" N 100° 49'45" W, a una altura promedio de 1765 msnm con temperatura media anual de 18°C y precipitación media anual de 600 a 900 mm, la parte Central de Guanajuato donde se ubica Celaya y esta se caracteriza por corresponder a suelos de tipo vertisol, con altos contenidos de arcilla y a la zona de más baja altitud del estado de Guanajuato FAO-UNESCO (INEGI, 1991).

La semilla de la variedad Maradol fue adquirida en Home Depot (HortaFlor), mientras que la variedad mamey de fruta seleccionada en la central de abastos de Celaya, la fruta se realizó un corte longitudinal y se extrajeron las semillas, se lavó con agua corriente y con detergente biológico Salvo® dejando en reposo 5 min, se extrajeron las semillas y se colocó al medio ambiente (24 h). Posteriormente las semillas se impregnaron en una solución fungicida de Metacaptan luable (Metaxicloro+Captan), se realizó la siembra en charolas de unicel de 98 cavidades. La siembra se estableció el 26 de febrero de 2023, la emergencia de la semilla se llevó a cabo de 18 – 20 días de (21 de marzo – 26 de marzo). A los 40 días de emergencia se transfirió a vasos de unicel (1 L), donde se mantuvo hasta 15-20 cm y posteriormente a bolsas negras (3 kg) hasta los 30 a 40 cm de altura,

posteriormente se realizó el trasplante algunas con 6-10 hojas, para el trasplante se realizó cajetes de 40 cm de largo, ancho y profundidad.

El riego aplicado en las charolas de germinación fue con una regadera manual todos los días, posteriormente a los 20 días de emergencia se aplicó 3-5 L durante riego por charola, a los 60 días de emergencia se aplicó 3-5 L por bolsa/planta cada tres días, hasta el trasplante, a los 150 días, en el trasplante se estableció el riego por goteo al suelo con 8 L por planta cada tres días, el establecimiento del sistema de goteo con un caudal de 90 L/h por gotero por un tiempo determinado de 20 min (30 L/pp), el suministro hídrico se aumentó de acuerdo al tamaño de la planta, la reinstalación del sistema de riego por micro aspersión con un caudal de 160 L/h.

Los tratamientos evaluados fueron: 1) Fertilización orgánica (el humus lombriz 25 kg por planta), 2) Lixiviado de lombriz al 10%, 3) lixiviado de lombriz al 20%, 4) fertilización química 430-280-350, 5) Fertilización química y lixiviado al 20%. El control de plagas pulgón y araña roja se ha realizado con Cymbush ($\pm$)-Alfa-Ciano-3-fenoxibencil ($\pm$)-cis, trans-3-(2,2-diclorovinil)-2,2- dimetil ciclopropanocarboxilato) y Malathion (Dietil (dimetoxifosfinotioil) succinato) en dosis de 0.7 ml y 1.5 ml por L de agua, se fumigó cuando se presentaba los insectos. El diseño experimental fue completamente al azar con cinco tratamientos y 7 plantas por cada tratamiento, dando un total de 35 unidades experimentales; las variables evaluadas fueron: Altura de planta, Diámetro de tallo, Número de flores, Número de frutos, diámetro de fruto, Longitud de fruto amarrado. El análisis estadístico fue mediante un ANAVA con el paquete estadístico SAS (v 9.1) para Windows y los tratamientos que arrojaron diferencias estadísticas se aplicó una prueba de comparación de medias Duncan (α 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del ANAVA de las plantas de papaya establecidas en el ciclo (V-O, 2023), no presentaron diferencias estadísticas, con excepción del Número de flores, este evento fisiológico probablemente se debe a que debido que el cultivo anterior se cultivó tomate saladette que presentaba deficiencia nutrimental en el sustrato,

(ca, mg). Por taponeo de goteros y mal suministro de nutrientes y que esté afectando la cantidad y la caída de las flores. La toma de datos iniciales se esperaba este evento, los siguientes muestreos deben de presentar el efecto de los tratamientos.

La comparación de medias al igual que el análisis de varianza no se ha detectado el efecto de los tratamientos, será en forma posterior de los muestreos donde se espera obtener los efectos de los tratamientos en evaluación.

Cuadro 1. Prueba de comparación de medias de plantas de papaya en el ciclo (V-O, 2023) establecida en el TecNM-Roque.

Trat	AltPI	DiaTa	NoFru	NoFlo	DiaFru	LongFruAm
4	132.28 a	7.38 a	5.14 a	13.42 b	1.57 a	3.57 a
1	124.85 a	6.98 a	5.57 a	12.85 b	1.70 a	3.64 a
5	121.14 a	6.72 a	5.42 a	11.85 b	1.45 a	3.74 a
3	127.71 a	6.54 a	4.85 a	11.00 b	1.57 a	3.40 a
2	124.57 a	6.40 a	4.28 a	17.42 a	1.28 a	3.32 a

Los valores en la misma columna con las mismas letras, son estadísticamente iguales, DiaTa = Diámetro de tallo (cm), AltPI = Altura de planta (cm), NoFru = Número de frutos (promedio), NoFlo = Número de flores (promedio), DiaFru= Diámetro de frutos (cm), LongFru= Longitud de frutos (cm).

El análisis de varianza de dos variedades de plantas de papaya evaluadas en el invernadero en el 2º y 3er muestreo del TecNM al 10 de octubre del 2023, y 25 de octubre del 2023, no presentan diferencias significativas ($P \geq 0.05$). La comparación de medias (Duncan α 0.05) no se ha detectado el efecto de los tratamientos, será en forma posterior de los muestreos donde se oiespera obtener los efectos de los tratamientos en evaluación. En el cuadro 2 Solo para observar el desarrollo de la fruta, dada las condiciones y adaptación de ambas variedades de plantas de papaya en la región del Bajío.

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias de plantas de papaya en el ciclo (V-O, 2023) establecida en el TecNM-Roque.

Trat	AltPI	DiáTa	NoFru	NoFlo	DiáFru	LongFruAm
4	132.29 a	7.38 a	7.42 a	14.00 a	1.38 a	2.98 a

1	123 aba	6.98 b a	5.28 a	12.42 a	1.21 a	2.40 a
5	118.29 ab	6.54 b a	6.00 a	12.00 a	1.24 a	3.10 a
2	101.24 b	6.40 b a	6.00 a	16.42 a	0.97 a	2.57 a
3	121.14 ab	6.05 b	6.42 a	17.42 a	1.24 a	2.64 a

Los valores en la misma columna con las mismas letras, son estadísticamente iguales, DiaTa = Diámetro de tallo (cm), AltPI = Altura de planta (cm), NoFru = Número de frutos (promedio), NoFlo = Número de flores (promedio), DiaFru= Diámetro de frutos (cm), LongFru= Longitud de frutos (cm).

La comparación de medias (Duncan α 0.05) no se ha detectado el efecto de los tratamientos, será en forma posterior de los muestreos donde se espera obtener los efectos de los tratamientos en evaluación (Cuadro 3).

Cuadro 3. Prueba de comparación de medias de plantas de papaya en el ciclo (V-O, 2023) establecida en el TecNM-Roque.

Trat	AltPI	DiáTa	NoFru	NoFlo	DiáFru	LongFruAm
4	151.00 a	9.25 a	13.42 a	15.71b a	3.30 a	7.5 a
1	139.29 a	8.65 ab	10.14 a	15.71 b a	3.07 a	6.48 a
2	137.14 a	8.05 ab	13.85 a	18.57 b a	2.74 a	7.27 a
3	133.00 a	7.72 b	10.42a	15.42 b a	3.47 a	7.47 a
5	131.86 a	7.68 b	14.28- a	14 b	3.25 a	2.64 a

Los valores en la misma columna con las mismas letras, son estadísticamente iguales, DiaTa = Diámetro de tallo (cm), AltPI = Altura de planta (cm), NoFru = Número de frutos (promedio), NoFlo = Número de flores (promedio), DiaFru= Diámetro de frutos (cm), LongFru= Longitud de frutos (cm).

En estudios realizados por (Aguilar *et al.*, 2019) de altura planta y diámetro de tallo no obtuvo diferencias estadísticas para ninguna de las dos variedades evaluadas, en esta investigación los resultados son coincidentes dado que los tratamientos aplicados de fertilización química y orgánica se aplicó a los 100 ddt; sin embargo, la altura de la planta de la variedad mamey en este estudio ya alcanzó 170 cm a los 150 ddt, debido a su desarrollo vigoroso puede ser posible que supere la altura de planta del autor señalado (Aguilar Carpio *et al.*, 2019). La variedad maradol presenta una menor altura comparada con la variedad mamey. En la investigación realizada por (Aguilar *et al.*, 2019) en cuanto a diámetro de fruto, se tuvo coincidencia en los resultados, dado en esta investigación la variedad Mamey obtuvo mejor desarrollo

que la variedad Maradol, obteniendo la mayor longitud y el mayor diámetro de fruto en papaya variedad mamey (Aguilar *et al.*, 2019).

Existe poca información de fertilización en papaya mamey y maradol, Hernández *et al.* (2011) señala que la etapa de crecimiento demanda N y posteriormente P y K (aunque los microelementos son esenciales en este frutal), se ha observado a la variedad mamey más vigorosa comparada con la maradol; en la producción de fruto se ha observado a la variedad maradol que es afectada por el descenso de la temperatura (9-12°C), reduciendo la cantidad de fruto.

CONCLUSIONES

La variedad mamey está presentando mayor desarrollo en comparación a la variedad maradol.

El crecimiento entre nudos y la floración es más intensa en la variedad mamey.

Se ha observado la sensibilidad de la variedad maradol a efectos nutrimentales

El número de frutos y desarrollo de frutos es más pronunciado en la variedad mamey.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento al Instituto Tecnológico Nacional de México, sede Instituto Tecnológico de Roque, por brindarme el espacio y las instalaciones para llevar a cabo esta investigación.

Quiero agradecer especialmente a los docentes Francisco Chablé Moreno, Estéfana Alvarado Bárcenas, Jesús Frías Pizano, Davino Pérez Mendoza y Guadalupe García Rodríguez por su invaluable apoyo, sus enseñanzas y consejos durante el desarrollo de este trabajo. Su guía y experiencia han sido fundamentales para alcanzar los avances presentados en este estudio preliminar.

A cada uno de ustedes, mi más profundo agradecimiento por su dedicación y confianza en este proyecto.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Hernández, J. C. y Munro-Olmos, D. 2011. Relación entre el contenido de nitrógeno en peciolo y producción de frutos de papaya. *Revista Bio Ciencias*. 1(3):18-26.
- Aguilar, C., C.; Alcántara, J., J.A.; Leyva, B., S.; Ayvar, S., S.; Díaz, V., G.E. (2019). Rendimiento y rentabilidad de genotipos de papaya en función de la fertilización química, orgánica y biológica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10 (3): 575-584.
- Bueno-Jaquez, J.E.; Alonso-Pérez, A.; Volke-Haller, V.; Gallardo-López, F.; Ojeda-Ramírez, M.M. y Mosqueda-Vazquez, R. (2004). Respuesta del papayo a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en un luvisol. *Terra Latinoamericana*, 23: 409-415.
- Hernández, C. A; Lugo, A, A., Ovando, C, M.E. (2011). Manual del paquete tecnológico de altos rendimientos en el cultivo de la papaya maradol para el estado de Morelos. Folleto para productores No. 57. 47 p.
- Maruchi, A., E.; Tornet, Q., Y.; Ramos, R., R.; Farrés, A. E.; Aranguren, G., M. y Rodríguez, M. D. (2008). Caracterización y evaluación de dos híbridos de papaya en Cuba. *Agric. Téc. Méx.* 34(3):333-339.
- Martin-Mex, R.; Nexticapan-Garcéz A.; Herrera-Tuz, R.; Vergara-Yoisura, S. y Larqué-Saavedra, A. 2018. Efecto positivo de aplicaciones de ácido salicílico en la productividad de papaya (Carga papaya). *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(8):1637-1643.
- Muñozcano, R. M. 2011. Producción de plántulas y establecimiento de nueva variedad de papaya. Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa, AC. Fundación Produce Sinaloa A. C. Sinaloa. México. 6 p.
- Rodríguez, M., A.; Rodríguez, N., A.; Dibut, Á., B.; Arozarena, D., N.; Lino, A.; Aile, de la C. V.; Rodríguez, M., A.; Martínez, A.; Montero, L.; García, M., X. y Rodríguez, J. 2011. Manejo agroecológico de la nutrición de papaya “Maradol roja” en plantaciones de ciclo corto. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical. Habana, Cuba. 10 p.
- SIAP. (2018). Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. SAGARPA. México. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar-comanuar.html>.

- Quiñones, A., E. E.; Hernández, A., E.; Rincón, E., G. y Ferrera, C., R. (2012). Interacción de hongos micorrízicos arbusculares y fertilización fosfatada en papaya. *Terra Latinoam.* 30(2):165-176.
- Quiñones, A., E. E.; López, P., L.; Hernández, A., E.; Ferrera, C., R. y Rincón, E., G. 2014. Simbiosis micorrízica arbuscular y fuentes de materia orgánica en el crecimiento de *Carica papaya* L. *Interciencia.* 39(3):198-204.

DENSIDAD DE POBLACION Y PRODUCCION DE NOPAL FORRAJERO (*Opuntia ficus-indica*) VARIEDAD COPENA-1 EN CONDICIONES DE TEMPORAL

J. Encarnación García-Portuguez¹; Saturnino Duarte Ramos¹

¹CENTRO DE BACHILLERATO TECNOLÓGICO agropecuario. No. 105. La Estrella. Pénjamo.

Gto. Méx. E-mail: carneshon@hotmail.com

RESUMEN

El nopal forrajero se puede establecer y desarrollar en zonas áridas, semiáridas y con riegos ocasionales, pues tiene la capacidad fisiológica de ser tolerante al estrés hídrico, la baja fertilidad de los suelos y a las altas y bajas temperaturas. Con el propósito de evaluar el establecimiento y producción de forraje verde de nopal forrajero (*Opuntia ficus-indica*) Variedad COPENA-1 en condiciones de temporal, se realizó esta investigación científica utilizando un diseño experimental bloques al azar (BA) con cuatro tratamientos, caracterizados como: T-0. Densidad de población de 25,000 cladodios/ha; T-1. Densidad de población de 20,000 cladodios/ha; T-2. Densidad de población de 16,600 cladodios/ha y T-3. Densidad de población de 13,300 cladodios/ha. Cada uno de los tratamientos se sometió a cuatro repeticiones, siendo la unidad experimental cada una de las 16 parcela experimentales con cinco surcos de 0.8 m de ancho y 5 m de largo. El establecimiento de 98% del cultivo fue bueno en todos los tratamientos experimentales. El establecimiento, producción y factibilidad técnica del cultivo de nopal forrajero variedad COPENA-1 es posible, pues al utilizar la densidad de población 25,000 plantas se obtiene un buen establecimiento del cultivo y mayor producción de forraje verde (pencas) por planta y por unidad de superficie.

Palabras clave: Establecimiento-nopal forrajero-temporal.

ABSTRACT

The forage cactus can be established and developed in arid, semi-arid areas and with occasional irrigation, as it has the physiological capacity to be tolerant to water

stress, low soil fertility and high and low temperatures. In order to evaluate the establishment and production of green forage of forage cactus (*Opuntia ficus-indica*) COPENA-1 variety under rainfed conditions, this scientific research was carried out using an experimental design randomized blocks (BA) with four treatments, characterized as: T-0. Population density of 25,000 cladodes/ha; T-1. Population density of 20,000 cladodes/ha; T-2. Population density of 16,600 cladodes/ha and T-3. Population density of 13,300 cladodes/ha. Each of the treatments was subjected to four replications, with the experimental unit being each of the 16 experimental plots with five furrows of 0.8 m wide and 5 m long. The establishment of 98% of the culture was good in all experimental treatments. The establishment, production and technical feasibility of the cultivation of the forage cactus of the COPENA-1 variety is possible, because by using the population density of 25,000 plants, a good establishment of the crop and greater production of green fodder (stalks) per plant and per unit of area is obtained.

Keywords: *Establishment-forage cactus-conditions rainfed.*

INTRODUCCION

Las sequías recientes en el Norte y Centro de la República Mexicana, han dado como resultado la muerte de miles de cabezas de ganado y la necesidad de utilizar cultivos forrajeros adaptados a este tipo de condiciones naturales como la *Opuntia* se hace urgente. El uso de *Opuntia* como fuente de forraje para ganado vacuno, ovino o caprino es una tradición antigua en México y la cosecha de cladodios varía desde el consumo directo por el animal en el campo hasta varios tipos de cosecha practicadas por los rancheros (López, *et al.*, 2003), sin embargo y considerando que el nopal ha sido una de las plantas forrajeras más estudiadas por diversas disciplinas, poco se sabe científicamente sobre el uso del nopal como forraje. Actualmente y a pesar de la importancia que tiene el nopal como forraje para el ganado se estima que la producción intensiva permanece estancada desde hace 10 años, considerando que posiblemente la gran cantidad de nopal silvestre que se tiene sea la causa del porque los productores no tengan la cultura de la producción de nopal forrajero. El nopal forrajero se puede establecer y desarrollar en zonas

áridas, semiáridas y con riegos ocasionales, pues tiene la capacidad fisiológica de ser tolerante al estrés hídrico, la baja fertilidad de los suelos y a las altas y bajas temperaturas (Lozano, 2011). La densidad de siembra es una de las prácticas agrícolas más recomendadas para lograr un incremento en la productividad de los cultivos y en forma general, los resultados obtenidos para establecer el cultivo de nopal forrajero indican que al disminuir la densidad de población el rendimiento de forraje por planta es mayor, pero al aumentar la densidad se obtiene mayor cantidad de forraje por unidad de superficie (Santos, *et al.*, 2006). El objetivo de este trabajo fue evaluar el establecimiento y factibilidad técnica de la producción de forraje verde del nopal forrajero (*Opuntia ficus-indica*) Variedad COPENA-1 en condiciones de temporal.

MATERIALES Y METODOS

Para desarrollar este estudio sobre nopal forrajero variedad COPENA-1 en el CENTRO DE BACHILLERATO TECNOLÓGICO agropecuario. No. 105 ubicado en la comunidad de La Estrella. Pénjamo. Guanajuato. México., se utilizó un diseño experimental en bloques al azar (BA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, caracterizados como: T-0. Densidad de población de 25,000 cladodios/ha; T-1: 20,000 cladodios/ha; T-2: 16,600 cladodios/ha y T-3: 13,300 cladodios/ha. Se considero como unidad experimental a cada una de las 16 parcelas experimentales de 5 m de ancho y 6 m de largo, con 5 surcos de 0.8 m de ancho y 6 m de largo. Las parcelas experimentales se establecieron en camas elevadas de 30 cm de altura, 20 m de ancho y 6 m de largo, construyendo callejones entre camas de 3 m de ancho para evitar inundaciones del cultivo en temporada de lluvias pues se tiene un tipo de suelo Vertisol con mucha arcilla y dificultades de drenaje con el propósito de facilitar el tránsito de un remolque y para sacar el forraje. El trasplante se realizó de forma manual utilizando una pala, depositando un cladodio madre a una profundidad de 25 cm y la distancia entre cladodios indicada para cada uno de los diferentes tratamientos experimentales. Se aplicaron cinco riegos de auxilio para favorecer el enraizamiento de los cladodios, pues se tuvo un periodo prolongado de ausencia de lluvias y se fertilizó con estiércol de vacuno a razón de 1 Kg/cladodio.

El desarrollo morfológico de los nopales hijos se identificó como: retoños (5 cm de longitud), nopalitos (nopales con longitud de 5 y hasta 20 cm), raquetas tiernas (nopales con longitud de 20-25 cm) y pencas (longitud mayor de 25 cm, de color verde olivo y consistencia fibrosa). Utilizando una bitácora de campo con formatos específicos se anotaron las actividades diarias relacionadas con el ciclo del cultivo y de la cosecha. Los datos de cada una de las variables de respuesta fueron registrados en hojas de cálculo (Excel) y posteriormente fueron organizadas y sometidas al análisis de varianza y comparación de medias de la Prueba de Tukey (SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSION

El establecimiento del cultivo de nopal forrajero fue adecuado, considerando la densidad de población promedio de 18,725 cladodios/ha en todos los tratamientos experimentales, la variedad, el tipo de cladodio, la distancia entre cladodios y el método de trasplante, control de malezas, fertilización, ocurrencia de plagas y enfermedades, y los recursos materiales y naturales de los productores y de la región. Figura 1. En cuanto al crecimiento y desarrollo de los cladodios madre trasplantados, los primeros retoños aparecieron a los 24 días después del trasplante en todos los tratamientos experimentales. El número de retoños, nopalitos, raquetas tiernas y pencas fue registrado durante las actividades agronómicas y realización de la primera poda de formación en la cual se seleccionaron de 2 a 3 raquetas tiernas por cladodio madre para formar el segundo nivel. Cuando se realizó la primera poda de formación se encontró en T0 mayor número de retoños, nopalitos y raquetas tiernas comparados con T1, T2 y T3 ($P < 0.05$). La cantidad promedio de producción en raquetas tiernas correspondiente a la primera poda de formación y para la integración del segundo nivel fue aproximadamente de 1,900 piezas.



Figura 1. Establecimiento y producción del cultivo de nopal forrajero (*Opuntia ficus-indica*) Variedad COPENA-1 en condiciones de temporal. La Estrella. Pénjamo. Gto.

A los seis meses de establecimiento del nopal forrajero, la densidad de población no afectó el desarrollo morfológico del primer nivel de pencas de los cladodios madre y el número de pencas brotadas de estos últimos para formar el primer nivel fluctuó entre 2-2.5, y no se encontró diferencia entre tratamientos siendo similar el tamaño de las pencas. Figura 2.

El registro de datos de campo realizado en el segundo nivel de cladodios madre y a los 180 días (6 meses) durante la primera cosecha indicó menor número de retoños, nopalitos, raquetas tiernas y mayor producción de forraje verde de pencas en los tratamientos experimentales con mayor densidad de población de nopal forrajero (T0) ($P < 0.05$). Cuadro 1.



Figura 2. Desarrollo morfológico del cultivo de nopal forrajero (*Opuntia ficus-indica*) Variedad COPENA-1 en condiciones de temporal. La Estrella. Pénjamo. Gto.

Cuadro 1. Nopales hijos en diferentes estados morfológicos, densidad de población y producción de forraje verde de nopal forrajero (*Opuntia ficus-indica*) Variedad COPENA-1 en condiciones de temporal. Primera cosecha a seis meses de establecido el cultivo. La Estrella. Pénjamo. Guanajuato.

Tratamientos.	Variables de respuesta. ¹					
	Nopales hijos en diferentes estados morfológico. (Piezas/Tratamiento).				Densidad de	Producción de
					de población.	verde. (Pencas).
	Retoño.	Nopalito.	Raqueta	Penca.	(Cladodios//ha).	(Ton/ha).
			tierna.			
T0	30a	34b	9c	51a	25,000	5.82a
T1	2b	11c	31b	23b	20,000	2.67b
T2	21b	126a	29b	21b	16,600	2.36b
T3	8b	35b	34a	31b	13,300	3.11b

¹Valores de medias con distinta letra dentro de columnas son diferentes estadísticamente. (P<0.05).

Estos resultados indican mayor producción de forraje verde por planta y por unidad de superficie al aplicar la densidad de siembra de 25,000/ha, lo cual no está de acuerdo con los reportados por Santos, *et al.*, (2006) y Reveles-Hernández y Flores-Ortíz (2009) en los cuales se afirma que la densidad de siembra es una de las

prácticas agrícolas recomendables para lograr incremento en la productividad de los cultivos y que en forma general, los resultados obtenidos en el establecimiento del cultivo de nopal forrajero indican que al aumentar la densidad de población el rendimiento de forraje verde por unidad de superficie es mayor, pero es menor la producción por planta. No obstante, estos resultados ratifican los trabajos publicados por Farías, *et al.*, (2000) y Santos, *et al.*, 2006) en los cuales se afirma que las densidades de población en plantaciones de nopal establecidas en terrenos agrícolas con mejores condiciones de suelo y humedad disponible pueden ser más altas, debido a que con ello se incrementa el rendimiento de forraje seco.

En el presente experimento el rendimiento por planta fue mayor cuando las plantas estuvieron más distanciadas, aunque el mayor número de plantas con menores distancias entre plantas tuvo como efecto mayor producción de forraje por unidad de superficie. Figura 3.



Figura 3. Incremento en la producción de forraje verde de nopal forraje por unidad de superficie con mayores densidades de población. La Estrella, Pénjamo. Gto.

CONCLUSIONES

El establecimiento, producción y factibilidad técnica del cultivo de nopal forrajero variedad COPENA-1 es posible, pues al utilizar la densidad de población 25,000

plantas se obtiene buen establecimiento del cultivo y mayor producción de forraje verde (pencas) por planta y por unidad de superficie.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar (DGETAyCM) y a la Coordinación Sectorial de Fortalecimiento Académico (CoSFAC) por el apoyo en financiamiento otorgado a través del Programa de Innovación e Investigación Tecnológica y Educativa.

LITARATURA CITADA

Farias, I, M. a, Lira, and Dos Santos D. C. (2000). Harvest managing and plant spacing of spineless fodder cactus, under grain sorghum intercropping at the semi-arid region of Pernambuco State, Brazil. *Pesq. agropec. Bras.*, feb. 2000.35 (2): 341-347.

López, G. J. J., Fuentes, R., J. M. y Rodríguez. G, A. (2003). Producción y uso de Opuntia como forraje en el Centro-Norte de México. Red Internacional de Cooperación Técnica del nopal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (FAO). Roma. Italia. Disponible en: <http://www.fao.org/3/y2808s/y2808s08.htm> Consultado: 29 Enero 2021.

Lozano, L. (2011). Cactus pear ecophysiology. *Horticultura Argentina*. 30:37-52.

Reveles-Hernández, M. y Flores-Ortiz., M. A. (2009). El manejo del nopal forrajero en la producción del ganado bovino. *Memorias. VIII. Simposium-Taller Nacional y 1º. Internacional. Producción y Aprovechamiento del nopal.* Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León. Monterrey. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/228678298/Memorias-Produccion-y-Aprovechamiento-Del-Nopal> Consultado: 8 Febrero 2021.

Santos, M. V. F., Dubeux Jr., J. C. B., Melo, J. N., Dos Santos, D. C., Farias, I. and Lira, M. A. (2006). Fertilization and plant population density effects on the productivity of Opuntia ficus-indica in northeast Brazil. *Acta Hort.* 728:189-192

Disponible en: http://www.actahort.org/books/728/728_26.htm Consultado:
28 Enero 2021.

Sas. (2002). SAS. Guide. Statistical Analysis System. Version 9.0 for Windows.
Institute Inc. Cary, N. C. USA.

DESARROLLO DE UN ELISA INDIRECTO BASADO EN LA PROTEÍNA RECOMBINANTE NP DEL *Orthorubulavirus suis*

José Luis Cerriteño-Sánchez^{1*}, Julieta Sandra Cuevas-Romero¹, Rocío Lara Romeo^{1,2}.

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP. Carretera México-Toluca, KM 15.5, Palo Alto. CDMX, México.²Posgrado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal, UNAM. Av. Universidad 3004, Copilco Universidad, Coyoacán, 04510 Ciudad de México, CDMX. *Autor para correspondencia: josluiscerr@gmail.com.

RESUMEN

El *Orthorubulavirus suis* (LPMV) es el agente etiológico de la enfermedad del ojo azul (EOA) que afecta a cerdos de todas las edades. Ha sido endémico en el centro de México desde la década de 1980 y hasta la fecha no existe un programa de control de la enfermedad. Por lo tanto, existe la necesidad de establecer un método de diagnóstico serológico con alta sensibilidad y especificidad para la detección de LPMV en la población porcina del país. La proteína recombinante NP de LPMV se produjo en el sistema *E. coli* BL21 utilizando IPTG como inductor y luego se purificó por cromatografía de afinidad. La proteína purificada se utilizó para antigenar placas Nunc MaxiSorp para el ensayo ELISA indirecto (iELISA). Los sueros de cerdo se utilizaron a una dilución de 1:200, como anticuerpo secundario anti-IgG conjugado con peroxidasa a 1:17,500 y fue revelando con el sustrato cromogénico TMB. Para determinar la sensibilidad y especificidad de la prueba se realizó una tabla de contingencia 2x2 utilizando los sueros porcinos de referencia positivos y negativos. Se utilizaron sueros de cerdos infectados experimentalmente como control positivo y sueros de cerdos como controles negativos. A partir de estos sueros se determinó el punto de corte que fue del 25% en porcentaje de positividad y se obtuvo una especificidad y sensibilidad del 100%.

Palabras clave: proteína recombinante, ELISA, *Orthorubulavirus*, cerdos.

ABSTRACT

Orthorubulavirus suis (LPMV) is the etiologic agent of blue eye disease (BED) affecting pigs of all ages. It has been endemic in central Mexico since the 1980s and there is no disease control program to date. Therefore, there is a need to establish a serological diagnostic method with high sensitivity and specificity for the detection of LPMV into the pig population of the country. The recombinant protein NP of LPMV was produced in the *E. coli* BL21 system using IPTG as inducer and then purified by affinity chromatography. The purified protein was used to coat Nunc MaxiSorp plates for the indirect ELISA assay (iELISA). Pig sera were used at a 1:200 dilution, as a secondary antibody anti-IgG conjugated with peroxidase at 1:17,500 and revealing the reaction with the chromogenic substrate TMB. To determine the sensitivity and specificity of the test, a 2x2 contingency table was made using the positive and negative reference porcine sera. Sera from experimentally infected pigs were used as positive control and sera from pigs as negative controls. From these sera, the cut-off point was determined which was 25% in percentage of positivity and a specificity and sensitivity of 100% was obtained.

Keywords: recombinant protein, ELISA, *Orthorubulavirus*, pigs.

INTRODUCCIÓN

El *Orthorubulavirus suis* denominado Virus La Piedad Michoacán (LPMV) es el agente causal de la enfermedad del ojo azul (EOA) en cerdos, hasta el 2022 según su clasificación taxonómica se le denominaba *Orthorubulavirus porcino* y antes del 2019 *Rubulavirus porcino*. La enfermedad del ojo azul (EOA) se presentó por primera vez en 1980 en una granja porcina ubicada en La Piedad Michoacán, México, causando un cuadro clínico de incoordinación, temblores musculares, postración y opacidad corneal en lechones menores de 21 días de edad. En cerdos de todas las edades se puede presentar 1-10% de opacidad corneal unilateral o bilateral (ojo azul), debido a edema corneal y uveítis anterior (Moreno-López et al., 1986; Stephano et al., 1988). En cerdas adultas se los primeros signos observados fueron una disminución en la tasa de concepción debido al retorno al estro, abortos,

muerte fetal, incremento de mortinatos y fetos momificados (Hernández-Jauregui et al., 2004). La EOA sólo ha sido reportada en México, permaneciendo endémica en los estados del centro del país, lo que se relaciona con la alta densidad poblacional de cerdos, bajas medidas de bioseguridad y deficientes controles al introducir animales a las granjas. En nuestro grupo de trabajo hemos logrado producir las proteínas NP y M recombinantes, las cuales son reconocidas antigénicamente por anticuerpos provenientes de cerdos infectados experimentalmente con LPMV a partir de 5 días post-infección e incluso durante periodos de persistencia (Lara-Romero et al., 2022). Debido a lo anterior, el objetivo de este estudio fue desarrollar una prueba de ELISA indirecta (iELISA) con alta sensibilidad y especificidad utilizando como antígeno la proteína NP recombinante de LPMV, caracterizada por ser conservada y antigénica, con la que se evaluaron sueros de cerdos de los estados del centro de México para obtener una nueva herramienta biotecnológica para la atención de la EOA.

MATERIAL Y MÉTODOS

La proteína recombinante NP-LPMV se expresó y produjo de acuerdo con Lara-Romero et al., 2022. Posteriormente, la proteína fue recuperada en forma de cuerpos de inclusión, solubilizada utilizando sarcosyl y purificada a través de cromatografía de afinidad en un solo paso de purificación. La presencia de la proteína rNP-LPMV purificada se confirmó mediante SDSPAGE y Western blot, y la concentración de proteína se determinó mediante ensayo de Bradford de acuerdo con los procedimientos estándares. Para la estandarización del ELISA, se usaron una colección de sueros de referencia proveniente de animales inmunizados con la proteína recombinante proveniente del CENID-SAI. Posteriormente, se utilizó la proteína purificada y cuantificada para antigenar microplacas MaxiSorp™ de 96 pocillos con 100 µl de antígeno recombinante a una concentración de (75 ng/ml) en un buffer de carbonatos 0,05 M (pH 9,5) y se incubaron durante la noche a 4 °C. Las placas se bloquearon con leche desnatada al 5 % en PBS y luego se incubaron durante 1 h a 37 °C con muestras de suero diluidas 1:200 en PBS-T 0,3 %. Después del lavado, las placas se incubaron con anti-IgG de cerdo marcado con peroxidasa

de rábano picante (HRP) (Sigma, St Louis, EE. UU.) y la reacción cromogénica se llevó a cabo utilizando como sustrato TMB 3,3',5,5'-tetrametilbencidina (Sigma). La densidad óptica (DO) se midió en un lector de microplacas (Immunoskan-Plus, BDSL) a una longitud de onda de 450 nm. Los resultados se usaron para determinar los valores de sensibilidad y especificidad, se realizó en comparación con los resultados de la prueba WB (prueba estándar de oro), mediante una tabla de contingencia 2 x 2 (Tabla 1).

Tabla 1. Tabla de contingencia 2x2

ELISA		SI	NO	Total
	+	A	B	A+B
	-	C	D	C+D
	Total	A+C	B+D	N

A = número de verdaderos positivos, B = número de falsos positivos, C = número de falsos negativos, D = número de verdaderos negativos.

Sensibilidad (%) = $100 \cdot A / (A+C)$, Especificidad (%) = $100 \cdot D / (B+D)$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La proteína NP recombinante fue expresada y producida en el vector pET SUMO utilizando el sistema BL21 de *E. coli*, inducida con IPTG y logrando el peso predicho de 70 kDa. Al analizar las fracciones de la ruptura bacteriana, se encontró que la fracción insoluble contenía la mayor cantidad de proteína recombinante debido a la formación de cuerpos de inclusión, los cuales fueron solubilizados y se realizó el proceso de purificación por cromatografía de afinidad, obteniendo en el proceso de elución la proteína NP purificada al peso esperado, logrando identificar algunas degradaciones propias del recombinante (Figura 1).

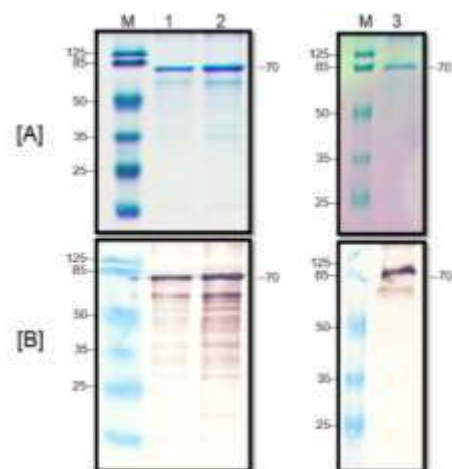


Figura 1. Sobreproducción de NP-RVP recombinante. [A] Tinción de Coomassie y [B] Western blot con anticuerpos anti-his específicos. 1) y 2) cuerpos de inclusión de BL21-NP-RVP inducido, 3) NP-RVP recombinante purificado por cromatografía de afinidad.

Mediante una serie de diluciones se determinó que las mejores concentraciones para la prueba iELISA fueron 75 ng de antígeno por pozo (proteína recombinante NP), la dilución óptima de los sueros de muestra fue 1:200 y el anticuerpo secundario se utilizó a 1:17.500, con un tiempo de incubación de 1 hora para cada anticuerpo a una temperatura de 37°C y una vez colocado el sustrato (TMB), se realizó la lectura a los 10 minutos, todas las placas fueron bloqueadas con una solución de leche descremada al 5%. Para la validación de la prueba iELISA se utilizaron los resultados obtenidos de las densidades ópticas a 450 nm de las 181 muestras de suero de referencia, con el fin de establecer los valores de sensibilidad y especificidad mediante la tabla de contingencia 2x2 (Tabla 2).

Tabla 1. Especificidad y sensibilidad de la prueba iELISA utilizando sueros de referencia.

	Positive	Negative	Total
Positive	76	2	78
Negative	1	102	103
Total	77	104	181

Los valores del punto de corte del iELISA, expresados como PI, se han determinado en un número seleccionado de muestras de suero negativas, positivas y débilmente positivas. El iELISA se estandarizó en un gran número de sueros de cerdos de campo de México y en sueros de animales infectados experimentalmente. Los resultados del iELISA muestran una sensibilidad del 98,7% y una especificidad del 98,1%. Por lo tanto, este ensayo puede detectar la infección en una etapa temprana en los cerdos.

CONCLUSIONES

En este estudio, logramos obtener una prueba iELISA con alta sensibilidad y especificidad, que nos permitirá obtener datos sobre la presencia de anticuerpos en los estados del centro de México, confirmando su presencia en animales del Bajío. Por lo tanto, el desarrollo de la prueba iELISA NP recombinante permitirá un diagnóstico preciso capaz de aportar el conocimiento necesario para mejorar las estrategias de control de la EOA.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

El presente trabajo se llevó a cabo en el CENID-SAI, Laboratorio de Epizootiología, sede Palo Alto, Ciudad de México. Beca CONAHCYT CVU: 555630.

LITERATURA CITADA

- Moreno-López, J., Correa-Girón, P., Martínez, A., & Ericsson, A. (1986). Characterization of a paramyxovirus isolated from the brain of a piglet in Mexico. *Archives of virology*, 91, 221-231.
- Stephano, H. A., Gay, G. M., & Ramirez, T. C. (1988). Encephalomyelitis, reproductive failure and corneal opacity (blue eye) in pigs, associated with a paramyxovirus infection. *The Veterinary record*, 122(1), 6-10.
- Hernández-Jáuregui, P., Mendoza, H. R., García, C. M., Moreno-López, J., & Kennedy, S. (2004). Experimental porcine rubulavirus (La Piedad-Michoacan

virus) infection in pregnant gilts. Journal of comparative pathology, 130(1), 1-6.

Lara-Romero, R., Cerriteño-Sánchez, J. L., Mendoza-Elvira, S., García-Cambrón, J. B., Castañeda-Montes, M. A., Pérez-Aguilar, J. M., & Cuevas-Romero, J. S. (2022). Development of Novel Recombinant Antigens of Nucleoprotein and Matrix Proteins of Porcine orthorubulavirus: Antigenicity and Structural Prediction. Viruses, 14(9), 1946.

DESARROLLO DE UN ENSAYO INMUNOENZIMÁTICO INDIRECTO PARA LA SERODETECCIÓN DE DELTACORONAVIRUS PORCINO

José Luis Cerriteño-Sánchez¹, Julieta Sandra Cuevas-Romero¹, Francisco Jesús Castañeda-Montes², Susana Elisa Mendoza Elvira³

¹CENID-SAI, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Ciudad de México. ²Programa de “Estancias Posdoctorales por México para la Formación y Consolidación de las y los Investigadores por México” CONAHCYT. ³Posgrado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Estado de México, Universidad Nacional Autónoma de México. Autor para correspondencia: josluiscerr@gmail.com.

RESUMEN

El deltacoronavirus porcino (PDCoV) es una enfermedad infecciosa que provoca diarrea en cerdos de diferentes edades; sin embargo, los lechones son más susceptibles. PDCoV se descubrió por primera vez en 2012 en China y Hong Kong. Posteriormente, se informó por primera vez en USA en 2014 y en México en 2019. Varios estudios han demostrado que la proteína M de este virus es altamente conservada y, por lo tanto, es adecuada para sistemas de diagnóstico. En este estudio, por primera vez, se desarrolló un ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (iELISA) basado en la proteína M recombinante (rM-PDCoV) para evaluar la seroprevalencia de PDCoV en cuatro estados de México. Se observó alta sensibilidad (83%) y especificidad (100%) para el iELISA. El índice kappa calculó una concordancia casi perfecta (0,8831) en comparación con el Western blot (prueba estándar de oro). En este estudio, el 50,38% de las muestras de suero de cerdos de traspatio fueron positivas para PDCoV. Estos resultados pueden enriquecer nuestra comprensión de cómo se propaga PDCoV, asimismo, resalta la importancia de investigar continuamente la seroprevalencia de PDCoV en México ya que no existe información sobre la prevalencia actual de la enfermedad.

Palabras clave: PDCoV, Proteína recombinante, iELISA.

ABSTRACT

Porcine deltacoronavirus (PDCoV) is an infectious disease that causes diarrhea in pigs of different ages; however, piglets are more susceptible. PDCoV was first reported in 2012 in China and Hong Kong. Later, it was first reported in the USA in 2014 and in Mexico in 2019. Several studies have shown that M protein is highly conserved and, therefore, suitable for diagnostic systems. In this study, for the first time, an enzyme-linked immunosorbent assay (iELISA) based on a recombinant M protein (*rM*-PDCoV) was developed to evaluate the seroprevalence of PDCoV in four states in Mexico. High sensitivity (83%) and specificity (100%) were observed for the iELISA. The kappa index calculated a nearly perfect agreement (0.8831) compared to the Western blot (gold standard test), suggesting acceptable statistical value support. In this study, 50.38% of the serum samples from backyard pigs were PDCoV-positive. These results can enrich our understanding of how this virus spreads and enable the evaluation of PDCoV infections. Also, highlights the importance of continually investigating the seroprevalence of PDCoV in Mexico since there is also no information about the current prevalence of the disease.

Key words: PDCoV, recombinant protein, iELISA.

INTRODUCCIÓN

Deltacoronavirus porcino (PDCoV) es considerado un virus emergente causante de diarrea, vómitos y deshidratación. Estos signos son más severos en los lechones originando mortalidades >40% y graves pérdidas económicas. Fue detectado por primera vez en China y Hong Kong en 2012. Posteriormente, en 2014 se reportó por primera vez en USA y en 2019 en México. Diversos estudios han demostrado que la proteína M del virus es altamente conservada por lo que se puede utilizar como antígeno recombinante en un sistema inmunoabsorbente ligado a enzimas^{1,2,3}. Aunque en México se sabe de la presencia de PDCoV, no se han llevado a cabo estudios en animales de producción debido a la falta de sistemas diagnósticos. Tampoco existe una prueba oficial para la detección de PDCoV. En este estudio por primera vez, se desarrolló un ensayo inmunoenzimático indirecto (ELISAI) con la finalidad de obtener un sistema diagnóstico que permita la detección de cerdos seropositivos a PDCoV.

MATERIALES Y MÉTODOS

Utilizando pET-SUMO como vector de expresión y *E. Coli* BL21 como sistema de expresión, se sobreexpresó la proteína recombinante M de Deltacoronavirus (*rM-PDCoV*). Las células se cultivaron en medio LB por 24 h. Posteriormente, fueron homogeneizadas en GAULIN a 800 kg/m³. La *rM-PDCoV* se purificó mediante una columna HisTrap® de agarosa Niquel-NTA. Mediante tinción con azul de Coomassie G-250 en geles SDS-PAGE al 12% y Western blot (WB), se confirmó la presencia de *rM-PDCoV*. Se utilizaron diferentes concentraciones de *rM-PDCoV* como antígeno (25, 50 y 75 ng/pozo), diferentes diluciones de suero (1:500, 1:1000 y 1:2000) para la estandarización y validación del ensayo ELISA indirecto (iELISA). Además, se utilizaron diferentes diluciones de anticuerpo conjugado (1:15,000, 1:17,000, 1:20,000). Utilizando 30 sueros positivos y 30 sueros negativos (analizados anteriormente mediante WB) se determinó la Sensibilidad, Especificidad (mediante una tabla de contingencia), el punto de corte y el índice Kappa (K) en. La absorbancia de cada muestra analizada se expresó como porcentaje de positividad (PP) calculado de la siguiente manera: $PP = [RA/MA] \times 100$. RA es la réplica del valor de absorbancia del suero problema y MA es el valor de absorbancia mediana del control positivo⁴. Para calcular el PP se tomó un suero de referencia altamente positivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este estudio se desarrolló por primera vez un sistema de diagnóstico inmunoenzimático (ELISA) para la detección de anticuerpos específicos contra PDCoV basado en una proteína recombinante (*rM-PDCoV*) previamente obtenida⁵. Se obtuvieron nuevos lotes de proteína recombinante, los cuales fueron evaluados mediante SDS-PAGE y WB. Posteriormente, se estandarizó el ELISAi para obtener las condiciones óptimas, las cuales fueron las siguientes: 75 ng/pozo de *rM-PDCoV*, diluciones 1:500 de sueros y dilución 1:15,000 de anticuerpo secundario (anti-pig IgG- HRP). Las condiciones óptimas (antígeno 75 ng/pocillo, dilución de suero 1:500 y dilución de anticuerpo conjugado 1:15,00) fueron similares a los resultados obtenidos por García-González. E. et al. (antígeno 75 ng/pocillo; dilución de suero

1:200 y dilución de anticuerpo conjugado 1:10.000) para una proteína NTD-S recombinante de un PEDV utilizada en un iELISA⁶.

Por otro lado, las diluciones de suero utilizadas en este estudio fueron similares a las utilizadas por Mingjun Su. et al. en un ELISA para una proteína N-PDCoV recombinante⁶. Posterior a la estandarización del ELISA, se seleccionaron al azar 30 sueros positivos y 30 sueros negativos en el ensayo iELISA para obtener el valor de corte. El valor de corte obtenido en este estudio fue de 0.3732 ± 3 SD (OD450nm) y 14.3137% como porcentaje de positividad (PP) (**Figura 1, Tabla 1**). Asimismo, el valor de corte utilizado para discriminar entre muestras de suero positivas y negativas (0,3732) fue similar al obtenido (0,34) por Anil Thachil, et al. 2015⁷

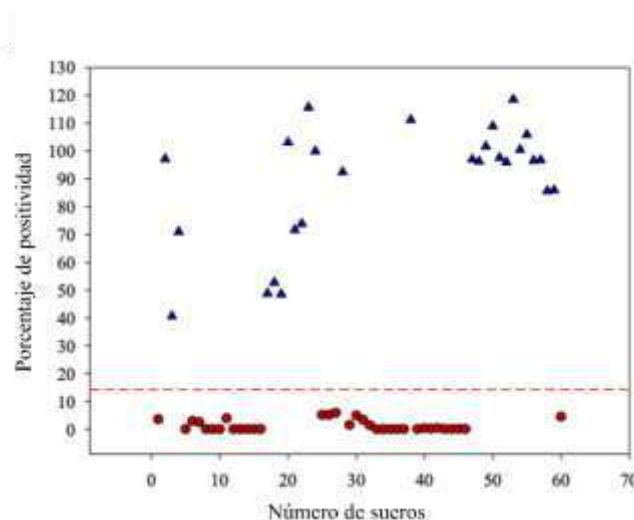


Figura 1. Distribución de los sueros de 30 positivos (triángulos azules) y 30 negativos (puntos rojos). Se seleccionaron muestras positivas y negativas por encima o por debajo del valor de corte (línea roja discontinua), respectivamente.

Tabla 1. Número de sueros positivos y negativos a PDCoV obtenidos en este estudio.

	Número de sueros (n)	Sueros negativos	Positivos	
			No. de sueros positivos	Porcentaje (%)
<i>Aguascalientes</i>	186	111	75	40.32
<i>Guanajuato</i>	150	73	77	51.33
<i>Jalisco</i>	134	61	73	54.47
<i>Veracruz</i>	46	11	35	76.08
Total	516	256	260	50.38

De igual forma, con estos sueros se determinó la sensibilidad, especificidad y el índice de concordancia K. El índice K oscila de 1 (máxima concordancia) a 0 (concordancia igual a la esperada por azar) (**Figura 2**).

	DCoVP Positivos	DCoVP Negativos	Total
Sueros positivos	24	6	r = 30
Sueros negativos	0	30	s = 30
Total	t = 24	u = 36	N = 60
Sensibilidad	$\% \text{ sensitivity} = \left[\frac{24}{24 + 0} \right] \cdot 100 = 100\%$		
Especificidad	$\% \text{ specificity} = \left[\frac{30}{6 + 30} \right] \cdot 100 = 83.33\%$		
Índice Kappa	$K = 0.9 - \frac{0.0166}{1 - 0.0166} \quad Po = \frac{(24 + 30)}{60} \text{ and } Pe = \frac{30 + 24 + 30 + 36}{(60)^2}$ $K = 0.8831$		

Figura 2. Determinación del porcentaje de sensibilidad (100%), especificidad (83.33%) e índice kappa (0.8831). En la figura se puede observar la fórmula utilizada para determinar sensibilidad y especificidad.

Se ha mencionado que los ELISA basados en proteínas estructurales recombinantes aumentan la especificidad, sin embargo, la sensibilidad puede verse reducida debido a la heterogenicidad de los aislados de virus⁵. Sin embargo, en este estudio los porcentajes de sensibilidad y especificidad fueron del 100% y 83.33%, respectivamente, y el índice de concordancia Kappa (0,88) no se vio afectada al utilizar el *r*M-PDCoV como antígeno. Además, para que una prueba sea estadísticamente aceptable, la suma de los valores de sensibilidad y especificidad debe ser al menos 1,5 (<1 indica una prueba inútil y 2, indica una prueba perfecta)⁸. En este estudio, obtuvimos un valor de 0.833 para la sensibilidad y 1.0 para la especificidad, lo que dio una suma de 1.833, lo que sugiere un soporte estadístico aceptable. Por tanto, el ELISAi desarrollado en este estudio es adecuado para detectar sueros seropositivos de PDCoV.

CONCLUSIONES

Los resultados anteriores indican que *r*M-PDCoV es adecuada para su uso como antígeno en un ensayo ELISA indirecto para la detección de anticuerpos específicos contra PDCoV en muestras de cerdos y tiene el potencial para desarrollar un sistema de detección oportuno, así como para determinar la seroprevalencia de la enfermedad.

AGRADECIMIENTOS

CONAHCYT Estancias Posdoctorales por México para la Formación y Consolidación de las y los Investigadores por México. Este proyecto fue parcialmente financiado por CENID-SAI INIFAP Proyectos de apoyo a la investigación No. 1259436381.

LITERATURA CITAD

He, W. T., Ji, X., He, W., Dellicour, S., Wang, S., Li, G., Zhang, L., Gilbert, M., Zhu, H., Xing, G., Veit, M., Huang, Z., Han, G. Z., Huang, Y., Suchard, M. A., Baele, G., Lemey, P., & Su, S. (2020). Genomic Epidemiology, Evolution, and Transmission Dynamics of Porcine Deltacoronavirus. *Mol Biol Evol*, 37(9), 2641-2654. <https://doi.org/10.1093/molbev/msaa117>.

- Takano, T., Morioka, H., Gomi, K., Tomizawa, K., Doki, T., & Hohdatsu, T. (2014). Screening and identification of T helper 1 and linear immunodominant antibody-binding epitopes in spike 1 domain and membrane protein of feline infectious peritonitis virus. *Vaccine*, 32(16), 1834-1840. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2014.01.074>.
- Zhang, Z., Chen, J., Shi, H., Chen, X., Shi, D., Feng, L., & Yang, B. (2012). Identification of a conserved linear B-cell epitope in the M protein of porcine epidemic diarrhea virus. *Virology*, 9, 225. <https://doi.org/10.1186/1743-422X-9-225>.
- Mozsik, G. (2021). *Norovirus*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.87659>.
- Castañeda-Montes FJ, Cerriteño-Sánchez JL, Castañeda-Montes MA, Cuevas-Romero JS, Mendoza-Elvira S. A Candidate Antigen of the Recombinant Membrane Protein Derived from the Porcine Deltacoronavirus Synthetic Gene to Detect Seropositive Pigs. *Viruses*. 2023 Apr 25;15(5):1049. DOI: [10.3390/v15051049](https://doi.org/10.3390/v15051049).
- Garcia-Gonzalez, E., Cerriteno-Sanchez, J. L., Cuevas-Romero, J. S., Garcia-Cambron, J. B., Castaneda-Montes, F. J., & Villasenor-Ortega, F. (2023). Seroepidemiology Study of Porcine Epidemic Diarrhea Virus in Mexico by Indirect Enzyme-Linked Immunosorbent Assay Based on a Recombinant Fragment of N-Terminus Domain Spike Protein. *Microorganisms*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/microorganisms11071843>.
- Su, M., Li, C., Guo, D., Wei, S., Wang, X., Geng, Y., Yao, S., Gao, J., Wang, E., Zhao, X., Wang, Z., Wang, J., Wu, R., Feng, L., & Sun, D. (2016). A recombinant nucleocapsid protein-based indirect enzyme-linked immunosorbent assay to detect antibodies against porcine deltacoronavirus. *J Vet Med Sci*, 78(4), 601-606. <https://doi.org/10.1292/jvms.15-0533>.
- Thachil, A., Gerber, P. F., Xiao, C. T., Huang, Y. W., & Opriessnig, T. (2015). Development and application of an ELISA for the detection of porcine

deltacoronavirus IgG antibodies. *PLoS One*, 10(4), e0124363.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124363>.

Power, M., Fell, G., & Wright, M. (2013). Principles for high-quality, high-value testing. *Evid Based Med*, 18(1), 5-10. <https://doi.org/10.1136/eb-2012-100645>.

DESARROLLO DE UN MODELO DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PLANTAS DE CANDELILLA (*Euphorbia antisyphilitica*)

Francisco M Lara Viveros¹; Marco A Castillo Campohermoso¹; Quetzalli M García amaro²; Audberto Reyes Rosas¹.

¹Centro de Investigación en Química Aplicada. Departamento de Biociencias y Agrotecnología. Blvd. Enrique Reyna Herosillo No. 140. Saltillo, Coahuila México. C.P. 25294. ²Universidad Agraria Antonio Narro. Calz. Antonio Narro 1923, Buenavista, CP 25315. Saltillo, Coahuila. México.

RESUMEN

La candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) es un arbusto endémico del desierto chihuahuense, caracterizado por su capacidad de adaptación a las condiciones edafoclimáticas extremas de este ecosistema, debido principalmente a la producción de cera en sus tallos. Por otro lado, esta cera es altamente valorada en diversas industrias, especialmente la cosmética, lo que ha incrementado su demanda a nivel mundial. Para mitigar los efectos de la sobreexplotación y responder a la creciente demanda industrial, se plantea la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías que permitan cultivar la candelilla bajo un enfoque agronómico sostenible. En este estudio, se implementaron modelos de reconocimiento de plantas de candelilla mediante el análisis de imágenes digitales por medio de un algoritmo de aprendizaje automático, con el objetivo de estimar el área visible de los tallos este parámetro es de utilidad para la toma de decisiones en el manejo agrícola.

Palabras Clave. *Visión artificial, Agricultura 4.0, Candelilla, Índices vegetales, Área foliar*

ABSTRAC

The candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) is a shrub endemic to the Chihuahuan Desert, characterized by its ability to adapt to the extreme edaphoclimatic conditions of this ecosystem, mainly due to the production of wax on its stems. This wax, on the other hand, is highly valued in various industries, especially cosmetics, which

has increased its global demand. To mitigate the effects of overexploitation and meet the growing industrial demand, there is a need to develop new technologies that allow candelilla cultivation under a sustainable agronomic approach. In this study, candelilla plant recognition models were implemented through digital image analysis using a machine learning algorithm, with the aim of estimating the visible area of the stems, a parameter useful for decision-making in agricultural management.

Keywords: *Computer Vision, Agriculture 4.0, Candelilla, Vegetation Indices, Leaf Area.*

INTRODUCCIÓN

La candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) es un arbusto perenne de la familia Euphorbiaceae, endémico del desierto chihuahuense. Se caracteriza por tener tallos cilíndricos recubiertos de cera que le ayudan a soportar y sobrevivir a las condiciones ambientales extremas del desierto, dichos tallos pueden alcanzar entre 30 y 60 cm de largo y 1.0 cm de diámetro. Las características fisicoquímicas de la cera que se obtiene de esta planta le han permitido conquistar el mercado tanto nacional como internacional. Es utilizada para la elaboración y acabado de una infinidad de productos entre los que destacan: cosméticos, anticorrosivos, fármacos, lubricantes, plásticos, textiles, tintas, pinturas y abrillantadores entre otros. La explotación de candelilla se sigue realizando bajo un sistema de recolección para la extracción de la cera, sin que existan cultivos agronómicos establecidos de forma comercial de esta especie, por lo que el incremento observado en la demanda de la cera en los últimos años, está ocasionando una sobreexplotación de plantas en su hábitat natural y por consiguiente una disminución de la densidad de su población en las áreas donde se extrae, ya que se recolecta con todo y raíz. Las tecnologías emergentes, como la computación en la niebla, la computación en la nube, la inteligencia artificial (IA) y el Internet de las cosas (IoT), conectan máquinas y/o dispositivos a Internet, facilitando la recolección, procesamiento y análisis de datos, impulsando la innovación agrícola de vanguardia conocida como Agricultura 4.0 (Alahmadi et al., 2022). Los sistemas de visión artificial son herramientas valiosas para evaluar cómo responden las plantas a diversas condiciones ambientales. A través del análisis de imágenes, se puede obtener información crucial que, al

combinarse con datos de otros sensores, alimenta módulos de decisión, Por ejemplo, pueden identificar cuándo es necesario ajustar el riego, aplicar fertilizantes o realizar tratamientos fitosanitarios. Además, estos módulos pueden simular diferentes condiciones ambientales para evaluar su impacto potencial en el rendimiento de los cultivos, ayudando. Considerando que, en el caso de la candelilla, se tiene muy poca información acerca de parámetros agronómicos básicos, que puedan ser utilizados para el desarrollo de paquetes tecnológicos, el presente trabajo propone las bases de un sistema de visión artificial, que permita obtener información acerca de los hábitos de crecimiento y desarrollo de plantas de candelilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Vegetal

Se colectaron plantas de candelilla en la localidad de Palma Gorda en el municipio de General Cepeda, Coahuila, México. El sitio de colecta tiene las siguientes coordenadas geográficas; Latitud 25.38143° o $25^{\circ} 22' 53''$ norte; Longitud - 101.16125° o $101^{\circ} 9' 41''$ oeste; Altitud 1,907 m.s.n.m. De las plantas colectadas se seleccionaron y resembraron 7 tallos en promedio por maceta para el ensayo. Los tallos tenían una longitud promedio de 15cm de largo. Se sembraron 45 macetas de plástico con capacidad de 4 litros. Todas las macetas se rellenaron de sustrato *peat moss*, las macetas fueron regadas a máxima capacidad de retención de humedad, con un peso final de 2kg/maceta.

Colecta de imágenes

Toma y procesamiento de imágenes

Se tomaron imágenes digitales con una cámara gran angular, 50MP F1.8 Dual Pixel AF, OIS, DOV $85^{\circ} 1/1.56''$. Las imágenes se tomaron semanalmente durante 3 meses a cada una de las plantas resembradas en las macetas.

Primero, las imágenes tomadas en RGB fueron separadas en cada uno de los canales que componen la imagen (Rojo, Verde y Azul), de manera adicional se calcularon los parámetros para el espacio de color HSV, mediante las fórmulas propuestas por (Maritza A, 2024). Posteriormente, se realizó la segmentación de cada imagen mediante el uso de operaciones lógicas, morfológicas o una combinación de ambas. La combinación de estas técnicas se ajustó a las características particulares de cada imagen, dependiendo de factores como la calidad, el contraste o la presencia de elementos indeseados, con el objetivo de segmentar de manera precisa los tallos de las plantas de candelilla. A partir de las imágenes procesadas, se generó una tabla que contenía las coordenadas de cada píxel y sus valores correspondientes a los parámetros de los espacios de color RGB y HSV. Además, se añadió una columna a cada tabla para etiquetar los píxeles. A los píxeles con valor de uno se les asignó la clase "planta", y a los píxeles con valor de cero, la clase "fondo". Finalmente, todas las tablas se unieron en una sola.

Entrenamiento de modelos

La base de datos se dividió en dos partes: un 70% de los datos se utilizó para entrenar los modelos, y el 30% restante se reservó para la validación del modelo. El entrenamiento del modelo de los "k vecinos más cercanos" se llevó a cabo utilizando la función "knn" de la librería class (Ripley & Venables, 2023). En el caso del árbol de clasificación, se empleó el algoritmo CART (Classification and Regression Trees), disponible en el paquete rpart (Therneau et al., 2023). Para las máquinas de soporte vectorial (SVM), se utilizó la librería e1071 (Meyer, 2022). Durante el proceso de optimización, se ajustaron dos hiperparámetros clave: el parámetro de costo (C) y el parámetro gamma. Una vez que los modelos fueron entrenados, se utilizaron para clasificar a los datos pertenecientes a los datos de validación para generar una matriz de confusión con la cual se calculó la exactitud para cada modelo resultante.

Algoritmo para la estimación del área foliar observable por la cámara (AFOC) y estimación de índices vegetales.

Una vez identificado el modelo con el menor tiempo de ejecución y una exactitud superior a 0.9, se empleó para clasificar todos los píxeles de las imágenes de las plantas de candelilla. A los píxeles que pertenecían a la clase "planta" se les asignó un valor de uno. Luego, se sumaron estos valores para obtener el total de píxeles correspondientes a dicha clase.

Posteriormente, se calculó el área correspondiente a los píxeles clasificados como plantas de candelilla capturados por la cámara, para convertir el número de píxeles en una medida de área real, utilizando la siguiente formula.

$$AFOC = Pp \frac{Aref}{Pr}$$

Donde:

AFOC = Área foliar observable por la cámara

Pp = Número de píxeles pertenecientes a la clase planta

Aref = Área conocida de un objeto de referencia en la imagen

Pr = Número de píxeles en el objeto de referencia en la imagen

Posteriormente, la imagen con los píxeles clasificados se utilizó para extraer los valores de los canales RGB de todos los píxeles que correspondían a las plantas de candelilla. Para obtener los valores de cada canal, la imagen binaria (clasificada) se multiplicó por cada una de las imágenes correspondientes a los canales RGB.

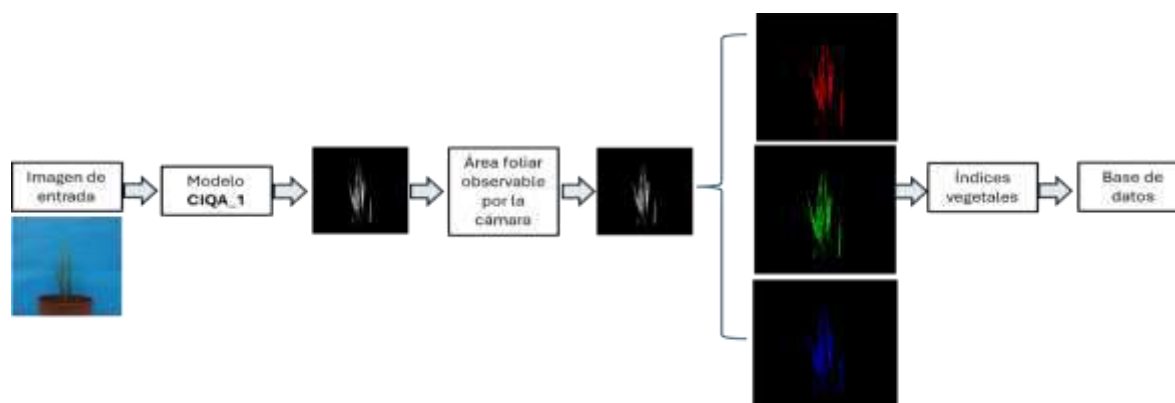


Figura 1. Extracción de Valores RGB de Plantas de Candelilla para el Cálculo de Índices Vegetales

Con la información resultante se construyó una base de datos que contenía la fecha en la cual se tomó cada una de las imágenes y los valores correspondientes para cada canal RGB y el área observable por la cámara.

RESULTADOS

Modelos de aprendizaje automático para la detección de plantas de candelilla

Los tres modelos de clasificación entrenados mostraron altos valores de exactitud (superiores a 0.9) al ser aplicados a los datos de validación. En el caso del modelo de máquina de soporte vectorial, los hiperparámetros optimizados para alcanzar la máxima exactitud fueron el coste y gamma. Estos parámetros han sido empleados con éxito en otros estudios, como el de (Sakeef et al., 2023), donde se logró clasificar de manera efectiva diferentes genotipos de *Arabidopsis* bajo diversas condiciones de iluminación. Para el modelo de k-vecinos, el hiperparámetro que más influyó en la mejora de la exactitud fue el número de vecinos, lo que coincide con los hallazgos de (Saifullah et al., 2023), quien utilizó este método para estimar el grado de madurez en frutos de palma africana.

En este trabajo, el modelo de árboles de clasificación (**CIQA-1**), mostró una exactitud comparable a la de los otros modelos evaluados, pero con un tiempo de procesamiento significativamente menor. Por esta razón, fue seleccionado para estimar el crecimiento de las plantas de candelilla.

El modelo **CIQA-1**, mostró tiempos de procesamientos pequeños (0.925 segundos), debido a que el fondo azul utilizado en la toma de las imágenes permitió una fácil segmentación.

Aplicación de modelos a la imagen y obtención de área foliar visible en la imagen

Una vez que el modelo se aplicó a todas las imágenes de las plantas de candelilla, se pudo observar un incremento en el área detectada por la planta en función del

tiempo transcurrido, lo cual corresponde con el crecimiento típico de una planta (Figura 2).

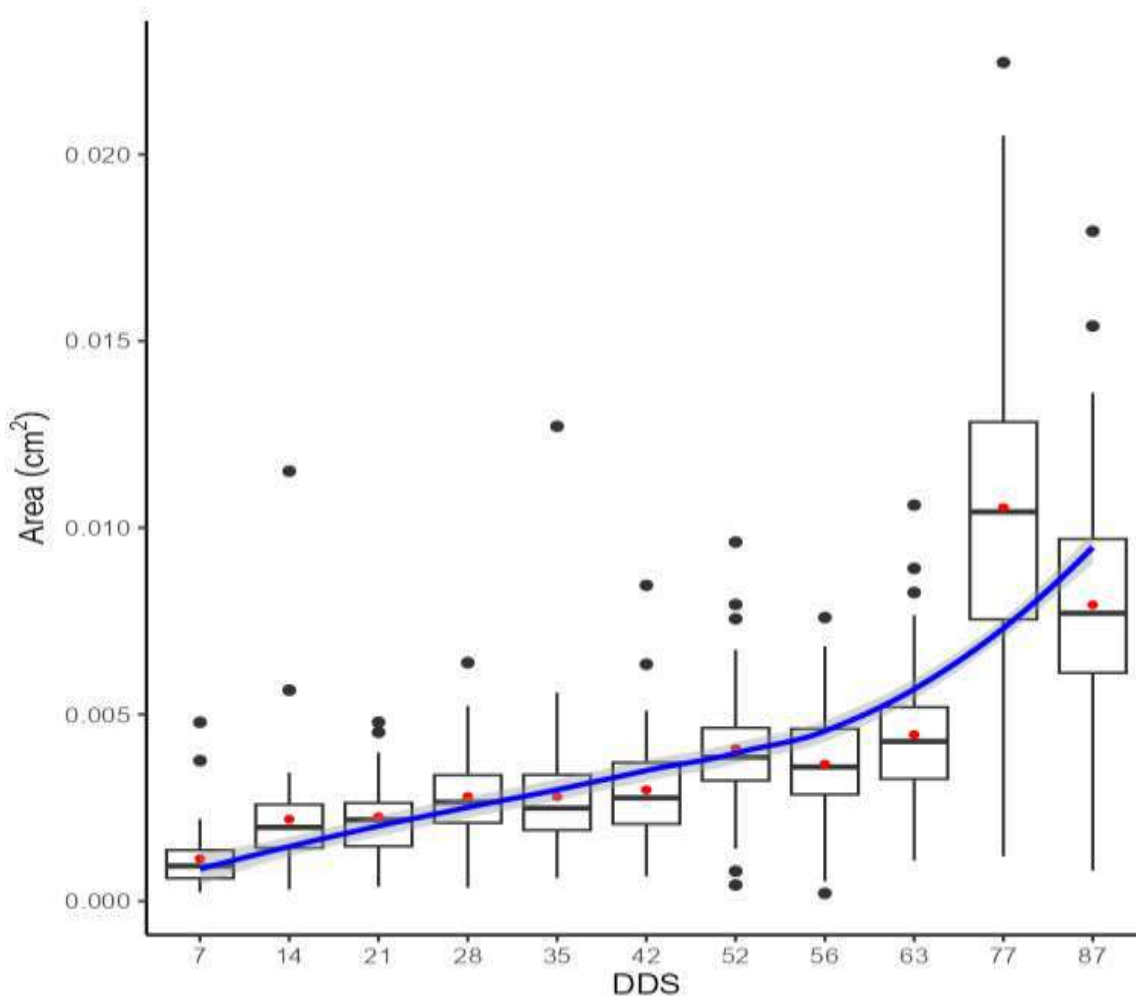


Figura 2. Incremento en el área foliar observable por la cámara, detectada mediante el modelo de clasificación CIQA-1.

Desde una perspectiva agronómica, contar con un indicador confiable del crecimiento vegetal es fundamental para desarrollar estrategias efectivas de manejo de cultivos. Tradicionalmente, la altura de las plantas se ha utilizado como un parámetro clave para detectar cambios en el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Niu et al., 2024). En nuestro caso, hemos optado por medir el área visible de los tallos de las plantas de candelilla utilizando una cámara, ya que esta métrica puede correlacionarse con el crecimiento y, por ende, servir como un indicador útil,

especialmente en el caso de la candelilla, cuya arquitectura y morfología no favorecen la generación de abundante área foliar. A diferencia de la altura, que se mide manualmente con una regla, el área lateral visible se calcula mediante un sistema de aprendizaje automático que procesa imágenes. Esta metodología tiene la ventaja de permitir mediciones continuas y automáticas, facilitando su aplicación en sistemas de detección automática de anomalías en el crecimiento, que pueden estar relacionadas con condiciones de estrés durante el desarrollo de las plantas. La medición de esta variable en diferentes condiciones ambientales puede ayudar a desarrollar herramientas que optimicen la toma de decisiones en el cultivo, especialmente considerando que para la candelilla no existe un paquete de manejo agronómico específico, debido a que generalmente es una planta que no se cultiva, a pesar del uso industrial que tiene y que representa una alternativa de producción en zonas áridas o semiáridas.

CONCLUSIONES

EL modelo **CIQA-1** de análisis de imágenes RGB de plantas de candelilla utilizando algoritmos basados en inteligencia artificial demuestra que esta tecnología es capaz de identificar, segmentar y evaluar de manera eficiente algunas características morfológicas clave de la planta de Candelilla. El análisis de los tallos e índices vegetales con imágenes digitales proporciona una base sólida para futuras aplicaciones.

LITERATURA CITADA

- Alahmadi, A. N., Rehman, S. U., Alhazmi, H. S., Glynn, D. G., Shoaib, H., & Solé, P. (2022). Cyber-Security Threats and Side-Channel Attacks for Digital Agriculture. *Sensors*, 22(9). <https://doi.org/10.3390/s22093520>
- Meyer, D. (2022, October 22). Support Vector Machines: Thje interface to libsvm in package e1071. File:///C:/Users/Paco/AppData/Local/R/Win-Library/4.2/E1071/Doc/Svmdoc.Pdf.
- Niu, Y., Han, W., Zhang, H., Zhang, L., & Chen, H. (2024). Estimating maize plant height using a crop surface model constructed from UAV RGB images.

- Biosystems Engineering, 241, 56–67.
<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2024.04.003>
- Ripley, B., & Venables, W. (2023). Package 'class.' <https://cran.r-project.org/web/packages/class/class.pdf>.
- Saifullah, S., Prasetyo, D. B., Indahyani, Drezewski, R., & Dwiyanto, F. A. (2023). Palm Oil Maturity Classification Using K-Nearest Neighbors Based on RGB and L*a*b Color Extraction. *Procedia Computer Science*, 225, 3011–3020.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.294>
- Sakeef, N., Scandola, S., Kennedy, C., Lummer, C., Chang, J., Uhrig, R. G., & Lin, G. (2023). Machine learning classification of plant genotypes grown under different light conditions through the integration of multi-scale time-series data. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 21, 3183–3195.
<https://doi.org/10.1016/j.csbj.2023.05.005>
- Therneau, T., Atkinson, B., & Ripley, B. (2023, December 5). Package 'rpart.' <https://cran.r-project.org/web/packages/rpart/rpart.pdf>.

DESCRIPCIÓN CUANTITATIVA DE LA CALIDAD DE FRUTOS DE MANDARINA TEMPRANA

G. Areli Tochiuitl-Martiñón¹; Juan Martínez Medina¹; C. Miguel Ramos-Cruz¹;
Juan Vargas-Hernández²; M. de Jesús Bermúdez-Guzmán³.

¹INIFAP-Campo Experimental General Terán. KM. 31 Carretera Montemorelos-China Exhacienda Las Anacuas, C.P. 67400, ²INIFAP-Campo Experimental San Luis. Ejido Palma de la Cruz soledad de Graciano Sánchez, C.P. 78431, ³INIFAP-Campo Experimental Tecomán Km. 35 Carretera Colima-Manzanillo, C.P. 28100. *Autor de correspondencia: tochiuitl.areli@inifap.gob.mx

RESUMEN

Entre la diversidad de cítricos dulces producidos en México podemos encontrar a las mandarinas, el consumo de estos frutos se da principalmente en fresco, una de las variedades más producidas en Nuevo León es Dancy, sin embargo, en el Banco de Germoplasma de Cítricos del INIFAP se encuentran establecidas variedades tempranas, las cuales de acuerdo a los parámetros de calidad presentados podrían ser consideradas como una alternativa de producción, comercialización y consumo. Ya que es poca la información que se tiene en este sentido, el objetivo de la presente investigación fue realizar una descripción cuantitativa de la calidad de frutos de mandarinas: Clementina Algerian, Fairchild, Clementina Monreal (variedades tempranas). De acuerdo a los resultados obtenidos, la mandarina Fairchild mostró los valores más altos en cuanto a peso (180 g), diámetro (72.6 mm), número de semillas (32), grosor del epicarpio (2,7 mm), °Brix (12.6) así como Luminosidad (L=63.3) y Croma (70.2), mientras que, Clementina Algerian tuvo 70.3 °Hue.

Palabras clave: mandarina, temprana, calidad, Clementina Algerian, Fairchild, Clementina Monreal.

ABSTRACT

Among the diversity of sweet citrus fruits produced in Mexico we can find mandarins. these fruits are mainly consumed fresh, one of the most produced varieties in Nuevo Leon is Dancy, however, in the Citrus Germplasm Bank of INIFAP there are established early varieties, which according to the quality parameters presented could be considered as an alternative for production, marketing and consumption. Since there is little information available in this regard, the objective of this research was to make a quantitative description of the quality of mandarin fruits: Clementine Algerian, Fairchild, Clementine Monreal (early varieties). According to the results obtained, the Fairchild mandarin showed the highest values in terms of weight (180 g), diameter (72.6 mm), number of seeds (32), epicarp thickness (2.7 mm), °Brix (12.6) as well as Luminosity (L=63.3) and Chroma (70.2), while the Algerian Clementine had 70.3 °Hue.

Keywords: mandarin, early, quality, Clementina Algerian, Fairchild, Clementina Monreal.

INTRODUCCIÓN

En México se producen cítricos dulces y ácidos, tales como: limones, naranjas, mandarinas y toronjas, si bien, el consumo se puede realizar en fresco o procesado (jugo, almíbar), en el caso de las mandarinas el consumo principalmente es en fresco, motivo por el cuál, las características de calidad juegan un papel fundamental. A nivel nacional, en el año 2023 se tuvo un cierre de producción de mandarinas de 309,740.49 toneladas, de las cuales, el estado de Nuevo León produjo 26,897.80 toneladas, siendo la variedad Dancy la predominante en la región, esto de acuerdo a datos reportados por el SIAP, 2024.

En el Banco de Germoplasma de Cítricos del INIFAP están establecidas variedades tempranas de mandarinas, sin embargo, es poca la información que se tiene referente a la calidad de estos materiales, por el cual, en la presente investigación, se planteó como objetivo realizar una descripción cuantitativa de la calidad de frutos de mandarinas: Clementina Algerian, Fairchild y Clementina Monreal (variedades tempranas). De acuerdo a los parámetros de calidad presentados, alguna de las

variedades podría ser considerada como una alternativa de producción, comercialización y consumo.

Mandarina Clementina Algerian (*Citrus clementina* hort. ex Tanaka): Árbol de tamaño y vigor medianos, resistente al frío. Fruto de tamaño y forma variable, cáscara de grosor medio; moderadamente firme y adherente, pero fácilmente pelable; superficie lisa y brillante, pero ligeramente granulada debido a las glándulas sebáceas prominentes; color naranja intenso a naranja rojizo; sabor dulce; subácido y aromático. Semillas de muy pocas a medianas en número; madurez temprana. En algunos porta injertos la fruta se mantiene en el árbol durante varios meses con poca pérdida de calidad (UC RIVERSIDE, 2024).

La mandarina Fairchild (*Citrus reticulata* Blanco) es un híbrido de mandarina Clementina y tangelo Orlando el árbol proporciona fruta de temporada temprana para el mercado. El fruto es de tamaño mediano, de forma achatada y tiene una cáscara fina, ligeramente granulada, de color naranja oscuro. No es especialmente fácil de pelar, los frutos suelen contener muchas semillas, pero la pulpa es bastante jugosa de sabor rico y dulce (UC RIVERSIDE, 2024).

Clementina Monreal (*Citrus clementina* hort. ex Tanaka): En regiones con alto requerimiento total de calor, la Clementina madura muy temprano, solo un poco más tarde que las mandarinas Satsuma. Los frutos con semillas son en promedio algo más grandes que los frutos sin semillas, y también son ligeramente más dulces. Como consecuencia, la Clementina es sin duda la mejor variedad temprana en la cuenca mediterránea, particularmente en el norte de África, y es muy prometedora en otras regiones de clima similar.

MATERIALES Y MÉTODOS

EL 31 de octubre de 2024 se cosecharon aleatoriamente 10 frutos de árboles de mandarina, Clementina Algerian, Fairchild y Clementina Monreal, todas ellas de maduración temprana, establecidas en el Banco de Germoplasma de Cítricos del INIFAP-Campo Experimental General Terán. Los frutos se trasladaron a las

instalaciones del instituto para su evaluación, entre las variables consideradas se encuentran:

Peso: Con el apoyo de una balanza digital se pesó cada uno de los frutos, los resultados se reportaron en gramos (g).

Dimensiones: con la ayuda de un vernier digital se midieron el diámetro y la longitud de los frutos, los resultados se reportaron en centímetros (mm).

Grosor del epicarpio: con la ayuda de un vernier digital se midió el grosor del epicarpio, los resultados se reportaron en centímetros (mm).

Numero de semillas: Se cuantificaron las semillas presentes en cada uno de los frutos evaluados.

Color: el color del epicarpio se midió utilizando un colorímetro portátil e inteligente LS170, con los valores obtenidos (L, a y b) se calculó la luminosidad [L], el ángulo de tono (**ecuación 1**) e índice de saturación (**ecuación 2**), Lancaster *et al.*, 1997.

$$^{\circ}Hue = \tan^{-1} \frac{b}{a} \quad \text{ecuación 1.}$$

$$Chroma = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad \text{ecuación 2.}$$

Sólidos solubles totales: Con la ayuda de un refractómetro manual, se cuantificaron los sólidos solubles totales, los resultados se reportaron en °Brix.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos (Tabla 1), la mandarina Fairchild presentó los valores más altos de peso (180 g), diámetro (72.6 mm), número de semillas (32) y grosor del epicarpio (2,7 mm), sin embargo, en lo referente a la longitud de los

frutos, la variedad Clementina Algerian presentó un valor de 64.5 mm, superior a Fairchild y Clementina Monreal.

Los resultados de peso fueron superiores a los reportados por Fallahi and Rodney, 1992 (103-116 g), el número de semillas también fue más alto a los reportados por Sharaf *et al.*, 2019 (25.37), así como de diámetro (66 mm) y longitud (57 mm)

Tabla 1. Características físicas de frutos de mandarina tempranas.

Variedad de Mandarina	Peso (g)	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Número de semillas	Grosor del epicarpio (mm)
Clementina Algerian	139.0 ± 19.8	65.3 ± 2.0	64.5 ± 5.0	20.2 ± 4.9	2.4 ± 0.4
Fairchild	180.2 ± 18.3	72.6 ± 2.5	61.4 ± 3.0	32.3 ± 3.8	2.7 ± 0.4
Clementina Monreal	139.0 ± 13.9	68.2 ± 2.0	59.8 ± 2.3	25.4 ± 4.5	2.6 ± 0.4

En la figura 1. se pueden observar los resultados de color, donde el valor de Luminosidad de la variedad Fairchild mostró un promedio de (63.3), Clementina Algerian tuvo 70.3 °Hue y Clementina Monreal 65.8 °Hue, mientras que en croma, la variedad Fairchild presentó un valor superior de 70.2.

El contenido de sólidos solubles totales fue más alto en frutos de la variedad Fairchild (12.6), en comparación con los reportados por Fallahi and Rody (12.1) y Sharaf *et al.*, 2019 (9.75).

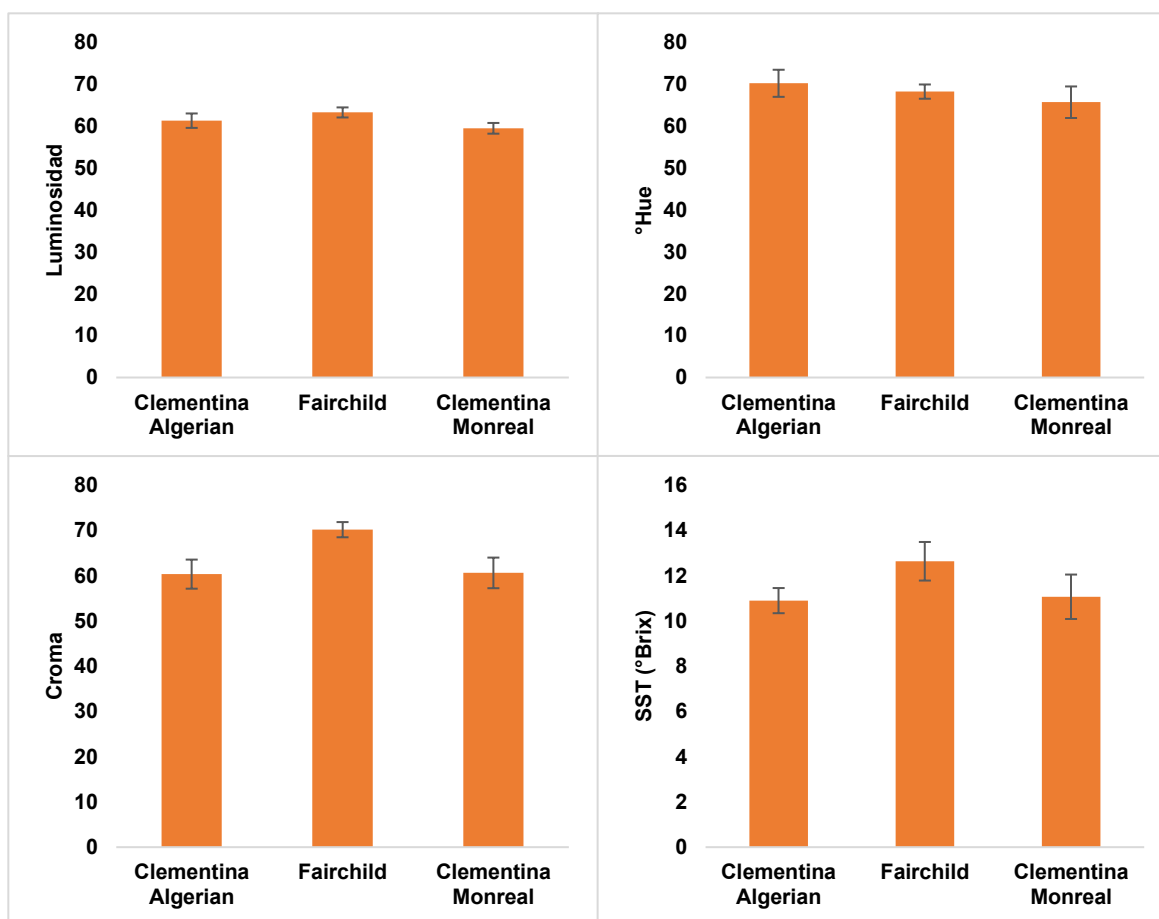


Figura 1. Color y SST de frutos de mandarina variedades tempranas.

CONCLUSIONES

De acuerdo a las variables consideradas en la presente evaluación, de las tres variedades de mandarinas evaluadas, la variedad conocida como Fairchild mostró valores superiores en cuanto a peso, diámetro, número de semillas, grosor del epicarpio, °Brix, luminosidad y croma, mientras que, en lo referente a ° Hue, la variedad Clementina Algerian tuvo el valor más alto, si bien, los valores obtenidos sugieren que la variedad Fairchild presenta potencial para su producción, sería interesante evaluar su comportamiento postcosecha.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, por las facilidades prestadas para realizar el presente trabajo.

LITERATURA CITADA

Fallahi, E., and Rodney, D. R. (1992). Tree Size, Yield, Fruit Quality, and Leaf Mineral Nutrient Concentration of 'Fairchild' Mandarin on Six Rootstock. Journal of the American Society for Horticultural Science, 117(1), 28-31
<https://doi.org/10.21273/JASHS.117.1.28>.

Sharaf M.M., Khamis M.A., Fatma K. Ahmed and Sholah M.M. (2019). Physiological studies on growth productivity and fruit quality of some mandarin cultivars as effected by citrus rootstock. Middle East Journal of Agriculture Research.08.02.578-593.ISSN 2077-4605.

SIAP. (2024). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Año 2023Cultivo: Mandarina (ton).
<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.

UC RIVERSIDE. (2024). Givaudan Citrus Variety Collection at UCR. Mandarina Fairchild. <https://citrusvariety.ucr.edu/crc3559>.

UC RIVERSIDE. (2024a). Givaudan Citrus Variety Collection at UCR. Algerian clementine. <https://citrusvariety.ucr.edu/crc0279>.

UC RIVERSIDE. (2024b). Givaudan Citrus Variety Collection at UCR. Monreal clementine. <https://citrusvariety.ucr.edu/crc3773>

DETERMINACIÓN DE ETANOL Y AZÚCAR EN VINOS DE MESA POR REFRACTOMETRÍA COMBINADA MEDIANTE SUPERFICIES DE RESPUESTA

Jean Braulio Ramírez Guerrero^{1,2}; Juana Guadalupe Martínez Sánchez¹;
Estéfana Alvarado Bárcenas¹; Jorge Covarrubias Prieto¹; Juan Carlos Raya
Pérez¹; Juan Gabriel Ramírez Pimentel^{1*}

¹ Tecnológico Nacional de México, campus Roque. Km 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas.
Roque. Celaya, Gto. México. C.P.38110. ² Tecnológico Nacional de México, campus Celaya.
Av. Antonio García Cubas 600./ Av Tecnológico. Col. Alfredo Bonfil.Celaya, Gto.México. C.P.
38010.

*Autor de correspondencia: juan.rp1@roque.tecnm.mx

RESUMEN

En la producción de vinos, es muy relevante el control del contenido de etanol y de azúcares residuales, pues en conjunto modifican dramáticamente la percepción del producto, además de indicar la manera en la que se llevó a cabo la fermentación. Este artículo presenta un método para la determinación simultánea de concentraciones de etanol y azúcar en mezclas, utilizando modelado de superficies de respuesta a partir de mediciones realizadas a 20°C con dos refractómetros calibrados. Uno de los refractómetros cuenta con una escala de 0-80 % V/V de etanol, mientras que el otro mide en una escala de 0-32° Brix. La metodología desarrollada emplea modelos cúbicos para describir las relaciones entre los índices de refracción y las concentraciones de etanol y sacarosa, optimizando la precisión de las predicciones en una amplia gama de concentraciones. Se realizaron experimentos con soluciones simples y mezclas binarias siguiendo un diseño factorial, lo que permitió ajustar modelos robustos que representaran la variación en los índices de refracción con respecto a la variación en las concentraciones de etanol y azúcar, mediante estrategias de optimización cruzada que minimizan el error en ambas superficies, se obteniendo estimaciones de las concentraciones de ambas sustancias

presentes en muestras de vinos. Este enfoque es particularmente útil en la industria enológica y en el análisis de otras bebidas y productos alimentarios que contienen mezclas complejas de alcohol y azúcar. Los resultados muestran que si bien en este caso se encontraron limitaciones en muestras con alto contenido de azúcares y sólidos disueltos este método se presenta como una alternativa prometedora efectiva y económica para el análisis rápido y no destructivo en aplicaciones industriales y de investigación, que puede mejorarse mediante el desarrollo e implementación de estrategias para dicho fin.

Palabras clave: *Uva, Contenido etílico, vinos.*

ABSTRACT

In wine production, the control of ethanol and residual sugar content is very important, since together they dramatically modify the perception of the product, in addition to indicating the way in which fermentation was carried out. This article presents a method for the simultaneous determination of ethanol and sugar concentrations in mixtures, using response surface modeling from measurements made at 20°C with two calibrated refractometers. One of the refractometers has a scale of 0-80% V/V of ethanol, while the other measures on a scale of 0-32° Brix. The developed methodology uses cubic models to describe the relationships between refractive indices and ethanol and sucrose concentrations, optimizing the accuracy of predictions in a wide range of concentrations. Experiments were performed with simple solutions and binary mixtures following a factorial design, which allowed for the adjustment of robust models that represented the variation in refractive indices with respect to the variation in ethanol and sugar concentrations, using cross-optimization strategies that minimize the error on both surfaces, obtaining estimates of the concentrations of both substances present in wine samples. This approach is particularly useful in the wine industry and in the analysis of other beverages and food products containing complex mixtures of alcohol and sugar. The results

show that although in this case limitations were found in samples with high sugar and dissolved solids content, this method is presented as a promising, effective and economic alternative for rapid and non-destructive analysis in industrial and research applications, which can be improved by the development and implementation of strategies for this purpose.

Keywords: *Grape, Ethyl content, wines.*

INTRODUCCIÓN

La concentración de etanol en los vinos de mesa puede alterar la percepción en el amargor, dulzura y astringencia. Además del efecto en el sabor y atributos de sensibilidad en la boca, el etanol estimula el nervio trigémino a través de los nervios somatosensoriales en la cavidades oral y nasal, causando la sensación de “calor” y, simultáneamente, activas rutas de percepción edulcorante independientes de la presencia de azúcar. Se ha reportado que el etanol tiene efecto químico en la medida química de la viscosidad; sin embargo, el efecto sobre la viscosidad y la sensación en la boca por pequeñas diferencias de concentración (2 – 6 % V/V) ha sido objeto de controversia. Si bien el sabor característico del vino se deriva de la interacción de diversas sustancias odorigénicas, el alcohol puede modificar la percepción de dichas mezclas, cambiando la afinidad de las sustancias en la matriz del vino (Muñoz-González, et al. 2019; Fox and Harbertson, 2024).

En la industria vitivinícola, la determinación precisa de la concentración de etanol y azúcares es fundamental para garantizar la calidad del producto final, cumplir con normativas legales y satisfacer las expectativas del consumidor. Métodos tradicionales, como refractometría simple o el uso de densímetros requieren en primera instancia la separación del etanol de las muestras mediante destilación lo cual es laborioso, incrementa el tiempo de procesamiento y aumenta la probabilidad de error experimental. Métodos más modernos, como los cromatográficos, no requieren de destilación previa, sin embargo, requieren equipos sofisticados y costosos por lo que no siempre son accesibles para pequeñas empresas o laboratorios con recursos limitados (Brasil et al., 2020).

La refractometría es una técnica ampliamente utilizada por diferentes industrias, especialmente en la industria alimentaria y de bebidas para la determinación de concentraciones de sustancias en soluciones líquidas (Shehadeh et al., 2020). Sin embargo, en muestras complejas, como vinos y jugos, donde se encuentran mezclas de etanol y azúcar, las interacciones entre estos componentes afectan el índice de refracción, dificultando la obtención de valores precisos para cada sustancia. (Son et al., 2009).

Este trabajo propone un método alternativo basado en el uso de refractómetros calibrados y modelado de superficies de respuesta, que permite la predicción simultánea de las concentraciones de etanol y azúcar en muestras líquidas. Mediante el desarrollo de modelos cúbicos ajustados con datos experimentales obtenidos de soluciones y mezclas calibratoras.

El enfoque aquí presentado introduce una metodología práctica para integrar mediciones de dos refractómetros, para la determinación del contenido de etanol y azúcar al tomar en cuenta la interacción entre los componentes de las mezclas. Este desarrollo tiene aplicaciones prometedoras no solo en el análisis de vinos, sino también en otros contextos donde se requiera la caracterización rápida y no destructiva de muestras multicomponentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el laboratorio de Biología Molecular Agroalimentaria del Tecnológico Nacional de México Campus Roque, ubicado en el Km 8 de la Carretera Celaya – Juventino Rosas. Roque. Celaya, Guanajuato.

Se utilizaron refractómetros manuales comerciales para alcohol (0-80%) y para grados Brix (0-32 °Bx). Se diseñó un conjunto de experimentos con el objetivo de calibrar dos refractómetros y modelar la relación entre las concentraciones de etanol y sacarosa con los índices de refracción. Se prepararon soluciones y mezclas a distintas concentraciones de etanol y sacarosa para el modelamiento matemático y se recolectaron datos experimentales de muestras de vino para efectuar la determinación de concentraciones de etanol y azúcar presentes en ellas.

Se prepararon soluciones de etanol y sacarosa con las siguientes concentraciones:

etanol: 40 %, 25 %, 20 %, 15 %, 10 %, 5 %, 2.5 %, 0.5 %; sacarosa: 25 %, 15 %, 5 %, 4.25 %, 3.5 %, 2.75 %, 2 %, 1.25 %, 0.5 %. Además, se prepararon mezclas binarias de etanol y sacarosa según la siguiente tabla:

Tabla 1. Concentraciones de etanol y sacarosa en un diseño factorial 2^3 para la generación de mezclas.

Concentración de etanol (%)	Concentración de azúcar (%)
5.0	2.5
5.0	5.0
5.0	15.0
10.0	2.5
10.0	5.0
10.0	15.0
20.0	2.5
20.0	5.0
20.0	15.0

Las mediciones de índices de refracción correspondientes se utilizaron para calibrar y ajustar modelos cúbicos que relacionan las concentraciones de etanol y sacarosa con sus respectivos índices de refracción.

Obtención de modelos cúbicos para índice de refracción

Para modelar los índices de refracción, se empleó una regresión cúbica que incluye términos cúbicos, cuadráticos y cruzados de las concentraciones de etanol (EtOH) y sacarosa (Sac), siguiendo la expresión general:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1^3 + \beta_2 x_2^3 + \beta_3 x_1^2 x_2 + \beta_4 x_1 x_2^2 + \beta_5 x_1^2 + \beta_6 x_2^2 + \beta_7 x_1 x_2 + \beta_8 x_1 + \beta_9 x_2$$

donde x_1 y x_2 corresponden a las concentraciones reales de etanol y sacarosa, respectivamente.

Los modelos fueron ajustados mediante mínimos cuadrados ordinarios (OLS), calculando coeficientes de determinación (R^2), valores p , y otros indicadores de bondad de ajuste.

Optimización y estimación de las concentraciones

Para determinar las concentraciones de etanol y sacarosa en muestras desconocidas, se implementó un procedimiento de optimización cruzada basado en las superficies de respuesta de ambos modelos. A partir de los índices de refracción medidos R_{index_alc} y R_{index_brix} , se minimizó el error cuadrático entre los valores observados y los calculados mediante las siguientes funciones de costo:

$$\text{Error}_{alc} = (\text{surface\_alc}(\text{conc\_etanol}, \text{conc\_sac}) - R_{index\_alc})^2$$

$$\text{Error}_{brix} = (\text{surface\_brix}(\text{conc\_etanol}, \text{conc\_sac}) - R_{index\_brix})^2$$

La optimización se realizó utilizando el algoritmo minimize de la librería SciPy (Virtanen et al., 2020) con límites establecidos para las concentraciones: 0–20 % de etanol y 0–10 % de sacarosa. Para cada muestra, se calcularon las concentraciones óptimas en ambas superficies y se promediaron para obtener una estimación final de las concentraciones.

Finalmente, se compararon los índices de refracción estimados con los valores medidos para evaluar la precisión de los modelos, calculando errores cuadráticos medios (MSE) y analizando posibles discrepancias entre los datos observados y ajustados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los modelos ajustados para R_{index_alc} y R_{index_brix} resultaron en las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} R_{index\_alc} = & 0.5788 - (0.0008) \text{EtOH}^3 + (0.0082) \text{Sac}^3 + (0.0043) \text{EtOH}^2 \text{Sac} + (0.0143) \text{EtOH Sac}^2 \\ & + (0.0451) \text{EtOH}^2 - (0.2164) \text{Sac}^2 - (0.2104) \text{EtOH Sac} + (0.4842) \text{EtOH} + (3.9904) \text{Sac} \end{aligned}$$

$$R_{index\_brix} = 0.2747 - (0.0002) \text{EtOH}^3 - (0.0008) \text{Sac}^3 - (0.0002) \text{EtOH}^2 \text{Sac} + (0.0008) \text{EtOH Sac}^2$$

$$+ (0.0097) EtOH^2 + (0.0119) Sac^2 - (0.0138) EtOH Sac + (0.2790) EtOH + (0.9641)$$

Sac

A continuación, en la Figura 1, se presentan las superficies de respuesta obtenidas para ambos índices de refracción en función de las concentraciones de etanol y sacarosa generadas a partir de los modelos cúbicos completos.

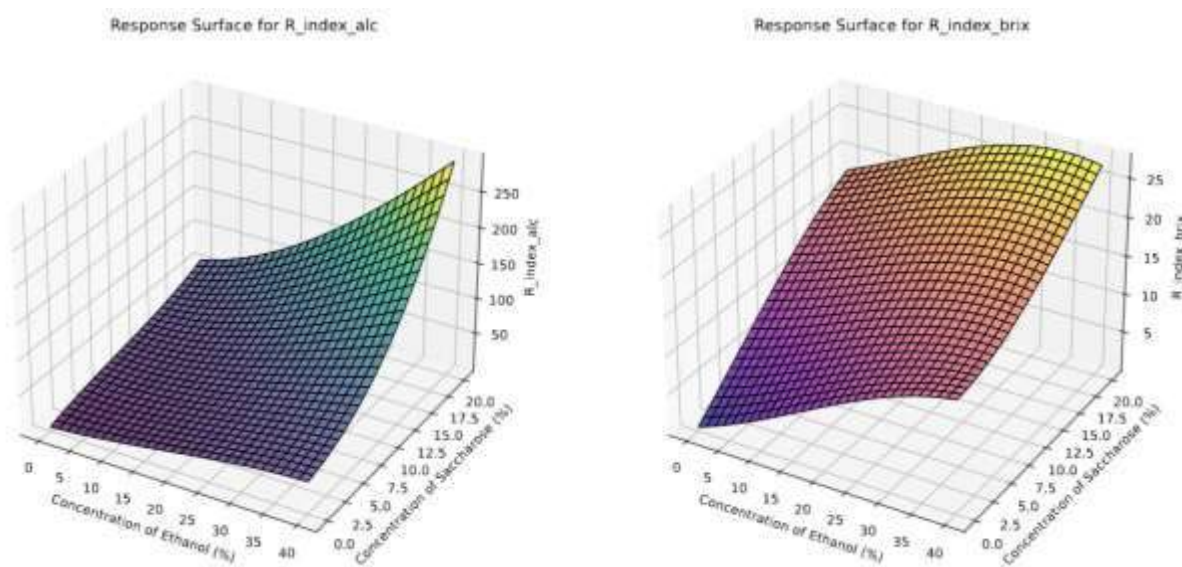


Figura 1. Superficies de respuesta del índice de refracción en función de la concentración de etanol y azúcar, medidas con el refractómetro para %V/V de alcohol (izquierda) y refractómetro en °Brix (derecha), generadas a partir de los modelos cúbicos completos.

Como puede observarse, el comportamiento de las curvas es distinto en la determinación con ambos refractómetros, pero resultó consistente en las combinaciones azúcar-alcohol analizadas. Si bien existe interferencia entre ambas determinaciones por tratarse de la misma propiedad, el diseño de los refractómetros está adecuado para la escala de cada componente, alcohol o azúcar, y la curvatura obtenida para cada instrumento permitió establecer un punto para cada mezcla, en cada una de las dos gráficas de superficie de respuesta, con un buen ajuste a los datos experimentales.

Evaluación de los modelos

Los resultados del análisis de regresión para la obtención de las ecuaciones (Tabla 2 y Tabla 3) muestran altos valores de R^2 , con valores de 0.996 para R_{index_alc} y 0.997 para R_{index_brix} , indicando un buen ajuste de los datos al modelo. Los valores de AIC y BIC fueron:

Para R_{index_alc} : AIC = 102.2, BIC = 113.9

Para R_{index_brix} : AIC = 33.74, BIC = 45.5

Tabla 2. Análisis estadístico de regresión R_{index_alc} a partir del modelo cúbico completo.

Dep. Variable:	R_index_alc					
R-squared:	0.996					
Model:	OLS					
Adj. R-squared:	0.993					
Method:	Least Squares					
F-statistic:	384.3					
Prob (F-statistic):	3.47e-15					
Log-Likelihood:	-41.075					
No. Observations:	24					
AIC:	102.2					
Df Residuals:	14					
BIC:	113.9					
Df Model:	9					
Covariance Type:	Non Robust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	0.5788	0.955	0.606	0.554	-1.469	2.627
conc _etanol_cubic	-0.0008	0	-2.264	0.04	-0.002	-4.29E-05
conc sac cubic	0.0082	0.003	3.083	0.008	0.003	0.014
conc etanol squared conc sac	0.0043	0.002	2.841	0.013	0.001	0.007
conc etanol conc sac squared	0.0143	0.002	5.862	0	0.009	0.02
conc etanol squared	0.0451	0.021	2.162	0.048	0	0.09
conc sac squared	-0.2164	0.077	-2.814	0.014	-0.381	-0.051
conc etanol conc sac	-0.2104	0.048	-4.361	0.001	-0.314	-0.107
conc etanol	0.4842	0.298	1.627	0.126	-0.154	1.123
conc sac	3.9904	0.568	7.023	0	2.772	5.209

Tabla 3. Análisis estadístico de regresión R_{index_brix} a partir del modelo cúbico completo.

Dep. Variable:	R_{index_brix}
R-squared:	0.997
Model:	OLS
Adj. R-squared:Method:	0.995
F-statistic:	Least Squares540.1
Prob (F-statistic):Log-Likelihood:	3.24e-16
	-6.8676

No. Observations:	24
AIC:	33.74
Df Residuals:	14
BIC:	45.52
Df Model:	9
Covariance Type:	Non Robust

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	0.2747	0.230	1.196	0.251	-0.218	0.767
conc_etanol_cubic	-0.0002	8.63e-05	-2.304	0.037	-0.000	-1.37e-05
conc_sac_cubic	-0.0008	0.001	-	0.234	-0.002	0.001
			1.244			
conc_etanol_squared_conc_sac	-0.0002	0.000	-	0.563	-0.001	0.001
			0.593			
conc_etanol_conc_sac_squared	0.0008	0.001	1.396	0.184	-0.000	0.002
conc_etanol_squared	0.0097	0.005	1.936	0.073	-0.001	0.020
conc_sac_squared	0.0119	0.018	0.641	0.532	-0.028	0.052
conc_etanol_conc_sac	-0.0138	0.012	-	0.253	-0.039	0.011
			1.193			
conc_etanol	0.2790	0.072	3.899	0.002	0.126	0.432
conc_sac	0.9641	0.137	7.057	0.000	0.671	1.257

Para determinar las concentraciones tanto de etanol como de azúcar presentes en las muestras problema se diseñó un script de python que mediante optimización localiza las regiones de las superficies de respuesta en las que las 2 medidas de índice de refracción se aproximan más y brinda 4 valores; 2 valores para la concentración de etanol según la superficie de R_{index_alc} y R_{index_brix} y de forma análoga 2 valores para la concentración de azúcar, posteriormente las concentraciones obtenidas de cada sustancia son promediadas y se obtienen las estimaciones finales de cada concentración. Los resultados se presentan a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4. Determinación de concentraciones para etanol y azúcar en muestras de vino

Muestra	Índice Medido (Alc)	Índice Medido (Brix)	Índice Estimado (Alc)	Índice Estimado (Brix)	Error (Alc)	Error (Brix)	Etanol (Alc)	Sacarosa (Alc)	Etanol (Brix)	Sacarosa (Brix)	Etanol Prom.	Sacarosa Prom.
S.blanc	17.5	6.4	16.5571	6.8028	0.8890	0.1622	10.3518	3.7348	9.9960	2.9900	10.1739	3.3624
Verdejo	21.7	8.0	20.4898	8.4343	1.4647	0.1886	12.4660	4.7222	10.6058	4.4950	11.5359	4.6086
Naranja	20.0	7.2	18.7216	7.7134	1.6344	0.2636	11.5440	4.3792	10.3026	3.7460	10.9233	4.0626
Rosado PDL	19.0	7.0	17.9999	7.4148	1.0001	0.1721	10.9999	4.1593	10.2263	3.5577	10.6131	3.8585
Experiencias	21.0	7.8	19.9132	8.2021	1.1811	0.1617	12.1474	4.5571	10.5303	4.3083	11.3389	4.4327
Temp 3 ahora	26.0	10.0	25.1034	10.1903	0.8040	0.0362	14.0414	5.7778	11.3532	6.3452	12.6973	6.0615
Temp 3 pisado	26.0	9.8	24.8323	10.0915	1.3634	0.0850	14.0414	5.7778	11.2788	6.1613	12.6601	5.9695
Temp 3 deposito	26.0	10.0	25.1034	10.1903	0.8040	0.0362	14.0414	5.7778	11.3532	6.3452	12.6973	6.0615
Syrah	22.0	8.2	23.0841	9.4519	0.8389	0.0635	12.5824	4.8006	10.6811	4.6813	11.6317	4.7410
Merlot	24.0	9.2	20.8762	8.5904	1.2630	0.1524	13.3345	5.3051	11.0554	5.6082	12.1949	5.4567
Malbec pisado	24.0	8.0	21.5748	8.8570	5.8814	0.7344	13.3345	5.3051	10.6058	4.4950	11.9701	4.9000
Malbec deposito	25.0	9.6	24.0856	9.8241	0.8361	0.0502	13.6938	5.5453	11.2044	5.9772	12.4491	5.7612
Malbec Ahora	28.0	10.2	26.3343	10.6094	2.7744	0.1676	14.7008	6.2208	11.4275	6.5290	13.0642	6.3749

En la figura 3 se muestran las posiciones de los calibradores y de las muestras problema sobre las superficies de respuesta; se incluyen las posiciones correspondientes a las muestras problema dentro de los modelos de superficie de respuesta modelados.

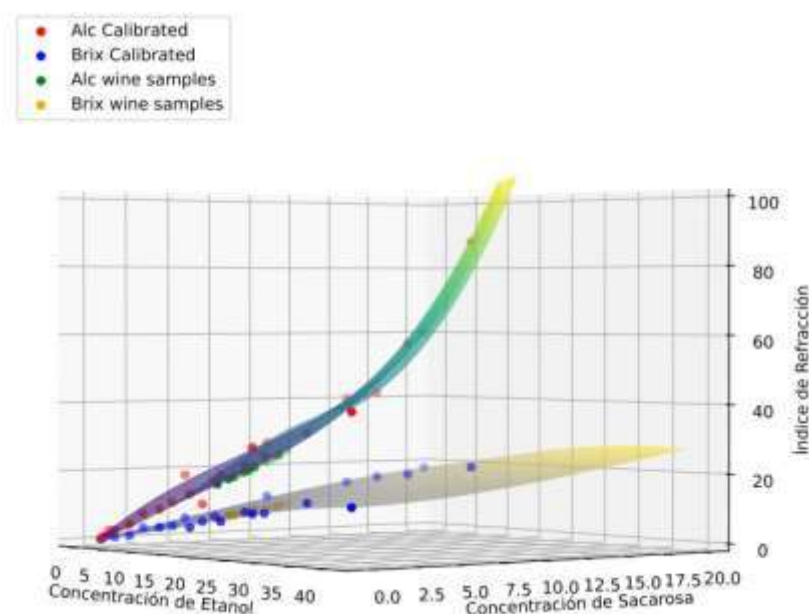


Figura 3. Puntos correspondientes a los calibradores y a las muestras problema sobre las superficies de respuesta modeladas. En color rojo se muestran las posiciones de las soluciones y mezclas utilizadas para la calibración medidas con el refractómetro de alcohol y en azul con el refractómetro en °Brix. En color verde se muestran las

posiciones correspondientes a las muestras problema sobre la superficie de R_{index_alc} y en naranja sobre la superficie de R_{index_brix} .

La precisión de los modelos obtenidos demuestra la utilidad de la metodología de modelado de superficies de respuesta para la determinación simultánea de concentraciones de etanol y azúcar en mezclas complejas, como en el caso del vino. Sin embargo, la presencia de términos cruzados y cúbicos complica la interpretación directa de los coeficientes, lo cual puede ser optimizado en estudios futuros mediante la reducción de términos no significativos.

CONCLUSIONES

Se desarrollaron modelos predictivos basados en superficies de respuesta para estimar las concentraciones de etanol y azúcar en muestras de vino. Estos modelos permiten una cuantificación efectiva mediante el uso de refractometría, facilitando la caracterización de las propiedades del vino en función de sus componentes principales. El modelado cúbico de superficies de respuesta combinado con técnicas de optimización permite la determinación simultánea de etanol y azúcar en mezclas complejas. Este método presenta alta precisión y puede extenderse a otras aplicaciones en la industria de alimentos y bebidas.

LITERATURA CITADA

- Brasil, M. A., Gomes, L. H., Kamogawa, M. Y., & Basso, L. C. (2020). Ethanol determination in fermented sugarcane substrates by a diffusive micro-distillation device. *Journal of Microbiological Methods*, 178, 106085. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2020.106085>.
- Fox, D. J., Harbertson J. F. (2024). Comparison of pre-fermentation and post-fermentations alcohol adjustments on aromatic chemistry and sensory composition of Sauvignon blanc wine. *Food Chemistry* 460:140757. ISSN 0308-8146. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140757>.
- Muñoz-González C.; Pérez-Jiménez M.; Criado and Pozo-Bayón M. A. (2019). Effects of ethanol concentration on oral aroma release after wine consumption. *Molecules*, 24 18:3253. <https://doi.org/10.3390/molecules24183253>

- Shehadeh, A., Evangelou, A., Kechagia, D., Tataridis, P., Chatzilazarou, A., & Shehadeh, F. (2020). Effect of ethanol, glycerol, glucose/fructose and tartaric acid on the refractive index of model aqueous solutions and wine samples. *Food Chemistry*, 329, 127085. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127085>
- Son, H., Hong, Y., Park, W., Yu, M., & Lee, C. (2009). A Novel Approach for Estimating Sugar and Alcohol Concentrations in Wines Using Refractometer and Hydrometer. *Journal of Food Science*, 74 (2), C106-C111. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.01036.x>
- Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T. E., Haberland, M., Reddy, T., Cournapeau, D., Burovski, E., Peterson, P., Weckesser, W., Bright, J., van der Walt, S. J., Brett, M., Wilson, J., Millman, K. J., Mayorov, N., Nelson, A. R. J., Jones, E., Kern, R., Larson, E., SciPy 1.0 Contributors. (2020). SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python. *Nature Methods*, 17, 261-272. <https://doi.org/10.1038/s41592-019-0686-2>

DETERMINACIÓN DE LA FECHA ÓPTIMA DE SIEMBRA PARA SORGO DE RIEGO EN EL NORTE DE TAMAULIPAS

Jorge Elizondo Barrón^{1§}; Ulises Aranda Lara¹; Héctor Williams Alanis²

¹INIFAP, Campo Experimental Río Bravo, carretera Matamoros-Reynosa, km 61, CP. 88900, Río Bravo, Tamaulipas. ²Ex INIFAP, Campo Experimental Río Bravo.

§ Autor de correspondencia: elizondo.jorge@inifap.gob.mx

RESUMEN

Para identificar la fecha óptima de siembra de sorgo que permita la obtención de altos rendimientos de grano, en condiciones de riego del norte de Tamaulipas. Se evaluó, cinco genotipos de sorgo (tres de ciclo precoz: RB-Norteño, DKS-821, P83G19 y, dos de ciclo intermedio; RB-Williams y ADV-G3247), en nueve fechas de siembra (espaciadas cada 15 días a partir del 01 de diciembre, hasta el 01 de abril). El experimento se estableció por dos años consecutivos (ciclos otoño-invierno 2022/2023 y 2023/2024), en el INIFAP-Campo Experimental Río Bravo, municipio de Río Bravo, Tamaulipas. El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento, con un arreglo de parcelas subdivididas. El análisis de varianza del rendimiento de grano reveló un efecto significativo ($P \leq 0.01$), para años, fechas de siembra y genotipos. Las fechas de siembra con mayor rendimiento de grano fueron las comprendidas entre el 01 de enero y el 16 de febrero. Las fechas de siembra de diciembre 2022, fueron afectadas por temperaturas de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ que se presentaron en el mismo mes; así mismo, las fechas de siembra de diciembre 2023, sufrieron un siniestro total debido a temperaturas de $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ocurridas en enero 2024. Las fechas de siembra con menores rendimientos de grano fueron, el 16 de marzo y el 01 de abril, en las cuales se observó un ataque severo de mosca midge, *Contarinia sorghicola* (Coquillett), durante la etapa de floración, así como altas temperaturas que acortaron el ciclo de vida del cultivo. Estos resultados permitieron identificar al periodo del 01 de enero al 16 de febrero, como el óptimo de siembra de sorgo grano bajo condiciones de riego en el norte de Tamaulipas, ciclo otoño-invierno.

Palabras clave: *Sorghum bicolor*, periodo óptimo de siembra, riego.

ABSTRACT

To identify the optimal sowing date for sorghum that allows high grain yields, under irrigated conditions in northern Tamaulipas; five sorghum genotypes (three early-cycle: RB-Norteño, DKS-821, P83G19 and two intermediate-cycle: RB-Williams and ADV-G3247), were evaluated under irrigated conditions in nine sowing dates (spaced every 15 days from December 1st to April 1st). The experiment was established for two consecutive years (Fall-Winter cycles 2022/2023 and 2023/2024), at the INIFAP-Experimental Station Rio Bravo, municipality of Río Bravo, Tamaulipas. A randomized complete block experimental design with three replications in a split-split-plot arrangement was used. The grain yield variance analysis revealed a significant effect ($P \leq 0.01$), for years, sowing dates and genotypes. The sowing dates with highest grain yield were between January 1st and February 16. The sowing dates of December 2022, were affected by temperatures of -1°C that occurred in the same month; likewise, the sowing dates of December 2023 suffered a total loss due to temperatures of -2°C that occurred in January 2024. The sowing dates with lower grain yields were, 16 March and April 1st, in which a severe attack of midge fly, *Contarinia sorghicola* (Coquillett), was observed in bloom stage, as well as high temperatures that shortened the crop life cycle. These results allowed to identify the period from January 1st to February 16, as the optimal sowing period for grain sorghum under irrigated conditions in northern Tamaulipas, Fall-Winter cycle.

Keywords: *Sorghum bicolor*, optimal sowing date, irrigation.

INTRODUCCIÓN

El sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] es un cultivo importante para la seguridad alimentaria en regiones áridas y semiáridas, debido a su tolerancia al estrés biótico y abiótico y buena adaptación a suelos con fertilidad baja (Prasad y Staggenborg, 2011). A nivel mundial en los últimos años (2016-2020), el sorgo fue producido en 41.33 millones de hectáreas con un rendimiento de $1,439 \text{ kg ha}^{-1}$ (FAO, 2022).

El sorgo en México, se destina principalmente para la producción de grano y forraje y es base para la formulación de alimentos balanceados en el sector pecuario. Se siembra en una superficie anual de 1,427,202 ha (periodo 2017-2023), con un rendimiento de 3,442 kg ha⁻¹. En el Estado de Tamaulipas la superficie sembrada con sorgo es de 786,758 ha (55.12 % de la superficie nacional), con un rendimiento de 2,585 kg ha⁻¹ (SIAP, 2024).

En el norte de Tamaulipas, el sorgo es afectado principalmente por: 1.- La sequía y altas temperaturas (Galicia *et al.*, 2020), que se presentan en el estado reproductivo de la planta y que favorecen el desarrollo de la pudrición carbonosa del tallo, *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid (Williams *et al.*, 2004). 2.- Las temperaturas menores a 0 °C que ocurren cada vez con mayor frecuencia en siembras tempranas. 3.- La mosquita midge (*Contarinia sorghicola* (Coquillett)), que durante la época de floración afecta severamente las siembras del mes de marzo (Rodríguez y Loera, 2006).

En la selección de la fecha de siembra óptima, debe considerarse que los períodos críticos de la planta no coincidan con periodos de sequía y altas o bajas temperaturas (Ekeleme *et al.*, 2011), así como enfermedades, insectos y malezas (Ciampitti *et al.*, 2019). En el norte de Tamaulipas, el sorgo en condiciones de riego se recomienda sembrarlo del 20 de enero al 08 de marzo. Sin embargo, en esta región, las últimas evaluaciones de fechas de siembra en campo, se realizaron en el año 1981 (hace 43 años), por lo que se requiere determinar la fecha óptima de siembra del cultivo, con el fin de mitigar los efectos producidos por el cambio climático (bajas y altas temperaturas, plagas e incidencia de enfermedades).

El objetivo de este estudio fue determinar la mejor época de siembra de sorgo que permita la obtención de altos rendimientos de grano, en condiciones de riego en el norte de Tamaulipas, durante el ciclo agrícola otoño-invierno (O-I).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en los ciclos agrícolas O-I 2022/2023 y O-I 2023/2024, en terrenos del INIFAP-Campo Experimental Río Bravo, localizado a los 25° 57' 54" LN / 98° 01' 03" LO. El suelo Calcisol cámbico, con pendiente de 0.04 %, pobre en

materia orgánica, fertilidad media con deficiencias de nitrógeno y fósforo y pH superior a 7.5, altitud 50 msnm; 648.3 mm de precipitación pluvial y temperatura media anual de 23.5 °C. En cada ciclo agrícola se evaluaron nueve fechas de siembra espaciadas cada 15 días, a partir del 01 de diciembre (01 Dic., 16 Dic., 01 Ene., 16 Ene., 01 Feb., 16 Feb., 01 Mar., 16 Mar., 01 Abr.). En cada fecha se evaluaron cinco genotipos: cuatro híbridos comerciales y una variedad de polinización libre (tres de ciclo precoz: RB-Norteño, P83G19 y DKS 821; y dos de ciclo intermedio: RB-Williams y ADV-G3247).

Para el establecimiento de cada fecha de siembra, se aplicó un riego de asiento o presiembra, de una lámina de 15 cm; más un riego de auxilio (en estado reproductivo), de una lámina de 12 cm. Durante el desarrollo del cultivo se presentó la siguiente precipitación pluvial. En el ciclo O-I 2022/2023: diciembre, 55.6 mm; marzo, 33.2 mm; abril, 88.0 mm; mayo, 71.4 mm; junio, 22.8 mm; para un total acumulado de 271.0 mm. En el ciclo O-I 2023/2024: diciembre, 09 mm; enero, 16.4 mm; febrero, 46.8 mm; marzo, 28.0 mm; abril, 45.2 mm; mayo, 11.8 mm; junio, 149.4 mm; para un total acumulado de 306.6 mm. El diseño experimental fue bloques al azar con tres repeticiones por tratamiento, con un arreglo de parcelas subdivididas; se consideró como Factor 1, los ciclos agrícolas (O-I 2022/2023 y O-I 2023/2024); Factor 2, las fechas de siembra (9); Factor 3, los genotipos (5). La densidad de población utilizada fue de 250,000 plantas por hectárea. La parcela experimental fue de tres surcos de 5 m de largo y 0.8 m de separación. La parcela útil fue de un surco central de 3 m de largo (se eliminó un metro en cada extremo del surco). Para el manejo del cultivo se utilizó el paquete tecnológico recomendado por el INIFAP para el cultivo de sorgo grano. Los datos de las variables medidas (rendimiento de grano, días a floración, días a madurez fisiológica, altura de planta, longitud del pedúnculo de la panoja o excursión, longitud de panoja), se analizaron usando el procedimiento GLM de SAS (SAS Institute 2016). Se realizaron comparaciones de medias mediante la prueba de Tukey al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la evaluación realizada en O-I 2022/2023, se presentaron temperaturas de -1 y 0 °C, los días 24 y 25 de diciembre 2022, respectivamente, las cuales dañaron el

follaje de las fechas de siembra del 01 de diciembre y 16 de diciembre, posteriormente las plantas se recuperaron; sin embargo, el rendimiento de estas dos fechas de siembra fue estadísticamente menor ($P \leq 0.01$), al del resto de las fechas de siembra evaluadas. En la evaluación realizada en O-I 2023/2024, se presentaron temperaturas de -2°C , los días 16 y 17 de enero 2024, que siniestraron por completo las fechas de siembra del 01 de diciembre y 16 de diciembre 2023. Estos resultados coinciden con lo obtenido por Zander *et al.*, 2021, que informaron que las temperaturas frías del suelo pueden limitar el rendimiento cuando el sorgo se siembra demasiado pronto. Por lo anterior, a continuación, se presentan los resultados de las siete fechas de siembra restantes, comprendidas entre el 01 de enero y el 01 de abril de 2023 y 2024. En el cuadro 1, se presenta el análisis de varianza para rendimiento de grano. El valor de F fue altamente significativo ($F \leq 0.01$) para, año, fecha y genotipo; así como para la interacción año x fecha y año x genotipo.

Cuadro 1. Análisis de varianza para rendimiento de grano de cinco genotipos de sorgo, en siete fechas de siembra, bajo riego, en Río Bravo, Tam., ciclos O-I 2022-2023 y O-I 2023/2024.

Fuente de variación	GL	Cuadrado de la media	Valor de F
Bloque	2	1989786.7	8.10
Año	1	9874039.3	40.20**
Bloque*Año	2	508210.7	2.07
Fecha	6	21373782.8	87.03**
Año*Fecha	6	2117442.9	8.62**
Bloque*Fecha(Año)	24	389393.2	1.59
Genotipo	4	10024034.6	40.81**
Año*Genotipo	4	2382265.1	9.70**
Fecha*Genotipo	24	1041761.7	4.24
Año*Fecha*Genotipo	24	370213.9	1.51

** Diferencia estadística significativa (Tukey; $P \leq 0.01$)

$R^2 = 0.9004$ Coeficiente de variación = 9.36 Media de rendimiento de grano = 5.294 t ha^{-1}

En el cuadro 2, se presenta la comparación de medias del rendimiento de grano de los ciclos O-I 2022/2023 y O-I 2023-2024. En el primer ciclo se obtuvo un rendimiento de grano de 5.510 t ha^{-1} , y en el segundo, 5.077 t ha^{-1} (rendimientos estadísticamente diferentes $P \leq 0.01$), que representa una reducción de 7.86 % en el rendimiento de grano.

Cuadro 2.- Comparación de medias del rendimiento de grano de cinco genotipos de sorgo en siete fechas de siembra bajo riego, en Río Bravo, Tam., ciclos O-I 2022-2023 y O-I 2023/2024.

Ciclo agrícola	Rendimiento de grano t ha ⁻¹
O-I 2022/2023	5.510 a
O-I 2023/2024	5.077 b

Literales diferentes, indican diferencia estadística significativa (Tukey; $P \leq 0.01$).

En el cuadro 3 se presenta la comparación de medias de las variables medidas. La producción de grano fluctuó entre 3.784 t ha⁻¹ (fecha 01 abril) y, 6.275 t ha⁻¹ (fecha 01 febrero). Las fechas de siembra con mayor rendimiento de grano fueron las comprendidas entre el 01 de enero y el 16 de febrero [las cuatro fechas de este periodo fueron estadísticamente similares ($P \leq 0.01$), excepto la fecha del 01 de febrero que fue superior al resto, con 6.275 t ha⁻¹]. Datos contrastantes fueron encontrados por Herrera y Betancourt (1981) y, Sosa (1982), basados en evaluaciones de fechas de siembra en Río Bravo, Tamaulipas, encontraron que los mejores rendimientos de grano se obtuvieron entre el 01 de febrero al 15 de marzo. Por otro lado, Montes (2010), basado en un modelo de regresión, determinó que para el norte de Tamaulipas el periodo del 04 de febrero al 07 de marzo, fue el óptimo para la siembra del sorgo de riego ciclo O-I. Las diferencias entre los resultados de fechas de siembra obtenidos en este estudio, en comparación a resultados anteriores (Herrera y Betancourt, 1981; Sosa, 1982 y Montes, 2010), se deben al efecto del cambio climático, sobre todo en cambios de temperaturas, teniendo como resultado, que la fecha óptima de siembra ahora sea más temprana. En el periodo óptimo de siembra identificado (01 de enero al 16 de febrero), los días a inicio de floración fluctuaron de 86.5 días (fecha 01 enero) a 63.7 días (fecha 16 febrero); los días a madurez de 135.9 días (fecha 01 enero), a 111.2 días (fecha 16 febrero); la altura de planta de 136.8 cm (fecha 16 febrero) a 131.6 cm (fecha 01 febrero); la excursión de 20.7 cm (fecha 01 enero) a 13.6 cm (fecha 01 febrero); la longitud de panoja de 27.4 cm (fecha 16 febrero) a 24.9 cm (fecha 01 enero). Se observó que con el aumento de la temperatura ambiental (la temperatura máxima

promedio en los dos años de estudio fue: enero, 20.5 °C; febrero, 23 °C; marzo, 26 °C; abril 28 °C; mayo, 34 °C), se acumularon las unidades calor requeridas en menor tiempo y por tal motivo, se acortó, el ciclo de vida del cultivo, el periodo reproductivo, la excursión; y se aumentó, la altura de la planta y la longitud de la panoja.

Estadísticamente ($P \leq 0.01$), las fechas con menores rendimientos de grano fueron el 16 de marzo y el 01 de abril, en las cuales se observó un ataque severo de mosca midge, *Contarinia sorghicola* (Coquillett), durante la etapa de floración, así como altas temperaturas que acortaron el ciclo de vida del cultivo. Reportes indican que cuando las temperaturas altas ocurren durante la floración o llenado de grano, los rendimientos de grano disminuyen debido a un importante aborto de flores, una menor tasa de formación de semillas y un menor tamaño de las semillas (Saeed y Francis, 1984).

Cuadro 3.- Comparación de medias de variables agronómicas, de cinco genotipos de sorgo en siete fechas de siembra bajo condiciones de riego, Río Bravo, Tam., ciclos O-I 2022-2023 y O-I 2023/2024.

Fecha siembra	Rendto. t ha ⁻¹	Días Inicio flor	Días madurez	Altura planta	Excursion	Long. panoja
01 Feb (3)	6.275 a	71.8 c	119.5 b	131.6 b	13.6 cd	26.9 ab
16 Ene (2)	5.868 b	79.9 b	130.1 a	133.4 b	19.3 ab	26.7 ab
01 Ene (1)	5.641 bc	86.5 a	135.9 a	132.4 b	20.7 a	24.9 b
16 Feb (4)	5.545 bc	63.7 d	111.2 c	136.8 ab	16.7 bc	27.4 a
01 Mar (5)	5.371 c	61.2 e	106.2 cd	123.5 c	12.3 d	26.6 ab
16 Mar (6)	4.574 d	57.9 f	99.4 de	143.1 a	14.2 cd	26.9 ab
01 Abr (7)	3.784 e	56.5 g	92.8 e	131.7 bc	8.1 e	25.3 ab

Literales diferentes, indican diferencia estadística significativa (Tukey; $P \leq 0.01$).

En el cuadro 4, se presenta la comparación de medias del rendimiento de grano. Se observa que todos los genotipos obtuvieron su máximo rendimiento en la tercera fecha de siembra del 01 de febrero; excepto RB-Norteño que obtuvo su máximo rendimiento en la segunda fecha del 16 de enero. En promedio general el híbrido DKS-821 fue el de mayor rendimiento de grano con 5.742 t ha⁻¹ y fue estadísticamente similar ($P \leq 0.01$), a ADV-G3247 y P83G19, que obtuvieron 5.671 y 5.444 t ha⁻¹, respectivamente. También estos genotipos fueron estadísticamente

superiores ($P \leq 0.01$), a RB-Williams y RB-Norteño, que obtuvieron un rendimiento de grano de 5.042 y 4.569 t ha⁻¹, respectivamente.

Cuadro 4.- Comparación de medias para rendimiento de grano de cinco genotipos de sorgo en siete fechas de siembra bajo condiciones de riego, Río Bravo, Tam., ciclos O-I 2022/2023 y O-I 2023/2024.

Genotipo	Fechas de siembra (rendimiento de grano t ha ⁻¹)							Promedio
	01 Ene	16 Ene	01 Feb	16 Feb	01 Mar	16 Mar	01 Abr	
DKS-821	6.040 b	5.961 b	6.843 a	6.335 a	5.860 a	4.760 b	4.397 a	5.742 a
ADV-G3247	6.410 a	6.416 a	7.062 a	5.656 b	5.345 b	5.127 a	3.680 b	5.671 a
P83G19	5.462 c	5.822 b	6.075 b	6.072 a	5.628 ab	4.732 b	4.314 a	5.444 a
RB-Williams	5.573 c	5.573 bc	6.207 b	5.253 c	5.679 a	4.143 c	2.663 c	5.042 b
RB-Norteño	4.719 d	5.348 c	5.186 c	4.408 d	4.343 c	4.108 c	3.869 b	4.569 c

Literales diferentes, indican diferencia estadística significativa (Tukey; $P \leq 0.01$).

CONCLUSIONES

Se identificó al periodo del 01 de enero al 16 de febrero, como el óptimo para la siembra de sorgo grano bajo condiciones de riego en el norte de Tamaulipas, ciclo otoño-invierno, con rendimientos que fluctuaron entre 6.275 y 5.545 t ha⁻¹.

En el periodo óptimo de siembra, los genotipos con mayores rendimientos de grano fueron: ADV-G3247, 6.386 t ha⁻¹; DKS-821, 6.294 t ha⁻¹; P83G19, 5.857 t ha⁻¹ y RB-Williams, 5.651 t ha⁻¹.

Debido a la presencia de temperaturas de -1 y 0 °C, los días 24 y 25 de diciembre 2022; y temperaturas de -2 °C, los días 16 y 17 de enero 2024 (que siniestraron las siembras realizadas en el mes de diciembre); no se recomienda sembrar este cultivo en el mes de diciembre. Las fechas de siembra del 16 de marzo al 01 de abril corren el riesgo de ser afectadas por, un severo ataque de mosca midge, *Contarinia sorghicola* (Coquillett), en floración, que ocasiona una drástica disminución en el rendimiento de grano; así como por la presencia de temperaturas altas, que ocasionan acortamiento del ciclo de vida del cultivo.

LITERATURA CITADA

- Ciampitti, I. A., Prasad, P. V. V., Schlegel, A. J., Haag, L., Schnell, R. W., Arnall, B., et al. (2019). Genotype × environment × management interactions: US sorghum cropping systems. *Sorghum: A state. art. Future Perspect*, 58, 277–296. doi: 10.2134/agronmonogr58.c13
- Ekeleme, F., Kamara, A. Y., Omoigui, L. O., Chikoye, D., Dugje, I. Y., and Tegbaru, A. (2011). Effect of sowing date on striga infestation and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) cultivars in the Sudan savanna of northeast Nigeria. *Afr. J. Agric. Res*, 6 (14), 3240–3246. doi: 10.5897/AJAR10.270
- FAO. Food and Agricultural Organization of the United Nations. (2022), FAOSTAT food and agriculture data (Rome, Italy). Available at: <http://faostat.fao.org/>.
- Galicia J. M., Sinagawa G. S., Gutiérrez D. A., Williams A. H. y Zavala G. F. (2020). Termotolerancia en líneas de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para grano, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 221-227.
- Herrera Y. A. y Betancourt V. A. (1981). Fecha óptima de siembra de sorgo. Folleto técnico No.1, SARH-INIA-CIAGON. Campo Experimental Río Bravo, 16 p.
- Montes G. N. 2010. Estimación del periodo óptimo de siembras del sorgo de riego para el ciclo O-I en el norte de Tamaulipas. Ficha de tecnología nueva. INIFAP. Campo Experimental Río Bravo, 2 p.
- Prasad, V. P. V., and Staggenborg, S. A. (2011). Growth and production of sorghum and millets. *Soils, plant growth and crop production* (Oxford, United Kingdom): Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS).
- Rodríguez del B. L. A. y Loera G. J. (2006). Entomología, pp. 163-191. En Rodríguez del B. L. A. (ed.). Campo Experimental Río Bravo: 50 años de Investigación Agropecuaria en el norte de Tamaulipas. Historia, logros y retos. Libro técnico No. 1. INIFAP, Campo Experimental Río Bravo. Río Bravo Tamaulipas, México. 325 p.

- Saeed, M., and Francis, C. A. (1984). Association of weather variables with genotype × environment interactions in grain sorghum. *Crop Sci*, 24 (1), 13 - 16. doi: 10.2135/cropsci1984.0011183X002400010004x
- SAS Institute. (2016). SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 5121 p.
- SIAP. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. (2024). Resumen nacional de la producción agrícola. Cultivo de sorgo para grano. Consultado: julio, 2024.
- Sosa M. J. J. (1982). La importancia de sembrar oportunamente. Publicación serie INIFAP. SARH-INIA-CIAGON. Campo Agrícola Experimental Río Bravo, 7 p.
- Williams A. H., Pecina Q. V., Zavala G. F., Martínez H. R., Rangel E. S. y Machuca O. I. (2004). Reacción a *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid, de híbridos comerciales y experimentales de sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench, para grano, *Revista Mexicana de Fitopatología* 22: 216-222.
- Zander, A., Lofton, J., Harris, C., and Kezar, S. (2021). Grain sorghum production: Influence of planting date, hybrid selection, and insecticide application. *Agrosyst. Geosci. Environ*, 4, e20162. doi: 10.1002/agg2.20162

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS EN UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

Carmen Macías Juárez¹; Berenice Rivera Cortez²; Daniel Rodríguez Mercado²

¹ Ingeniera en Hidrológica, ² Investigadora, Tecnológico Nacional de México-Roque, ² Investigador, Tecnológico Nacional de México. * Autor de correspondencia: berenice.rc@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue determinar los parámetros de riego, como el caudal por emisor, el caudal por sector, el coeficiente de uniformidad de presiones, la eficiencia de aplicación, lámina de riego aplicada, lámina requerida y el coeficiente de uniformidad del riego y, en diversas parcelas para determinar la eficiencia del sistema. Las parcelas evaluadas están ubicadas en la comunidad de Tovares, municipio de Villagrán. Para realizar estas evaluaciones o pruebas de riego se hicieron de acuerdo a los lineamientos de la NOMO-167-SCFI-2001. La cintilla que estaba instalada en las parcelas era de marca T-Tape con las siguientes características, un caudal de 1.01 L/H a una presión de 8 psi, con un largo máximo de 120 metros, cabe mencionar que al realizar las pruebas se observó que los largos promedios de las tablas en ocasiones llegaban hasta los 190 metros y que las presiones de trabajo eran mayores a la mencionada anteriormente y que también se obtuvieron presiones de 0 psi. Como resultado de las evaluaciones se obtuvo que la eficiencia del sistema de riego por goteo se ve afectada por tener un bajo coeficiente de uniformidad, lo que es ocasionado por no respetar las especificaciones recomendadas de las cintillas, en este caso se obtuvieron 2 casos muy marcados en el cual se obtuvo un coeficiente de uniformidad de 93.94% y otra con un 67.40%.

Palabras clave: Coeficiente de uniformidad, Evaluación de Riego por goteo, Caudal.

ABSTRACT

The objective of this project was to determine irrigation parameters such as flow rate per emitter, flow rate per sector, pressure uniformity coefficient, application

efficiency, applied irrigation sheet, required sheet and irrigation uniformity coefficient, and in various plots to determine the efficiency of the system. The plots evaluated are located in the community of Tovares, municipality of Villagrán. To carry out these evaluations or irrigation tests, they were done in accordance with the guidelines of NOM-O-167-SCFI-2001. The tape that was installed in the plots was a T-Tape brand with the following characteristics, a flow rate of 1.01 L/H at a pressure of 8 psi, with a maximum length of 120 meters. It is worth mentioning that when carrying out the tests it was observed that the average lengths of the tables sometimes reached 190 meters and that the working pressures were higher than that mentioned above and that pressures of 0 psi were also obtained. As a result of the evaluations, it was found that the efficiency of the drip irrigation system is affected by having a low uniformity coefficient, which is caused by not respecting the recommended specifications of the strips. In this case, 2 very marked cases were obtained in which a uniformity coefficient of 93.94% was obtained and another with 67.40%.

Keywords: *Uniformity coefficient, Drip irrigation evaluation, Flow rate.*

INTRODUCCIÓN

El objetivo es evaluar los parámetros (Caudal por emisor, caudal aplicado en el sector, coeficiente de uniformidad de presiones, lámina de riego aplicada, lámina requerida, eficiencia de aplicación y coeficiente de uniformidad) de un sistema de riego por goteo para determinar su eficiencia. Los escasos recursos del agua o crisis como se ha mencionado es un problema que desde hace años se ha venido comentando, sin embargo, aunque es un recurso vital para la vida y cualquier actividad, no se le ha dado la importancia que se merece. Por otro lado, el cambio climático, las malas eficiencias de aplicación en los sistemas de riego convencionales, especialmente el de gravedad, la poca capacitación, los altos costos de sistemas de riego presurizados y la falta de concientización de la población han contribuido a la sobreexplotación de los mantos acuíferos, por lo cual el problema del agua cada vez es más importante. El sistema de riego por goteo empezó a utilizarse en 1994 por la empresa Netafim, lo cual trajo consigo muchos beneficios como un avance

importante en el incremento de los rendimientos y calidad de los productos. Se han tratado de implementar estrategias para incrementar la eficiencia de aplicación y distribución en sistemas de riego, ya que el sector agrícola es el que más agua utiliza, aproximadamente un 84% del agua subterráneas, y también es el sector en donde más agua se desperdicia, aproximadamente un 50%. El sistema de riego por goteo, puede ser de forma superficial o subterráneo y a su vez estos sistemas pueden operar con cintillas o con mangueras, hay infinidad de cintillas las cuales dependen de acuerdo a diversos factores como es el gasto, calibre, espaciamiento entre emisores, etc. Los sistemas de riego por goteo, son sistemas costosos, pero muy rentables, que pueden llegar a tener más de un 90% de eficiencia en la aplicación del agua, utilizando un buen diseño y operación del equipo. Este sistema tiene la característica de que los riegos que se aplican son ligeros pero frecuentes, lo cual hace que el volumen de agua sea menor en comparación con un riego por gravedad y que esa agua va directamente a la zona radicular del cultivo lo cual incrementa la eficiencia. El uso eficiente o racional del recurso hídrico en la agricultura es de gran importancia para que esta, sea rentable y a su vez se tenga un buen manejo del recurso, aplicando el riego de acuerdo a las necesidades hídricas del cultivo en cada una de sus etapas fenológicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El procedimiento que se llevó a cabo en la localidad de Tovares, municipio de Villagrán, para el cálculo de las láminas de riego se utilizaron los siguientes datos, los cuales fueron estimados de acuerdo a su etapa fenológica y al mes en el que se realizaron las pruebas y con un tipo de cintilla cabe mencionar que esta no es nueva en su totalidad, y sus características son las siguientes: $K_c = 0.7$ $E_{To} = 4.42$ Marca T-Tape Separación entre goteros: 0.20 metros Gasto del gotero: 1.10 lph Longitud máxima: 120 metros Presión de trabajo: 8psi A continuación, se muestran los datos de las 10 parcelas sometidas a evaluación en donde se muestran el nombre de la parcela, largo de la parcela, ancho de la parcela, separación entre surcos, cintillas por surco, ancho del surco, líneas por surco y área efectiva del riego de cada una de las parcelas.

Cuadro 2. Datos De Las Parcelas.

<u>Parcelas</u>	<u>Largo (m)</u>	<u>Ancho(m)</u>	<u>Separación entre surcos</u>	<u>Cintillas por surco</u>	<u>Ancho del surco (m)</u>	<u>Líneas por surco</u>	<u>Area efectiva del riego (m²)</u>
Parcela 1	115	192	1	1	1	1	15,456
Parcela 2	90	140	1	1	1	1	8,820
Parcela 3	190	148	1	1	1	1	19,684
Parcela 4	126	182	1	1	1	1	16,052
Parcela 5	120	145	1	1	1	1	12,180
Parcela 6	115	192	1	1	1	1	15,456
Parcela 7	60	100	1	1	1	1	4,200
Parcela 8	115	122	1	1	1	1	9,821
Parcela 9	120	125	1	1	1	1	10,500
Parcela 10	190	175	1	1	1	1	23,275

En este cuadro contiene la información de los cultivos establecidos en cada una de las parcelas al momento de realizar las evaluaciones, así como el intervalo y tiempo de riego, el coeficiente del cultivo (kc) y la evapotranspiración (Eto) en cada una de las parcelas evaluadas.

<u>Parcelas</u>	<u>Cultivo</u>	<u>Intervalo de riego (días)</u>	<u>Tiempo de riego</u>	<u>Kc</u>	<u>Eto (mm/día)</u>
Parcela 2	Hortalizas	3	3	0.7	4.42
Parcela 3	Hortalizas	3	3	0.7	4.42
Parcela 4	Hortalizas	3	3	0.7	4.42
Parcela 5	Hortalizas	4	2	0.7	4.42
Parcela 6	Hortalizas	3	3	0.7	4.42
Parcela 7	Hortalizas	3	2	0.7	4.42
Parcela 8	Hortalizas	3	2	0.7	4.42
Parcela 9	Hortalizas	3	3	0.7	4.42
Parcela 10	Hortalizas	3	2	0.7	4.42

Las variables medidas fueron:

- Gasto de goteros (cinco goteros al inicio, cinco goteros en el 1er tercio, cinco goteros en el 2do tercio y 3er tercio)

- Presión de goteros.
- Presión en Cintilla.

El procedimiento para la obtención de datos de acuerdo a la NOM-O-167-SCFI-2001 es el siguiente:

- 1.-Se ubicó el sector de riego para la evaluación.
- 2.-Se caracterizó, es decir se midió el largo y ancho del sector y se dividió en 3 partes el ancho de la parcela o el número de líneas regantes y el largo del surco, esto para obtener 4 puntos de muestreo tanto horizontal como vertical.

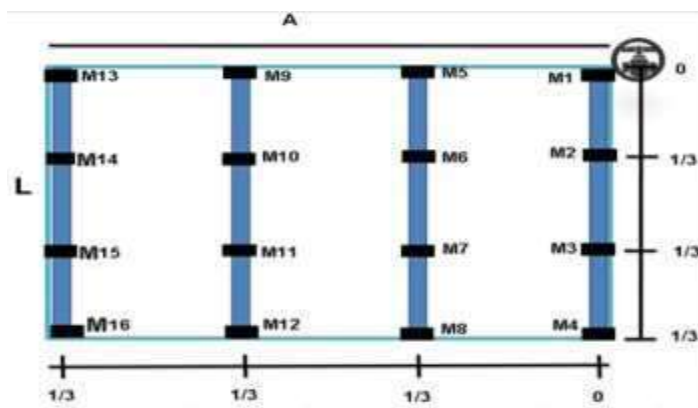


Figura 3. Diagrama para la captación del flujo en un sector de riego.

- 3.-La prueba de riego se realizó teniendo en cuenta que el sistema ya este presurizado correctamente.
- 4.-Se tomaron las presiones con un manómetro en la cabecera y al final del surco de cada línea evaluada, es decir de las 4 líneas.



Figura 4. Toma de presión con un manómetro en la cabecera.

5.- Después de que se tomaron las presiones, se esperó por lo menos 3 minutos para que se normalice la presión y se procedió a captar el volumen de 5 goteros con una canaleta de PVC al inicio, a 1/3, 2/3 y al final del surco teniendo en cuenta que las canaletas estuvieran correctamente instaladas y se tomó el tiempo de recolección de cada una.



Figura 5. Captación del volumen de 5 emisores con una canaleta.

6.-Se midió el volumen captado de los emisores de cada línea con una probeta de plástico graduada de 1 litro de capacidad.



Figura 6. Medición del volumen captado en la canaleta de 5 goteros.

7.- Con los datos obtenidos de la prueba se calcularon los siguientes parámetros:

- ✓ El gasto por emisor
- ✓ El coeficiente de uniformidad y su interpretación
- ✓ El coeficiente de las presiones.
- ✓ La eficiencia de aplicación
- ✓ Caudales (medio y medio del 25% más bajo)
- ✓ Lamina de riego

Resultados y Discusiones: Los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en los sectores de riego con diferentes características son los siguientes:

En el cuadro 4 se pueden observar las presiones registradas al principio y al final de cada surco tomadas en los cuatro puntos, es decir, al inicio, a un tercio, a dos tercios y a tres tercios del surco de cada surco, así como el coeficiente de uniformidad de las presiones en cada una de las parcelas evaluadas.

Cuadro 4.- Presiones Tomadas En Las Parcelas Evaluadas

Parcelas	Presión al inicio del surco (psi)				Presión al final del surco (psi)				C.U. de las presiones (%)
	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	
Parcela 1	9.5	8	8	8	7.5	7	6	5.5	82.9
Parcela 2	2	1	1	0	0	0	0	0	0
Parcela 3	13.5	10	10.5	10.5	2	2	4	2.5	31.5
Parcela 4	11	11	10	9	8	7.5	7.5	7.5	83.9
Parcela 5	13	13	12.5	12	10	9.5	9.5	9	84.4
Parcela 6	9.5	8	8	8	7.5	3.5	6	5.5	71.4
Parcela 7	5.5	5	5	5	4.5	4	4	4	87.7
Parcela 8	6	6	5	4.5	5	5	3	2.5	72.1
Parcela 9	9	8	8	6	6	8	8	6	81.4
Parcela 10	15	11	10	9.5	3.5	3	3.5	3.5	45.2

Este cuadro contiene los parámetros calculados con la información recabada en el momento en el que se realizó la evaluación, los cuales nos brindan la información necesaria para conocer el coeficiente de la uniformidad del riego en dichas parcelas.

Cuadro 5. Análisis De La Uniformidad Del Riego

Parcelas	Caudal medio (l/s)	Caudal por sección (l/s)	Numero de emisores por lectura	Caudal por emisor (l/s)	Caudal medio 25% mas bajo (l/s)	C.U. (%)	Interpretación de C.U.
Parcela 1	3.159	19.38	5	0.632	0.569	90.03	Excelente
Parcela 2	2.258	7.91	5	0.452	0.339	75.00	Aceptable
Parcela 3	2.591	20.23	5	0.518	0.379	73.17	Aceptable
Parcela 4	3.066	19.52	5	0.613	0.515	84.01	Buena
Parcela 5	4.535	21.92	5	0.907	0.852	93.94	Excelente
Parcela 6	3.026	18.55	5	0.605	0.474	78.35	Aceptable
Parcela 7	3.189	5.32	5	0.638	0.613	96.08	Excelente
Parcela 8	3.136	12.22	5	0.627	0.553	88.20	Buena
Parcela 9	2.612	10.88	5	0.522	0.443	84.87	Buena
Parcela 10	3.175	29.32	5	0.635	0.428	67.40	Inaceptable

Conclusiones: En el cuadro anterior, el coeficiente de uniformidad del riego está en función de la longitud del surco como el coeficiente de uniformidad de las presiones de la cintilla, por lo cual se debe de trabajar de la mano con la presión y la longitud del surco.

Otro punto importante es que en las parcelas 5, 7 y 10, podemos observar los siguientes datos:

En la parcela 5, se tiene un CU del 93.94% con una longitud de 120 metros y unas presiones en promedio de 12.5 al inicio y de 9.5 psi al final del surco.

En la parcela 7 se tiene un coeficiente de uniformidad del 96.08% y una longitud de 60 metros y una presión promedio de 5.1 psi al inicio del surco y de 4.4 psi al final del surco.

En la parcela 10 se tiene un coeficiente de uniformidad del 67.40% y una longitud de 190 metros y una presión promedio de 11.4 psi al inicio del surco y de 3.4 psi al final del surco.

Como podemos observar en la parcela 5, los valores de las presiones y el largo están dentro de las especificaciones recomendadas por el fabricante, en la parcela 7 aunque se tiene un mayor CU, las presiones no son las ideales, ya que, con estas presiones, se pueden tener problemas de taponamiento del emisor y también en las aplicaciones de las láminas de riego si es que estas se calcularan con el caudal de dicha cintilla que es de 1.01l/h, ya que este caudal esta dado a una presión de 8psi.

Y por último en el caso de la parcela 10, se tiene un cu muy bajo para un sistema de riego por goteo, esto debido principalmente al largo de la parcela, que excede la longitud máxima de la cintilla instalada y aunado a que las presiones al final del surco son muy bajas, con lo cual podemos comprobar que efectivamente al tener un cu bajo, la aplicación del agua en la parcela no sería uniforme y por ende la eficiencia del sistema no es buena.

LITERATURA CITADA

Agricultura, O. D. (2013). *Organización De Las Naciones Unidas Para La Alimentación Y La Agricultura*. Obtenido De Organización De Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura.

Agua, C. N. (19 de 10 de 2019). *Comisión Nacional del Agua*. Obtenido de Comisión Nacional del Agua: <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/agua-en-el-mundo>

- ALLUÉ, A. L. (04 de 2013). *Academia-e*. Obtenido de Academia-e:
<https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/7165>
- Angeles Montiel, v., Fernandez Carrillo, V. H., M. Bâ, K., & Díaz Delgado, C. (2002). *vdocuments.mx*. Obtenido de vdocuments.mx:
<https://vdocuments.mx/download/elementos-basicos-de-riego-presurizado.html>
- BRICEÑO, T. J. (2018). *Universidad Nacional Agraria La Molina*. Obtenido de Universidad Nacional Agraria La Molina: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4176/palacios-brice%C3%B1o-teresa-jezabel-evelyn.pdf?sequence=1
- Duarte, F. F. (31 de 05 de 2021). *Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo*. Obtenido de Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo: [https://idp.cimmyt.org/aprovechando-cada-gota/Estrada, M. R. \(12 de 2011\). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. Obtenido de \[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542011000400007\]\(http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542011000400007\)](https://idp.cimmyt.org/aprovechando-cada-gota/Estrada,M.R.(12de2011).RevistaCienciasTécnicasAgropecuarias)
- Herrera, A. E. (2016). *DSpace en ESPOL*. Obtenido de DSpace en ESPOL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/91605/D-CD88239.pdf
- Luis Santos Pereira, J. A. (3 de 2010). *Centro Regional de Estudios del Agua*. Obtenido de Centro Regional de Estudios del Agua: [https://crea.uclm.es/crea/download/files/El Riego y sus Tecnologias.pdf](https://crea.uclm.es/crea/download/files/El_Riego_y_sus_Tecnologias.pdf)
- Manuel Francisco Badillo, F. V. (10 de 2009). *awsassets*. Obtenido de awsassets:
http://awsassets.wwf.es/downloads/buenas_practicas_de_riego.pdf

Mendoza, A. E. (3 de 2013). *InfoAgronomo*. Obtenido de InfoAgronomo:

https://drive.google.com/file/d/1YmMWHCcgUiEyFvM_KP3v2_PpnEGGrXkP/view

Mundial, B. (5 de 10 de 2022). *Banco Mundial*. Obtenido de Banco Mundial : [https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture#:~:text=Actualmente%2C%20la%20agricultura%20representa%20\(en,la%20evapotranspiraci%C3%B3n%20de%20los%20cultivos\)](https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture#:~:text=Actualmente%2C%20la%20agricultura%20representa%20(en,la%20evapotranspiraci%C3%B3n%20de%20los%20cultivos))

Mundial, G. B. (14 de 06 de 2023). *bancomundial*. Obtenido de bancomundial:

<https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2023/06/14/the-hidden-wealth-of-nations-groundwater-s-critical-role-in-a-changing-climate>

Ortega, V. A. (2018). *Repositorio Universidad Tecnica de Ambato*. Obtenido de Repositorio Universidad Técnica de Ambato.

Prosap. (2016). *Prosap*. Obtenido de Prosap: <http://www.prosap.gov.ar/Docs/Protocolo%20General%20para%20Evaluacion%20de%20Riego%20por%20Goteo.pdf>

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, G. D. (s.f.). *SCRIBD*. Obtenido de SCRIBD:

<https://es.scribd.com/document/313850418/Instructivo-demandas-de-Agua>

Vado, P. F. (11 de 2020). *Universidad Nacional Agraria*. Obtenido de Universidad Nacional Agraria.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO FAMILIAR EN LA REGIÓN DE CELAYA, GUANAJUATO

Ofelia Mollinchka Hernández Flores¹; Berenice Rivera Cortez¹

¹Ingeniera en Hidrológica, Tecnológico Nacional de México-Roque, ¹Investigadora, Tecnológico Nacional de México. * Autor de correspondencia: berenice.rc@roque.tecnm.mx

RESUMEN

En el presente trabajo, se realizó el diseño, construcción y puesta en funcionamiento de un sistema acuapónico familiar en un espacio menor a 2.5m²; comenzando desde cero el diseño y sin ninguna referencia, hasta lograr el objetivo con su instalación y construcción. En la parte final de este trabajo, se analizarán los resultados obtenidos en la construcción del sistema y la eficiencia que este generó al reducir el gasto de agua para poder producir plantas y peces.

Palabras clave: *Acuaponía, Gasto, Eficiencia, Hidroponía, Acuacultura.*

ABSTRAC

In this work, the design, construction and start-up of a family aquaponic system was carried out in a space of less than 2.5m²; starting the design from scratch and without any reference, until achieving the objective with its installation and construction. In the final part of this work, the results obtained in the construction of the system and the efficiency that it generated by reducing water consumption to be able to produce plants and fish will be analyzed.

Keywords: *Aquaponics, Expenditure, Efficiency, Hydroponics, Aquaculture.*

INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta investigación fue diseñar y construir un sistema de recirculación de agua que permitiera producir alimentos en 1 m² sin desperdiciar agua. La justificación es que se tiene la intención de aprovechar el recurso natural, en un sistema que se produzcan alimentos orgánicos en poco espacio y con bajos costos, de manera que se pueda adoptar como tipo huerto familiar o de traspatio, utilizando un sistema RAS. Los sistemas RAS, por sus siglas en inglés, son sistemas de

recirculación acuícola, en la que menos del 10% del agua es remplazada diariamente, por lo que el uso del agua en estos es más eficiente que en técnicas tradicionales; El otro termino que hay que comprender es el de acuaponia, el cual se compone de dos técnicas ya conocidas como son: la acuacultura (producción de organismos acuáticos en condiciones controladas) e Hidroponia (todo lo referente a la agricultura sin suelo). Una vez teniendo claro estos, podemos seguir con lo que nos compete.

La problemática de la escasez de agua dulce y limpia, es cada vez más preocupante, no solo a nivel local y nacional, sino también a nivel mundial, por lo que nos hemos visto en la necesidad de crear nuevas técnicas para la producción de alimento, ya que, así como está reduciendo la disponibilidad del agua, también sigue en aumento la población mundial, por lo que es prioritario hacer lo más eficiente posible el uso del agua en general y en específico en el área de producción alimenticia.

La erosión del suelo, pérdida de nutrientes y calidad del mismo, reducción de espacio para las tierras de cultivo, son otros de los grandes problemas por los que se está viendo afectada el área de la producción alimenticia, por lo que la producción de alimento de manera intensiva y en menor espacio, es primordial para solventar esta necesidad para toda la población.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema se construyó en las instalaciones del Tecnológico Nacional de México campus Roque, en la unidad acuícola con la que esta cuenta y el proyectó se realizó en un periodo de seis meses (febrero – agosto de 2023). La unidad cuenta con un cercado, donde se instaló el proyecto, para tener las condiciones climático-ambientales lo más parecido al patio de un hogar en un espacio menor a 2.5m².

Para poder desarrollar el sistema, se usó como estanque para los peces un tanque IBC, una bomba de agua para la recirculación de la misma, una bomba de aire para uno de los filtros y para los peces, 6 cajas de plástico con una placa de unicel como tapa para colocar las plantas y las conexiones de aire y agua necesarias para que el sistema fuera cerrado y con recirculación constante 24/7. El diseño final del

sistema quedó de la siguiente manera, en la parte central el tanque IBC, los filtros a la altura del mismo del lado derecho y encima del tanque apoyadas en una estructura, las charolas para las plantas.

RESULTADOS

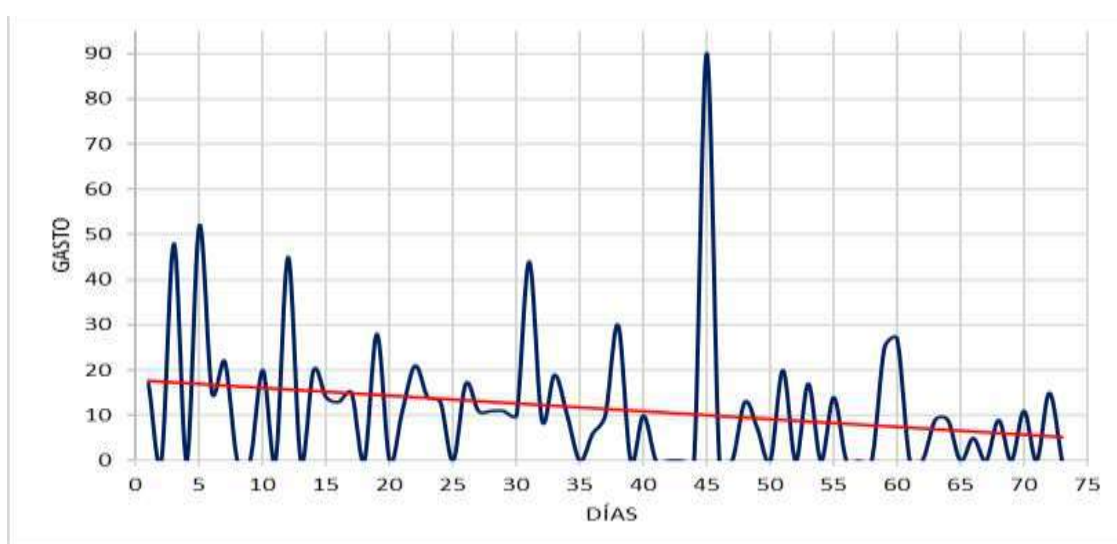
En base a la investigación desarrollada y la realización del diseño y construcción del proyecto presentado, podemos dar como resultados los siguientes puntos.

1.-Diseñar un sistema con un espacio menor a 2.5m². Lo primero que se logró, una vez que quedó terminado el sistema y en funcionamiento correcto, fue desarrollarlo en un espacio de 2.25m², los cuales la mayoría de las casas lo pueden tener en un patio, midiendo 1.5m de alto y de ancho.

2.-Construir el sistema y comprobar que recircula el agua. Se logró que el agua fluyera correctamente por todo el sistema, sin tener problemas de estancamiento o desbordes, partiendo desde cero hasta lograr el equilibrio. Se trabajó con 50 peces de tilapia gris (*Oreochromis Niloticus*) y con 9 diferentes especies de plantas, lechuga orejona (*Lactuca Sativa L: var. Longifolia*) chile serrano (*Capsicum annuum Serrano*), pimienta morrón (*Capsicum annuum morrón*), jalapeño (*Capsicum annuum jalapeño*), albaca (*Ocimum basilicum*), cilantro (*Coriandrum Sativum*), Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), jitomate saladet (*Solanum lycopersicum Roma*) y jitomate cherry (*Solanum lycopersicum var. Cerasiforme*), estos se pusieron dentro del sistema para comprobar que aún con el volumen que tienen, no se modifique el flujo del agua y mantenga su equilibrio dentro de todo el sistema, ya que la finalidad del proyecto es que funcione correctamente agregando estos.

3.-Reducir el gasto de agua para producir peces y plantas. El registro del agua se comenzó a tomar una vez que el sistema quedo en equilibrio, por lo que se obtuvo un total de 73 días o 73 registros, uno por día. De estos datos podemos sacar mucha información, como es:

a) Al inicio del proyecto el gasto era de 14lt en promedio y al mes, el gasto bajo a 8lt por día. b) Gasto de 0lt. Esto es por dos situaciones, una por falta de suministro de agua y la otra fue porque el gasto para rellenar era tan mínimo que mejor se omitía. c) Al lavar los filtros se tenía un mayor gasto de agua. Este no era un gasto exorbitante, pero si notorio ya que, en los procesos de limpieza de los filtros, se pierde agua, la cual se tiene que recuperar con el relleno. d) La frecuencia del lavado de los filtros, va aumentando conforme los peces van creciendo, ya que mientras más grandes estén, mayor será la generación de heces fecales y de residuos.



Elaboración propia

Q = Gasto

Los datos del registro están en lt/día.

Figura 1. Registro de los gastos de la inversión del sistema-

En el gráfico 1, se presenta la información sintetizada de las tablas para una mayor comprensión de los puntos explicados anteriormente.

Dentro de la misma unidad acuícola, al mismo tiempo de la realización de este proyecto, se estuvo realizando otro en tanques IBC, solo que este proyecto usó la técnica tradicional de recambio de agua, lo que sirvió de mucha utilidad como comparativo entre una técnica tradicional y la de la acuaponía. A continuación, se presenta una tabla comparativa entre ambos sistemas, dejando ver claramente el

uso eficiente del agua que se genera en la acuaponia y lo efectiva que es para el cuidado de este recurso tan valioso.

Comparación de sistemas.				
Sistema	Total de Q	Promedio diario de Q	Días	Peces en el sistema
Proyecto 1	837	11	73	50
Proyecto 2	11800	162	73	20

Proyecto 1 (P1) = Proyecto presentado en el documento presente.

Proyecto 2 (P2) = Proyecto de alimento y comparativo.

Término "Q" = Gasto de agua.

4.-Favorecer el uso eficiente del agua en lugares de escasez.

Gracias a todos los resultados presentados anteriormente, este punto quedó más que evidente, ya que el gasto del agua que se registró para poder producir peces y plantas fue muy por debajo de las actividades tradicionales, las cuales se siguen empleando en México incluso en los lugares de mayor escasez, como es el caso de Guanajuato.

CONCLUSIÓN

El proyecto diseñado, desarrollado y presentado en el presente documento, cumplió con las expectativas esperadas, ya que, gracias a los resultados obtenidos se pudo observar y comprobar que los sistemas acuapónicos como el presente, juegan un papel importante en el uso eficiente del agua, en la reducción del impacto ambiental, para la generación de alimento de buena calidad y con certeza de que no tiene químicos añadidos los cuales puedan dañar nuestra salud, así como apoyar la seguridad alimenticia de las familias en especial de las más vulnerables, por lo que la sugerencia, es que se continúe con el desarrollo, investigación y divulgación de este tipo de innovaciones.

LITERATURA CITADA

Castillo, O. (2022). Indicadores técnico-económicos de la producción del cultivo de tomate. Biotecnia, 73.

FAO. (9 de Abril de 2018). www.fao.org. Obtenido de www.fao.org: <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1113809/>

- GreenFacts. (13 de 7 de 2023). GreenFacts. Obtenido de <https://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/l-2/2-disponibilidad.htm#0>
- international, h. (2020). hydroponicsystems international. Obtenido de <https://hydroponicsystems.eu/es/ventajas-de-cultivo-de-tomate-en-sistemas-hidroponicos/>
- Pesquera, S. d. (29 de Abril de 2016). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/siap/articulos/hidroponia-sabes-que-es-y-como-funciona>
- Urbano, M. e. (s.f.). agrotendencia. Obtenido de agrotendencia: <https://agrotendencia.tv/agropedia/acuicultura/ras-sistemas-de-recirculacion-de-agua-en-acuicultura/>
- Urbano, M. e. (s.f.). agrotendencia . Obtenido de Acuaponía: qué es, para qué sirve, ventajas y desventajas: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/la-acuaponia/>
- Wheaton, F. W. (1982). Acuacultura, diseño y construccion de sistemas. Distrito Federal: AGT Editor, S.A.
- Zamora, A. V. (2018). Análisis y prespectivas de la acuaponia en México . Texcoco, Edo. Mex.

EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE EXTRACTO DE CHILE Y NEEM EN LA MORTALIDAD DE CHAPULÍN (*Sphenarium purpurascens*)

Cecilia Guzmán Mora¹; Luis P. Guevara Acevedo^{2§}; Nohemí Lara Mejía¹; Edgar Almaraz Quezada³; José J. Cimental Martínez³; Daniel Rodríguez Mercado²

¹Estudiante de ingeniería en Agronomía TecNM-campus Roque, carretera Celaya-Juventino Rosas, km 8, CP 30110, Celaya Guanajuato. ² TecNM-campus Roque, carretera Celaya-Juventino Rosas, km 8, CP 30110, Celaya Guanajuato. CESAVEG, Av. Siglo XXI No. 1156 Predio Los Sauces, CP 36547, Irapuato Guanajuato. [§]Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

Se colectaron chapulines en los municipios de Salvatierra y fueron llevados a laboratorio de Fitosanidad del Tecnológico Nacional de México campus Roque para llevar a cabo bioensayos de inmersión a concentraciones de 50, 100, 200, 300 y 400 ppm de extracto *Azadiractina indica* y 0.25, 0.50, 1, 1.50 y 2 % de extracto acuoso de *Capsicum annuum* y se sumergieron cuadros de 3x3 cm de hojas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) por un periodo de tiempo de 10 segundos, posteriormente se introdujeron 5 hojas y 5 chapulines a un frasco de vidrio tapado con tela organza para pasadas, se utilizaron 8 repeticiones por concentración, pasadas 48 h se contó el porcentaje de mortalidad de los chapulines. A partir de los datos obtenidos se llevó a cabo un análisis probit en donde se obtuvo las dosis letales medias de cada uno de los extractos dando como resultado un CL₅₀ de 125.82 para *Azadiractina indica* y 0.76 para el extracto de *Capsicum annuum*.

Palabras clave. *Bioensayo, azadiractina, Capsicum, extracto vegetal, plaga.*

ABSTRACT

Grasshoppers were collected in the municipalities of Salvatierra and taken to the Phytosanitary laboratory of the Tecnológico Nacional de México campus Roque to carry out immersion bioassays at concentrations of 50, 100, 200, 300 and 400 ppm

of *Azadirachtin indica* extract and 0.25, 0.50, 1, 1.50 and 2% of aqueous extract of *Capsicum annuum* and 3x3 cm squares of bean leaves (*Phaseolus vulgaris* L.) were immersed for a period of time after 10 seconds, then 5 leaves and 5 grasshoppers were introduced into a glass jar covered with organza fabric for passes, 8 repetitions per concentration were used, after 48 h the percentage of mortality of the grasshoppers was counted. From the data obtained, a probit analysis was carried out where the mean lethal doses of each of the extracts were obtained, resulting in an LC₅₀ of 125.82 for *Azadirachtin indica* and 0.76 for *Capsicum annuum* extract.

Keywords. *Bioessay, azadirachtin, capsicum, vegetable extract, pest.*

INTRODUCCIÓN

El chapulín común *Sphenarium purpurascens* es una plaga de importancia económica en diferentes estados de México siendo uno de los principales el estado de Guanajuato, afectando los cultivos de temporal de maíz, ocasionando pérdidas de hasta un 75 % de producción, esto se debe a su gran capacidad de migración ya que su lugar de eclosión es comúnmente en cerros y de ahí se desplazan a los cultivos cercanos (CESAVEG, 2017).

En los últimos años los insecticidas químicos han sido usados en el ámbito agrícola, sin embargo, estos han provocado una serie de daños tanto a los humanos como al ambiente, en las personas puedes ocasionar dolores de cabeza, vómito, manchas en la piel, dolor de ojos e intoxicación (Instituto Nacional de Salud Pública, 2020). Además, los daños que ha ocasionado al ambiente son diversos ya que se presenta contaminación en el agua, el suelo y el aire (del Puerto Rodríguez *et al.*, 2014).

Existen muchas plantas con propiedades para el manejo de insectos como neem (*Azadirachta indica*) y el chile (*Capsicum annuum* L.) (CIMMYT, 2016), Estas plantas contienen principios activos que son complejos fitoquímicos, es decir, metabolitos secundarios, cuya variedad y concentración pueden variar significativamente, lo que se traduce en diferentes beneficios. Estos compuestos además de combatir plagas actúan como estimulantes del crecimiento y fortalecen

la resistencia de las plantas frente a factores abióticos como la sequía, el granizo y las heladas (INIFAP, 2022).

La *Azadiractina indica*, extraída del árbol de neem, es un insecticida natural con múltiples ventajas sobre los químicos. Controla más de 550 especies de plagas y puede enriquecer el suelo como fertilizante. Además, actúa como antialimentario, repelente e inhibidor del crecimiento de plagas, favoreciendo el desarrollo de las plantas, sin representar riesgo para humanos, ganado, aves o peces (Xinyao *et al.*, 2023). Es por ello que el objetivo de la investigación fue evaluar la efectividad biológica de los extractos vegetales de *Capsicum annum* y *Azadiractina indica* en mortalidad del chapulín (*Sphenarium purpurascens*) bajo condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una recolección de chapulines con ayuda de una red entomológica en parcelas ubicadas en los alrededores del municipio de Salvatierra, los cuales fueron transportados al laboratorio de Fitosanidad en una jaula entomológica de pvc forrada de tela organza, inmediatamente fueron clasificados de acuerdo a la descripción morfológica de Arana *et al.*, 2014. Ya clasificadas se tomo el estadio de ninfa 3 y se realizaron bioensayo de inmersión de hojas siguiendo el método de Ramírez *et al.*, 2009. Para ello se utilizaron dosis de ingrediente activo de 50, 100, 200, 300 y 400 ppm para *Azadiractina indica*, 0.25, 0.50, 1, 1.5 y 2 % para extracto de *C. annum* y 0.58, 0.87, 1.45, 2.03 ppm más 1% de adherente de la marca Adhetec® (Agrobaj).

Se recolectaron hojas de frijol pinto saltillo las cuales se recortaron en cuadros de 3 cm x 3 cm las cuales con ayuda de unas pinzas fueron introducidas un total de 5 hojas a cada repetición, las cuales se dejaron secar durante un periodo de 30 minutos en servilletas de papel.

Una vez secas las hojas se introdujeron en frascos de vidrio junto con un total de 5 chapulines (*S. purpurascens*) y se tapó el orificio del frasco con tela organza y una

liga. Pasadas 48 h se realizó un conteo para verificar mortalidad de las ninfas, tendiendo como criterio de mortalidad cuando estas no presentaban movimiento al estímulo de un alfiler entomológico o pincel. Los valores del porcentaje de mortalidad de cada una de las dosis evaluadas se registraron mediante la prueba de corrección de mortalidad propuesta de Abbott (1925). Se estimaron los valores de Concentración Letal Media (CL_{50}) de cada insecticida por un análisis probit, mediante el método de máxima verosimilitud reportado por Finney (1971), utilizando el programa SAS system for Windows ver 9.0 (SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se observa la CL_{50} , límite fiducial, el CL_{90} y la ecuación de predicción de los extractos vegetales evaluados de *Azadiractina indica* y *Capsicum annuum* en la mortalidad de chapulín (*Sphenarium purpurascens*), para el caso de *Azadiractina indica* se observó una CL_{50} de 125.82 ppm y CL_{90} de 438.67 ppm, estos valores son superiores a los reportados por Sharaby *et. al.* (2012) en su investigación de aceites esenciales de plantas naturales para el control del saltamontes (*Heteracris littoralis*) con un CL_{50} de 0.075 ppm.

Y para el extracto de *Capsicum annuum* la CL_{50} observada fue de 0.76 ppm y de 2.03 ppm para la CL_{90} , siendo estos valores inferiores obtenidos por Castillo-Sánchez *et. al.*, (2012) quienes utilizaron extracto de *Capsicum chinense* obteniendo un CL_{50} de 294000 ppm en su investigación de actividad biológica in vitro del extracto de *Capsicum chinense* Jaq contra *Bemisia tabaci* Genn.

Los resultados obtenidos del CL_{50} de los extractos vegetales presento que la *Azadiractina indica* tiene un valor mayor 165.55 veces con respecto al CL_{50} del extracto de capsicum.

Cuadro 1. Dosis letal media, límites fiduciales, CL₉₀ y ecuación de predicción de los extractos vegetales de *Azadiractina indica* y *Capsicum annuum* en el control de chapulín (*Sphenarium purpurascens*).

Insecticida	CL ₅₀ (ppm)	Limite Fiducial (ppm)		CL ₉₀ (ppm)	Ecuac de Predicc
		LFI	LFT		
<i>Azadiractina indica</i>	125.82	36.01325	229.2868	438.67	$Y = -4.96 + 0.43$
<i>Capsicum annuum</i>	0.76	0.53678	1.02296	2.03	$Y = 0.35 + 66.14$

Los resultados obtenidos del CL₅₀ de los extractos vegetales presento que la *Azadiractina indica* tiene un valor mayor 165.55 veces con respecto al CL₅₀ del extracto de capsicum.

En la Fig.1 se muestra la línea dosis mortalidad de los extractos en estudio sobre N3 de chapulines (*S. purpurascens*) en donde se observa que para *C. annuum* se obtuvo una pendiente de 0.43 la cual es superior a la obtenida por Chibueze (2019) en donde obtuvo una pendiente de 0.0559 en donde utilizo extracto de *Capsicum frutescens* para el control de *Anopheles gambiae*.

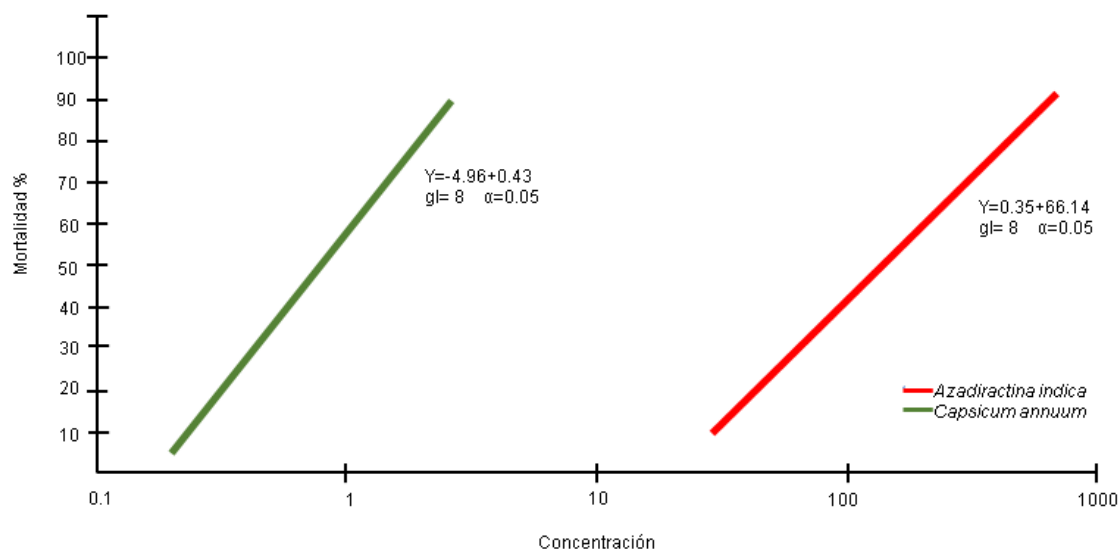


Figura 1. Línea dosis-mortalidad de los extractos de *C. annuum* y *Azadiractina indica* en la mortalidad del tercer estadio ninfal de chapulines (*S. purpurascens*) en hojas de frijol.

CONCLUSIONES

Para el control alternativo de chapulín (*S. purpurascens*) sin daño al medio ambiente y a la salud se recomienda la aplicación de 2.03 ppm de extracto vegetal de *Capsicum annuum*.

LITERATURA CITADA

- Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economy Entomology*. 18: 265-267
- Arana C. A., Huerta A., Espinoza F., Téllez J. A., Maqueda G. A. (2014). Control Biológico del Chapulín en México, *BioTecnología* 18 (1): 28-49.
- Castillo-Sánchez Luis Enrique, Jiménez-Orsorio Juan José, Delgado-Herrera María América. Actividad biológica in vitro del extracto de *capsicum chinense* Jaq contra *Bemisia tabaci* Genn. *Revista Chapingo serie horticultura*. 18(3): 345-356, septiembre 2012.
- CESAVEG (2017). Programa de trabajo de la campaña contra chapulín, del incentivo de prevención de plagas fitosanitarias reglamentadas del programa de sanidad e inocuidad agroalimentaria 2017 del estado de Guanajuato. 2 p.
- Chibueze Iza, Sylvester. Activities of Crude, Acetone and Ethanolic Extracts of *Capsicum frutescens* var. minima Fruit Against Larva of *Anopheles gambiae*. *Journal of enviromental treatment techniques*. 7(2): 196-200, junio 2019.
- CIMMYT (2016). ENLACE Revista de la agricultura de Conservación. Estado de México, México. 7(31). 2016.
- Del Puerto Rodríguez Asela M., Suarez Tamayo Susana, Palacio Estrada Daniel E. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. 52 (3): 372-387, septiembre 2014.
- Finney, DJ (1971) Análisis probit.

INIFAP (2022). Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos, elaboración de extractos vegetales. 8 p.

Instituto Nacional de Salud Pública. Los insecticidas. [en línea] <<https://www.insp.mx/avisos/4736-insecticidas.html>> [consulta: 03 octubre 2024].

Ramírez Lorena, Ramírez Natalia, Fuentes Luz Stella, Jiménez Jaime, Hernández-Fernández Javier. (2009). Estandarización de un bioensayo y evaluación preliminar de tres formulaciones comerciales de *Bacillus thuringensis* sobre *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera:Gelechiidae). junio 2009.

SAS Institute Inc. (2002). Guide for personal computers. SAS institute, Cary, N.C.

Sharaby Aziza, Sayed A. Montasser, Youssef A. Mahmoud, Sobhi A. Ibrahim. (2012) Natural Plant Essential Oils for Controlling the Grasshopper (*Heteracris littoralis*) and their Pathological Effects on the Alimentary Canal. ECOLOGIA BALKANICA. 4(1): 39-54, junio 2012

Xianyo Su, Zipheng Liang, Qiang Xue, Jia Lui, Xuemi Hao, Caixia Wang. (2023). A comprehensive review of azadirachtin: physicochemical properties, bioactivities, production, and biosynthesis. Acupuncture and herbal medicine. 3(4): 256-270, noviembre 2023.

EFFECTIVIDAD BIOLOGICA DE *Bacillus thuringiensis* Y THIAMETOXAM EN LA MORTALIDAD DE LARVAS DE *Plutella* *xylostella*

Dariana I. Ramírez Hernández¹; Brayan Salinas Martínez¹; Luis P. Guevara
Acevedo²; Christian U. Hernández Montoya²; José R. Cañada Peña¹; Berenice
Rivera Cortez²

¹Estudiante de ingeniería en Agronomía TecNM-campus Roque, Carretera Celaya

- Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ² TecNM-campus

Roque, Carretera Celaya - Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato.

³Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto. Autor de correspondencia:

luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El objetivo de esta investigación consistió en evaluar la efectividad biológica de i.a. *Bacillus thuringiensis* y *thiametoxan* en la mortalidad de palomilla dorso de diamante en hojas de brócoli. Primeramente, se trasplantaron plántulas de Vaneger® (Sakata) de 30 días de edad en contenedores de 1 L llenado con sustrato compuesto de tierra, vermiculita y peat most. Para determinar la efectividad biológica se prepararon soluciones de 1,10,25,50,100,300,500 y 1000 ppm de *Bacillus thuringiensis* Thurimic® (BioMic) y de 50,150,300,400,600,750 y 900 ppm de *Thiametoxam* Actara® (Syngenta), a la par se cortaron cuadros de hojas de brócoli (*Brassica oleracea*) libre de plagas y enfermedades y se introdujeron en cada una de las soluciones en estudio por 10 s y posteriormente se colocaron en toallas absorbentes por 30 min para que se secaran. Se efectuaron análisis del porcentaje de mortalidad correspondiente a cada una de las dosis registradas, utilizando la prueba de corrección de mortalidad propuesta por Abbott (1925) para validar los resultados y realizar comparaciones estadísticas significativas entre los tratamientos. Los valores de concentración letal media (CL₅₀) para cada insecticida fueron estimados mediante un análisis probit, aplicando el método de máxima verosimilitud descrito por Finney (1971), utilizando el software SAS para Windows (2002). Los resultados obtenidos indican que el thiametoxam mostró niveles

superiores de mortalidad en diversos intervalos temporales y a concentraciones bajas.

Palabras clave. *Plagas, insecticida, insecto, control biológico, palomilla dorso de diamante.*

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the biological effectiveness of i.a. *Bacillus thuringiensis* and thiamethoxan on the mortality of diamondback moth on broccoli leaves. First, 30-day-old Vaneger® (Sakata) seedlings were transplanted into 1 L containers filled with a substrate composed of soil, vermiculite and peat most. To determine the biological effectiveness, solutions of 1,10,25,50,100,300,500 and 1000 ppm of *Bacillus thuringiensis* Thurimic® (BioMic) and 50,150,300,400,600,750 and 900 ppm of Thiametoxam Actara® (Syngenta) were prepared, At the same time, squares of broccoli leaves (*Brassica oleracea*) free of pests and diseases were cut and introduced in each of the solutions under study for 10 s and then placed on absorbent towels for 30 min to dry. Analyses of the percentage of mortality corresponding to each of the doses recorded were carried out, using the mortality correction test proposed by Abbott (1925) to validate the results and make significant statistical comparisons between treatments. The mean lethal concentration (LC50) values for each insecticide were estimated by means of a probit analysis, applying the maximum likelihood method described by Finney (1971), using SAS software for Windows (2002). The results obtained indicate that thiamethoxam showed higher levels of mortality at different time intervals and at different concentrations.

Keywords. *Pests, insecticide, insect, biological control, diamondback moth.*

INTRODUCCION

La palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella* L.) (Lepidoptera: Plutellidae) se destaca como una de las principales plagas que afectan a las crucíferas a nivel global. El uso prolongado de plaguicidas ha disminuido la población de sus enemigos naturales, lo que ha alterado su control natural y ha favorecido el

desarrollo de resistencia a varios compuestos activos, como piretroides, carbamatos, organofosforados y reguladores de crecimiento (Lezcano, 2003). En el altiplano central de México los cultivos de brócoli y coliflor ocupan una superficie anual de 17,000 ha y 3,000 ha respectivamente, generando gran número de mano de obra. Uno de los principales problemas en la producción agrícola es el ataque de insectos fitófagos, entre los que se destaca la palomilla dorso de diamante, este lepidóptero, aunque no llega a disminuir los rendimientos, contamina el producto con el consecuente rechazo de la cosecha en los sitios de recepción. El ciclo biológico de la palomilla dorso de diamante dura de 19 a 28 días, la cual pasa por los estadios biológicos de huevecillo, larva, pupa y adulta. Las larvas se alimentan de la superficie inferior de la hoja, dejando la capa cerosa de la superficie superior intacta, por lo que se forman ventanas transparentes. En caso de infestación grave, se pueden llegar a destruir hojas enteras, dejando solo los nervios. Las larvas también se alimentan de las partes verdes y ricas en clorofila de los tallos y vainas, provocando el blanqueamiento del cultivo. (Arregui, 2010)

El principal método de control de esta plaga ha sido el uso de insecticidas, pero este ha perdido eficacia ya que esta plaga ha desarrollado resistencia a estos (Cid, 2021). El control de la mayoría de los insecticidas usados es de alto riesgo por su toxicidad, lo cual se agrava porque muchos agricultores no conocen su peligrosidad o no emplean los equipos apropiados para aplicarlos, dentro ellos se encuentran los neonicotinoides como el *thiametoxam* que se absorbe por las raíces y el follaje, y se distribuye por toda la planta. Actúa en el sistema nervioso de los insectos, impidiendo que se alimenten de la planta. Dentro de los insecticidas que no contaminan se encuentra *Bacillus thuringiensis* es el entomopatógeno más usado en el control biológico de plagas agrícolas debido a su alta especificidad insecticida, la cual es conferida por la capacidad que tiene de formar inclusiones parasporales de naturaleza proteica. Con el empleo de *Bacillus thuringiensis* en el control de *Plutella xylostella* reportaron eficiencias de hasta un 98 % de efectividad. Debiéndose ello al mecanismo de acción de las esporas o cristales de *Bacillus thuringiensis* que son capaces de paralizar las piezas bucales y el intestino conduciendo al insecto al cese de la alimentación (Mena, 2017).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el laboratorio de Fitosanidad del Instituto Tecnológico Nacional de México campus Roque (TecNMR). En este estudio se utilizaron plántulas de brócoli híbrido Avenger® (Sakata). Después de su trasplante, se colocaron en contenedores de 1 litro con sustrato compuesto de tierra, vermiculita y peat most, destinado a alimentar las larvas L2 de la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella* L.). Para criar estas larvas, se construyeron jaulas entomológicas con tubos de PVC cubiertas de tela organza.

Se diseñó un estudio experimental en el que se analizaron sus efectos en palomilla dorso de diamante, se realizaron ensayos de concentración-respuesta para determinar la dosis óptima de cada producto para la mortalidad de la palomilla, utilizando un método de inmersión de hoja. Se evaluaron ocho concentraciones de *Bacillus thuringiensis* Thurimic® (BioMic): 1, 10, 25, 50, 100, 300, 500 y 1000 ppm y de *Thiametoxam* Actara® (Syngenta): 50, 150, 300, 400, 600, 750 y 900 ppm, a cada dosis se le agregó un 1% de adherente Adhetec® y se agregó un grupo de control. Se realizaron cortes en forma circular en las hojas de brócoli con un diámetro de 8.0 cm, los cuales se sumergieron en cada una de las concentraciones analizadas durante 10 s. posteriormente se retiraron y se dejaron secar durante 30 minutos sobre toallas absorbentes. Transcurrido este tiempo, se dispusieron individualmente, con el envés hacia arriba en cajas Petri modificadas. A cada hoja se le añadieron 20 larvas L2, usando dos repeticiones para cada concentración. La mortalidad se evaluó a las 24 y 48 horas después del inicio del experimento, considerando como muertas aquellas larvas que no mostraron reacción al ser manipuladas mediante un pincel. Además, se realizaron análisis de porcentaje de mortalidad en cada una de las dosis registradas mediante la prueba de corrección de mortalidad propuesta por Abbott (1925), para validar los resultados y establecer comparaciones significativas entre los tratamientos. Se calcularon los valores de concentración letal media (CL₅₀) de cada insecticida de un análisis probit, aplicando el método de máxima verosimilitud descrito por Finney (1971) y utilizando el software SAS para Windows (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta evaluación comparativa de la toxicidad de *Bacillus thuringensis* y *Thiametoxam* se analizaron los valores de concentración letal media (CL₅₀), los límites de confianza (LFI y LFT) y la concentración letal al 90% (CL₉₀).

Estos resultados indican que *Thiametoxam* presenta una CL₅₀ de 2.529 ppm, lo cual es 86% más alto que la CL₅₀ de *Bacillus thuringensis*, que es de 1.353 ppm. Mientras que *Bacillus thuringiensis* es menos tóxico que *Thiametoxam*, ya que se requiere una concentración mayor de *Thiametoxam* para causar la misma mortalidad del 50% en los sujetos expuestos.

Cuadro 1. Análisis de Límite de Toxicidad y Predicción para *Bacillus thuringensis* y *Thiametoxam*

Extracto	CL ₅₀ (ppm)	Limite Fiducial (ppm)		CL ₉₀ (ppm)	Ecuac de Predicc
		LFI	LFT		
<i>Bacillus thuringensis</i>	1.353	1.221	1.472	2.852	Y= -1.15+37.79
<i>Thiametoxam</i>	2.529	2.317	2.714	3.139	Y=-5.31+21.86

El intervalo de confianza para *Bacillus thuringensis* es de 1.221 a 1.472 ppm (LFI y LFT), lo que indica que la estimación de la CL₅₀ es precisa. En comparación, el intervalo de confianza de *Thiametoxam* es de 2.317 a 2.714 ppm, lo que también sugiere una estimación precisa de 0.25 ppm, aunque con un valor más alto. La diferencia en las CL₅₀ y los valores de CL₉₀ también refuerza la idea de que *Thiametoxam* es más tóxico que *Bacillus thuringensis*, pues el CL₉₀ de *Thiametoxam* es de 3.139 ppm, mucho más alto que el de *Bacillus thuringensis* 2.852 ppm.

Las ecuaciones de predicción para ambos compuestos $Y = -1.15 + 37.79$ para *Bacillus thuringiensis* y $Y = -5.31 + 21.86$ para *Thiametoxam* proporcionan un modelo matemático para estimar la mortalidad en función de la concentración. Aunque ambas ecuaciones presentan una relación entre la concentración y la mortalidad, los coeficientes indican que *Thiametoxam* induce una mortalidad más

rápida a concentraciones más bajas en comparación con *Bacillus thuringiensis*. Esto es consistente con los valores más altos de CL₅₀ y CL₉₀ observados para *Thiametoxam*.

Los datos obtenidos en este experimento coinciden con los reportado de Rodríguez-Rodríguez (2021). Quien obtuvo valores de mayor mortalidad en *Thiametoxam* Actara® (Syngenta).

CONCLUSIÓN

En conclusión, los resultados obtenidos tienen implicaciones relevantes para la elección de compuestos en el control de plagas. *Bacillus thuringiensis*, al ser menos tóxico que *Thiametoxam*, representa una opción más segura, especialmente cuando se busca reducir los riesgos para organismos no objetivo, incluidos humanos y animales. Sin embargo, esta menor toxicidad puede implicar una menor eficacia en escenarios donde se requiere un control rápido o más extensivo de las plagas. En cambio, *Thiametoxam*, al ser más tóxico, podría ser preferido en situaciones que demandan un control más intensivo, aunque su uso debe manejarse con cautela debido a los posibles riesgos para el medio ambiente y otros seres vivos. Esto resalta la necesidad de usar *Thiametoxam* de manera controlada y en dosis adecuadas para minimizar efectos adversos no deseados.

LITERATURA CITADA

- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18(2), 265-267.
- Arregui, C., Sánchez, D., y Bertolaccini, I. (2010). Incidencia de algunos factores naturales De mortalidad de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). *Horticultura*, 29(68), 20-24.
- Cid, A. L. F. S. M. 2021. Control biológico por conservación de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: *Plutellidae*) Mediante el parasitoide *Diadegma insulare*

- (*Hymenoptera: Ichneumonidae*) en brócoli. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Texcoco, Edo. Mex. Mexico. 40 p.
- Finney, D.J. 1971. Probit Analysis. Cambridge at the Univ. Press. 3rd Ed. 120 p.
- Lezcano, J. A. 2003. Fluctuación poblacional de la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: *plutellidae*) En repollo. Cerro Punta, Panama. 1995. Ciencia Agropecuaria, (14), 106-115P.
- Mena. J. & Hernandez, J. (2017). *Brassicaceas* y perspectivas de control biológico del insecto plaga *Plutella Xylostella* (Lepidoptera: *Plutellidae*) utilizando *Bacillus thuringiensis*.
- Rodríguez-Rodríguez, J. F., Cerna-Chávez, E., Beltrán-Beache, M., Ochoa-Fuentes, Y. M., Landeros-Flores, J., & Guevara-Acevedo, L. P. (2021). Selección de Resistencia y Efectos Subletales de Cipermetrina en la Palomilla Dorso de Diamante (*Plutella xylostella* L.). *Nova scientia*, 13(26).
- SAS Institute Inc. 2002. Guide for personal computers. SAS institute. Cary, N.C.

EFFECTIVIDAD BIOLOGICA DE BIOINSECTICIDAS EN EL CONTROL DE *Plutella xylostella*

Brayan Salinas Martínez¹, J. Emiliano Nieto León¹, Paulino Vega Rodríguez²,
M.Eugenia Gallardo Rodríguez², L.Sandro Maldonado Méndez³, Luis P. Guevara
Acevedo^{2§}

¹Estudiante de Ingeniería en Agronomía TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ² TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ³Instituto Tecnológico Superior de Abasolo. Cuitzeo de 401 Cuitzeo de los Naranjos 36976, Los Naranjos, Abasolo, Gto. §Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESÚMEN

La palomilla dorso de diamante, *Plutella xylostella*, constituye una plaga importante en los cultivos de crucíferas como el brócoli, la coliflor y el repollo en Guanajuato, deteriorando la calidad de los productos en el mercado. Para mitigar su efecto, se han explorado alternativas sostenibles, siendo los aceites esenciales y extractos de plantas los más destacados. Se evaluaron los extractos de piretrinas y canela en larvas L2 de la palomilla dorso de diamante en plántulas de brócoli. Las plántulas de 30 días, se cultivaron en una mezcla de 1:1:1 de tierra, vermiculita Horticultural Supply® (KBW) y peat most. Para cumplir con el objetivo se utilizó un bioensayo por inmersión de hojas en el que se evaluaron concentraciones para piretrinas de 1, 10, 20, 35, 40, 50, 60 y 80 ppm y canela de 200, 500, 1000, 1800, 2500, 4000 y 6000 ppm, junto con un grupo de control. Cada hoja de brócoli se sumergió en las soluciones por 10 s y posteriormente dejó secar por 30 min antes de colocar 20 larvas en cada hoja para evaluar, utilizando dos hojas por concentración y a las 48 h de exposición se evaluó la mortalidad, para el análisis de resultados se realizó la corrección de mortalidad de Abbott y calculando la concentración letal media (CL₅₀), (CL₉₀) y la ecuación de predicción mediante un análisis probit con el programa SAS para Windows (2002). Los resultados muestran que el extracto de piretrina demostró ser efectivo en el control de la polilla dorso de diamante *Plutella xylostella* en cultivos de brócoli con una CL₅₀ de 30.77 ppm superando la eficacia del extracto de canela

(*Cinnamomum zeylanicum*). Estos resultados subrayan el potencial de los extractos naturales como alternativas sostenibles en la gestión de plagas agrícolas, promoviendo prácticas menos perjudiciales para el medio ambiente.

Palabras clave. Piretrinas, canela, mortalidad, palomilla dorso de diamante, crucíferas.

ABSTRAC

The diamondback moth, *Plutella xylostella*, is an important pest in cruciferous crops such as broccoli, cauliflower and cabbage in Guanajuato, deteriorating the quality of products in the market. To mitigate its effect, sustainable alternatives have been explored, being essential oils and plant extracts the most prominent. Pyrethrin and cinnamon extracts were evaluated on L2 larvae of the diamondback moth in broccoli seedlings. The 30-day-old seedlings were grown in a 1:1:1 mixture of soil, vermiculite Horticultural Supply® (KBW) and peat most. To meet the objective, a leaf dip bioassay was used in which concentrations for pyrethrins of 1, 10, 20, 35, 40, 50, 50, 60 and 80 ppm and cinnamon of 200, 500, 1000, 1800, 2500, 4000 and 6000 ppm were evaluated, along with a control group. Each broccoli leaf was immersed in the solutions for 10 s and then left to dry for 30 min before placing 20 larvae on each leaf for evaluation, using two leaves per concentration and at 48 h of exposure, mortality was evaluated. For the analysis of results, the Abbott mortality correction was performed and the mean lethal concentration (LC₅₀), (LC₉₀) and the prediction equation were calculated using a probit analysis with the SAS program for Windows (2002). The results show that pyrethrin extract proved to be effective in controlling the diamondback moth *Plutella ylostella* in broccoli crops with an LC₅₀ of 30.77 ppm exceeding the efficacy of cinnamon extract (*Cinnamomum zeylanicum*). These results underline the potential of natural extracts as sustainable alternatives in agricultural pest management, promoting less environmentally damaging practices.

Key words. Pyrethrins, cinnamon, mortality, diamondback moth, crucifers.

INTRODUCCIÓN

La palomilla dorso de diamante *Plutella Xylostella* ha sido considerada a nivel mundial con los años como una plaga importante en crucíferas, en Guanajuato se ha representado como uno de los insectos más peligrosos para los cultivos de brócoli coliflor y repollo, debido al efecto indirecto al contaminar con su presencia el producto comercial (Bujanós *et al.*, s/a). Las larvas se nutren de diversas plantas (Zhang *et al.*, 2012). Para enfrentar el reto de la gestión de plagas y la protección del medio ambiente, se han explorado alternativas que sean efectivas y sostenibles. Investigaciones han mostrado que los compuestos naturales, como aceites esenciales y extractos de plantas, funcionan como biocidas útiles contra diversas plagas y patógenos. Estos metabolitos secundarios se destacan no solo por su capacidad para controlar insectos dañinos, sino también por su menor impacto en la salud y el entorno (Isman, 2017). Entre ellos se encuentra el piretro (*Cinerariaefolium*) y el extracto de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) son de los extractos de plantas que han tenido efectos insecticidas notables (Pavela, 2016). Las piretrinas son insecticidas de origen natural o biológico obtenidos del extracto de pelitre o piretro de flores secas de *Chrysanthemum* (*Pyretrum*) *Cinerariaefolium* los cuales tienen rápida acción por contacto e ingestión, son totalmente biodegradables (Vásquez, 2019). Mientras que extracto de canela se obtiene de la corteza del árbol de *Cinnamomum zeylanicum*, (Bach y Gonzales, 2021), que contiene ingredientes naturales como el cinamaldehído y el ácido cinámico, que causan la muerte de los insectos, los repelen y disminuyen su consumo de alimentos. Estas sustancias también activan el sistema nervioso, lo que oculta las feromonas asociadas al apareamiento. Además, cuenta con compuestos que tienen propiedades fungicidas, los cuales evitan la germinación de esporas y el desarrollo del micelio en hongos fitopatógenos. Su efectividad se basa en el contacto directo, por lo que es crucial mojar bien toda la planta, incluyendo las hojas por ambas caras (Blog de Fagro, 2021).

Por consiguiente, este estudio tuvo como propósito evaluar la eficacia biológica de los extractos de piretrinas y canela en la mortalidad de la palomilla dorso de diamante en hojas de brócoli en condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el laboratorio de Fitosanidad del Instituto Tecnológico Nacional de México/IT Roque (TecNMR). Para ello se utilizaron plántulas de brócoli híbrido Avenger® (Sakata) de 30 días después de su trasplante se colocaron en contenedores de 1 L llenos de un sustrato compuesto por una mezcla de 1:1:1 de tierra, vermiculita Horticultural Supply® (KBW) y peat most para la alimentación de larvas L2 de la palomilla dorso de diamante, criadas en jaulas entomológicas construidas con tubos de PVC de ½ pulgada y de dimensiones 46x41x45 cm, cubiertas con tela organza.

Para determinar la eficacia biológica de los extractos de piretrinas y canela, se llevaron a cabo ensayos de efectividad biológica utilizando un método de inmersión de hojas (Zhao *et al.*, 2002). Se evaluaron ocho concentraciones del extracto de piretrinas: 1, 10, 20, 35, 40, 50, 60 y 80 ppm, y del extracto de canela: 200, 500, 1000, 1800, 2500, 4000 y 6000 ppm, a cada dosis se le agregó 1% de adherente Surfacid® (Quimia) y se incluyó un grupo de control, al cual se le añadió únicamente agua y adherente. Se procedió al recorte de dos círculos de tejido foliar de brócoli, cada uno con un diámetro de 8.0 cm, los cuales fueron sumergidos en cada una de las concentraciones analizadas durante un período de 10 segundos. Posteriormente, se retiraron y se dejaron secar durante 30 minutos utilizando toallas absorbentes. Una vez transcurrido este intervalo, las hojas se dispusieron de manera individual, con el envés hacia arriba, en cajas de Petri que presentaban un orificio en su tapa con un diámetro de 4 cm, las cuales fueron cubiertas con tela de organza. Inmediatamente después, se introdujeron 20 larvas de segundo estadio por cada hoja, realizando dos réplicas por cada concentración experimental. La mortalidad de las larvas fue evaluada a las 48 horas posteriores al inicio del experimento, estableciendo como criterio de mortalidad la ausencia de respuesta al

ser estimuladas con un pincel, considerando aquellas larvas que no reaccionaran como fallecidas.

Se registraron las tasas de mortalidad correspondientes a cada dosis analizada, aplicando la metodología de corrección de mortalidad desarrollada por Abbott en el año 1925. La Concentración Letal Media (CL₅₀) de cada insecticida fue determinada a través de un análisis probit, empleando el enfoque de máxima verosimilitud tal como se describe en el trabajo de (Finney, 1971). Para la ejecución de este análisis, se utilizó el software SAS para Windows, en su versión de 2002.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se muestran la concentración letal 50 (CL₅₀), los intervalos de confianza, la concentración letal 90 (CL₉₀) y la ecuación utilizada para predecir el efecto de los extractos de piretrina (*Cinerariefolium*) y canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre la mortalidad de la polilla dorso de diamante *Plutella xylostella* en las hojas de brócoli, se puede notar que la concentración letal media CL₅₀ del extracto de piretrina fue de 30.77 ppm, mientras que la concentración letal del CL₉₀ alcanzó los 253.95 ppm, este valor supera el que fue documentado por Rodríguez-Rodríguez *et al.* (2022) quienes llevaron a cabo una investigación sobre la eficacia de abamectina en el control de *Plutella xylostella* con un CL₅₀ de 1.3 ppm, el CL₉₀ de piretrina (*Cinerariefolium*) es inferior al reportado por el autor Melo (2017) quien evaluó los efectos del aceite esencial de naranjo dulce (*Citrus aurantium* var. *Dulcis*) en la mortalidad de *Plutella xylostella* con un CL₉₀ de 889,14 ppm

Mientras para el extracto de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) con una CL₅₀ de 1090 ppm y CL₉₀ de 13,233 ppm, este valor supera el que fue documentado por Rodríguez-Rodríguez *et al.* (2022) quienes estudiaron el efecto de chlorphenapyr en la reducción de la población de larvas de la palomilla y reportaron un valor de CL₅₀ de 7,3 ppm, el CL₉₀ de canela es superior al reportado por el autor Melo (2017) quien evaluó los efectos del aceite esencial de naranja agria *Citrus aurantium* var. *amara* en la mortalidad de *Plutella xylostella* con un CL₉₀ de 907,49 ppm.

Cuadro 1. Concentración letal 50 (CL₅₀), intervalos de confianza, concentración letal 90 (CL₉₀) y la ecuación utilizada para predecir el efecto de los extractos de piretrina (*Cinerariaefolium*) y canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre la mortalidad de la polilla dorso de diamante *Plutella xylostella* en las hojas de brócoli.

Extracto	CL ₅₀ (ppm)	Limite Fiducial (ppm)		CL ₉₀ (ppm)	Ecuac de Predicc
		LFI	LFT		
Piretrina (<i>cinerariaefolium</i>)	30.77	14.56	56.66	253.95	Y= -2.08+1.69
Canela (<i>cinnamomum zeylanicum</i>)	1090	332.83	3614	13,233	Y=-3.59+0.049

LFI=Limite Fiducial Inferior, LFS=Limite Fiducial Superior, Ecuac=Ecuación, Predicc=Predicción

En la Figura 1 se presentan los valores medidos para piretrina (*Cinerariaefolium*) y Canela (*Cinnamomum zeylanicum*), donde se observa una pendiente 1.69 para piretrina, este valor es inferior al reportado por el autor Rodríguez-Rodríguez *et al.* (2022) con una pendiente de 0,9432, y 0.049 para canela, este valor es inferior al reportado por el autor Rodríguez-Rodríguez *et al.* (2022) con una pendiente de 1,9746.

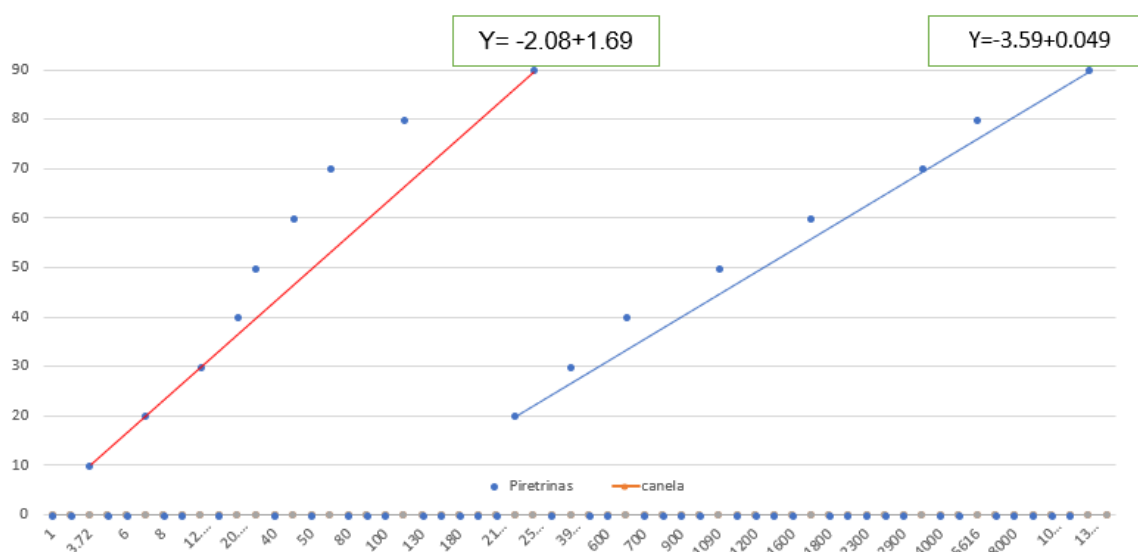


Figura 1. Evaluación de la línea de piretrinas y canela a través de un análisis probit.

CONCLUSIONES

El extracto de piretrina (*Cinerariaefolium*) ha demostrado ser eficaz en el control de la polilla dorso de diamante *Plutella xylostella* en hojas de brócoli en comparación con el extracto de canela (*Cinnamomum zeylanicum*). Estos hallazgos resaltan el potencial de los extractos naturales como alternativas viables para la gestión de plagas en la agricultura, fomentando prácticas más sostenibles y menos dañinas para el medio ambiente.

LITERATURA CITADA

- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18(2), 265-267.
- Bujanos, M.R., A. Marín, F. Galván & K.F. Byerly. (s/a). Manejo integrado de palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: *Yponomeutidae*) en el Bajío, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Asociación de procesadores de frutas y vegetales en general A.C. 36 p.
- De Melo, J. P. R. (2017). Produtos formulados a base de óleos essenciais para o manejo de populações de traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: *plutellidae*) resistentes a ingrediente activo deltametrina. [João Paulo Ramos de Melo \(ufrpe.br\)](http://JoãoPauloRamosdeMelo(ufrpe.br))
- Finney, D.J. 1971. Probit Analysis. Cambridge at the Univ. Press. 3rd Ed. 120 p.
- González, J., & Pérez, R. (2020). Eficacia de la rotenona como bioinsecticida en el control de *Plutella xylostella*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 38(1), 75-83. 10.1234/rmfifitopatologia.v38n1.12345.
- Isman, M. B. (2017). "Pesticides based on plant essential oils: A review including ecological and health considerations." *Environmental Science and Pollution Research*, 24(7), 6510-6533. DOI: 10.1007/s11356-017-1552-6.

- Kalemba, D., & Kunicka, A. (2003). "Essential Oils in Food Preservation, Safety, and Stability." *Food Control*, 14(5), 329-339.
- Pavela, R. (2016). History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects—a review. *Plant Protection Science*, 52(4): 229-241. <http://doi.org/10.17221/31/2016-pps>
- Rodríguez-Rodríguez JF, Cerna-Chávez E, Ochoa-Fuentes YM, Landeros-Flores J, Guevara-Acevedo LP (2022). Susceptibilidad a plaguicidas de la polilla de las crucíferas (*Plutella xylostella* L.) (Lepidoptera: *Plutellidae*) en el centro de México. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria* 118(1): 5-18. <https://doi.org/10.12706/itea.2021.014>
- SAS Institute Inc. 2002. Guide for personal computers. SAS institute. Cary, N.C.
- Vásquez, L. A. R. (2019). La Química en los pesticidas. In *La química orgánica aplicada a nuestro diario vivir* (1st ed., pp. 163–184). Sello Editorial Universidad de <https://doi.org/10.2307/j.ctv18dvts8.10>
- Zhang, P., Xie, D., & Zhang, Y. (2012). Host plant selection of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), under greenhouse conditions. *Journal of Pest Science*, 85(1), 1-[Efectos subletales y transgeneracionales del clorantraniliprol sobre los rasgos biológicos de la polilla dorso de 3. diamante, *Plutella xylostella* L. - ScienceDirect](#)
- Zhao J Z, Li Y X, Collins H L, Gusukuma Minuto L, Mau R F L, Thompson G D, Shelton A M. 2002. Monitoring and characterization of diamondback moth (Lepidoptera: *Plutellidae*) resistance to spinosad. *J Econ Entomol* 95: 430-436. Finney, D.J. 1971. Probit Analysis. Cambridge at the Univ. Press. 3rd Ed. 120 p.

EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE BIOINSECTICIDAS EN LA MORTALIDAD DE PALOMILLA DORSO DE DIAMANTE

J. Emiliano Nieto León¹, Luis P. Guevara Acevedo^{2§}, María E. Gallardo Rodríguez², Sarahyt S. González Figueroa³, Fernando G. Flores Guillen², C. Ulises Hernández Montoya², Brayan Salinas Martínez¹

¹Estudiante de ingeniería en Agronomía TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ² TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ³ INIFAP Campo Experimental Bajío, Carretera Celaya-San Miguel de Allende, km 6.5, CP 38010, Celaya Guanajuato. [§]Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

Se evaluó la efectividad biológica de *Metarhizium anisopliae* y del extracto de aceite neem en la mortalidad de larvas L2 de palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*) en hojas de brocoli, para ello se emplearon concentraciones de *M. anisopliae* *Metarhizumic*® (*BioMic*) que fueron de 1, 10, 50, 100, 300, 500 y 700 ppm, mientras que para el extracto aceite de neem Nimicide 80 Progranico® (Ultra química Agrícola) se usaron 1,000, 2,000, 5,000, 11,000 y 20,000 ppm, a cada solución se le aplicó adherente Surfacid® (Química) al 1%, al testigo se aplicó adherente y agua. Para la aplicación, se recortaron hojas de brócoli de 8 cm de diámetro, se sumergieron en cada concentración durante 10 s, se secaron sobre toallas absorbentes por 30 min y se colocaron individualmente en cajas Petri con el envés hacia arriba, en cada caja se introdujeron 20 larvas L2, y la mortalidad se evaluó 48 horas después. Los valores obtenidos de la mortalidad se registraron mediante la prueba de corrección de mortalidad propuesta por Abbott (1925) y se estimaron los valores de concentración letal media (CL₅₀) de cada insecticida por un análisis probit, mediante el método de máxima verosimilitud, utilizando el programa SAS para Windows (SAS, 2002). Los resultados muestran que *M. anisopliae* resultó más efectivo que el aceite de neem en el control de palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*) en hojas de brócoli, mostrando concentraciones letales más bajas, esto

sugiere que *M. anisopliae* es una opción viable de control biológico para reducir el uso de insecticidas químicos.

Palabras Clave. Aceite de neem, *Metarhizium anisopliae*, control biológico, hongos entomopatógenos, extractos vegetales

ABSTRACT

The biological effectiveness of *Metarhizium anisopliae* and neem oil extract on the mortality of L2 larvae of diamondback moth (*Plutella xylostella*) in broccoli leaves was evaluated using concentrations of *M. anisopliae* Metarhizumic® (BioMic) concentrations of 1, 10, 50, 100, 300, 500 and 700 ppm were used, while 1,000, 2,000, 5,000, 11,000 and 20,000 ppm were used for the neem oil extract Nimicide 80 Progranico® (Ultra química Agrícola). 1% Surfacid® (Química) adherent was applied to each solution, and 1% adherent and water were applied to the control. For the application, broccoli leaves of 8 cm in diameter were trimmed, immersed in each concentration for 10 s, dried on absorbent towels for 30 min and placed individually in Petri dishes with the underside upwards, 20 L2 larvae were introduced in each dish, and mortality was evaluated 48 hours later. The values obtained for mortality were recorded using the mortality correction test proposed by Abbott (1925) and the mean lethal concentration values (LC₅₀) of each insecticide were estimated by a probit analysis, by the maximum likelihood method, using the SAS program for Windows (SAS,2022). The results show that *M. anisopliae* was more effective than neem oil in controlling diamondback moth (*Plutella xylostella*) on broccoli leaves, showing lower lethal concentrations, suggesting that *M. anisopliae* is a viable biological control option to reduce the use of chemical insecticides.

Keywords. Neem oil, *Metarhizium anisopliae*, biological control, entomopathogenic fungi, plant extracts.

INTRODUCCIÓN

El brócoli (*Brassica oleracea*) forma parte de la familia de las Brassicáceas (Pino, 2016). Teniendo una producción de 24.2 millones de toneladas a nivel global, siendo China el principal productor con el 40% del total, mientras que México se encuentra

en la quinta posición, aportando el 2.1% y con un consumo per cápita de 1.1 kg (Zilli, 2018). Durante el 2020, en México, se sembraron 34 mil 472.21 hectáreas de brócoli, el volumen de producción fue de 614.436 mil toneladas. El estado de Guanajuato aportó 69.95% de dicha producción, seguido por Puebla y Michoacán (SIAP, 2020). Uno de los insectos plaga que afecta los cultivos de crucíferas en Guanajuato es la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella* L.), considerada la más difícil de controlar; aunque no disminuye el rendimiento del cultivo, provoca efectos indirectos al contaminar el producto comercial cosechado (Webb *et al.*, 2019). Es la plaga más dañina para el brócoli a nivel global y ha desarrollado resistencia a la mayoría de los insecticidas sintéticos utilizados en campo, lo que dificulta su control; un uso clave para regular su población es el control biológico natural (Sánchez y Arregui, 2010). Los hongos entomopatógenos, dentro de los controladores biológicos, destacan como microorganismos empleados para el control de diversos artrópodos, los infectan directamente a través de la penetración de la cutícula y ejercen múltiples mecanismos de acción confiriéndoles una alta capacidad para evitar que el hospedero desarrolle resistencia (Carranza, J. H., & Krugg, J. W., 2016). Uno de estos hongos es el *Metarhizium anisopliae*, cuyas esporas atacan al entrar en contacto con la cutícula de insectos susceptibles, las esporas germinan y atraviesan la cutícula, invadiendo el interior del insecto; una vez dentro, el hongo se propaga por todo el cuerpo, consumiendo los nutrientes del insecto, hasta matarlo (Díaz, 2018). De igual manera, el uso de extractos vegetales adquiere gran relevancia en el control de esta plaga, ya que es una técnica capaz de romper el ciclo repetitivo del uso de agroquímicos, contribuyendo así a restaurar el equilibrio de los ecosistemas, también se aplican tanto de manera preventiva, como para enfrentar un ataque severo, respetando el principio de no alterar los agro ecosistemas (Sobrino J. J. *et al*, 2016). Uno de estos productos es el extracto de aceite de Neem (*Azadirachta indica*), obtenido de la planta *A. indica*, este extracto interfiere en el ciclo de vida de los insectos, dificultando su metamorfosis, como el paso de larva a pupa. Además, impide que los insectos desarrollen un exoesqueleto resistente y frena su capacidad reproductiva (Rosas, 2016). Debido a esto, el objetivo de este trabajo es evaluar la efectividad biológica del hongo *Metarhizium*

anisopliae y del extracto de aceite de Neem en la mortalidad de palomilla dorso de diamante en hojas de brócoli bajo condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el laboratorio de Fitosanidad del Instituto Tecnológico de México/ITRoque (TecNMR). Para ello se trasplantaron plántulas de brócoli Avenger® (Sakata) a contenedores de unicel de 1 L. Para después, ser introducidas a jaulas entomológicas elaboradas con tubos de PVC de ½ pulgada y cubiertas con tela de organza, en donde se crio palomilla dorso de diamante. Para cumplir con el objetivo se realizó un bioensayo mediante métodos de inmersión de hoja para evaluar la efectividad biológica del hongo *Metarhizium anisopliae* y del extracto de aceite de Neem, evaluando diferentes concentraciones, para el hongo *Metarhizium anisopliae* *Metarhizumic*® (BioMic) concentraciones de 1, 10, 50, 100, 300, 500 y 700 ppm y para el extracto de aceite de neem Nimicide 80 Progranic® (Ultra química Agrícola) a concentraciones de 1,000, 2,000, 5,000, 11,000 y 20,000 ppm, a cada solución se aplicó adherente Surfacid® (Química) al 1 %, cada una se evaluó con un testigo el cual contuvo adherente más agua. Se recortaron hojas de brócoli de 8 cm de diámetro y se sumergieron durante 10 s en cada una de las concentraciones, posteriormente, se dejaron secar durante 30 min en toallas absorbentes, tras este tiempo, las hojas se colocaron individualmente con el envés hacia arriba en cajas Petri. Finalmente, se introdujeron 20 larvas de segundo estadio en cada caja Petri. La mortalidad fue evaluada 48 h después de iniciar el experimento, se consideró que las larvas estaban muertas cuando se tornaran a un color oscuro o cuando no reaccionaran al estímulo de un pincel.

Los valores del porcentaje de mortalidad de cada una de las dosis evaluadas se registraron mediante la prueba de corrección de mortalidad propuesta de Abbott (1925). Se estimaron los valores de Concentración Letal Media (CL₅₀) de cada insecticida por un análisis probit, mediante el método de máxima verosimilitud reportado por Finney (1971), utilizando el programa SAS para Windows (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan la CL₅₀, los límites fiduciales, la CL₉₀ y la ecuación de predicción del efecto del extracto de aceite de neem y del hongo *Metarhizium anisopliae* sobre la mortalidad de la palomilla dorso de diamante en hojas de brócoli. Se observa que la CL₅₀ del extracto de aceite de neem fue de 3572.0 ppm y la CL₉₀ de 12996.0 ppm, este valor de CL₅₀ es mayor al reportado por Rivera (2022), quien investigó el efecto del extracto acuoso de cicuta en larvas de *Plutella xylostella*, encontrando una CL₅₀ de 28.1 ppm, el valor CL₉₀ del aceite de neem es superior al investigado por De Melo (2017) que reportó el extracto de aceite de *Citrus aurantiifolia* con un CL₉₀ de 956.91 ppm también en larva de *Plutella xylostella*. Por otro lado, el hongo *Metarhizium anisopliae* mostró una CL₅₀ de 60.53407 ppm y una CL₉₀ de 873.90411 ppm, el cual es superior a lo reportado por Pirazán y Sandoval (2022), quienes evaluaron el efecto del hongo *Beauveria bassiana* en larvas de *Plutella xylostella* en repollo, obteniendo una CL₅₀ de 34.659 ppm, el CL₉₀ del hongo *Metarhizium anisopliae* es inferior al reportado por Fernandez (2003) reportando un CL₉₀ de 1.60×10^{10} ppm, de igual manera con el hongo *Beauveria bassiana*.

Cuadro 1. Concentraciones letales (CL₅₀ y CL₉₀), Límites Fiduciales y Ecuación de Predicción del hongo *Metarhizium anisopliae* y el extracto de aceite de neem para larvas de *Plutella xylostella*.

Producto	CL ₅₀ (ppm)	Limite Fiducial (ppm)		CL ₉₀ (ppm)	Ecuac de Predicc
		LFI	LFS		
Extracto de aceite de neem	3572.00	3105.00	4090.00	12996.00	$Y = -8.11 + 0.016$
<i>Metarhizium anisopliae</i>	60.53407	29.08594	114.92946	873.90411	$Y = -1.96 + 0.085$

LFI=Límite Fiducial Inferior, LFS=Límite Fiducial Superior, Ecuac=Ecuación, Predicc=Predicción

En la Fig.1 se muestran los valores obtenidos del extracto de aceite de neem y el *Metarhizium anisopliae*, mostrando una pendiente de 0.016 por parte del extracto de aceite de neem, que es mayor en comparación al investigado por Rivera (2022) que presenta una pendiente negativa de 2.68. Mientras que para el entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* se muestra una pendiente de 0.085 que es inferior a la

investigada por Pirazán y Sandoval (2022) que nos mostraron una pendiente de 2.17.

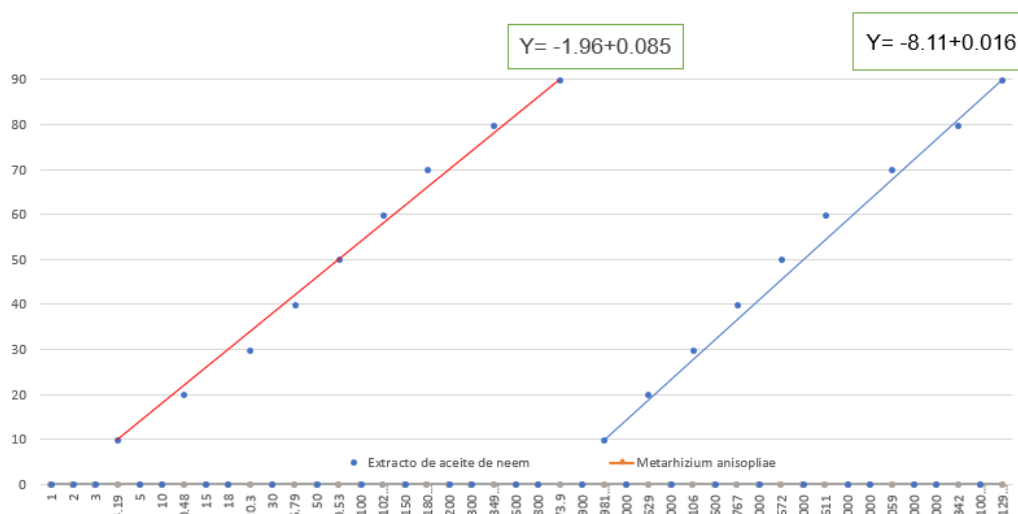


Figura 1. Línea de *Metarhizium anisopliae* y Extracto de aceite de neem mediante análisis probbit.

CONCLUSIONES

Para el control de palomilla dorso de diamante, el hongo *Metarhizium anisopliae* demostró ser más efectivo que el extracto de aceite de neem en hojas de brócoli, por lo tanto, se recomienda el uso de *Metarhizium anisopliae* como una alternativa de control alternativo ayudando a disminuir la dependencia a insecticidas químicos.

LITERATURA CITADA

- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18(2), 265-267.
- Carranza, J. H., & Krugg, J. W. (2016). Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre adultos y ninfas de *Oligonychus sp.* en condiciones de laboratorio. *Rebiol*, 36(1), 51-58.
- De Melo, J. P. R. (2017). Produtos formulados a base de óleos essenciais para o manejo de populações de traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* (L.)

(lepidoptera: *plutellidae*) resistentes ao ingrediente ativo deltametrina.
Recuperado de: https://ww2.ppgea.ufrpe.br/sites/default/files/testes-dissertacoes/joao_paulo_ramos_de_melo.pdf

Díaz Romero, E. E. (2018). Compatibilidad del control químico y biológico sobre larvas de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) bajo condiciones de laboratorio. [tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio institucional.
<http://www.repositorio.uaaan.mx:8080/handle/123456789/45105>

Fernández, C., Londoño, M., Jaramillo, J. (2003). Susceptibilidad de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: *Iponomeutidae*) a diferentes aislamientos nativos de *Beauveria bassiana* y su efecto adicional sobre otros lepidópteros asociados a la coliflor. Revista Colombiana de Entomología 29 (2): 211-219.

Finney, D.J. (1971). Probit Analysis. Cambridge at the Univ. Press. 3rd Ed. 120 p.

Pino, M. D. (2016). El cultivo de brócoli. Contacto Rural, 111-113.

Pirazán, Y. A., Sandoval, C. T. (2022). Susceptibilidad de *Plutella xylostella* (L.) a una cepa colectada en campo y una comercial de *Beauveria bassiana* (Balsamo), bajo condiciones in vitro en Pamplona, Norte de Santander. Universidad de Pamplona. Recuperado de:
<http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/8835>

Rivera-López, B. S. y Giraldo-Vanegas, H. (2022). Susceptibilidad de *Plutella xylostella* (L.) a tres extractos acuosos vegetales, bajo condiciones de laboratorio. Universidad de Pamplona. Pamplona, Norte de Santander.

Rosas, A. (2016). Efectividad biológica de extractos vegetales de *Quassia amara*, aceite de karanja, aceite de neem en el control pulgón lanígero *Eriosoma lanigerum* H. en el cultivo de manzano. [Tesis para obtener en título de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo, Universidad Autónoma Agraria Antonio

Narro]. <https://repositorio.uaaan.mx/bitstream/handle/123456789/7999/63972%20ROSAS%20CONTRERA%20%20%20S%2c%20ALBERTO%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez y Arregui, C. (2010). Incidencia de algunos factores naturales de mortalidad de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: *Plutellidae*), en el área centro este de Santa Fe, Argentina. *Horticultura Argentina* 29(68): 20-24.

SAS Institute Inc. 2002. Guide for personal computers. SAS institute. Cary, N.C.

SIAP, Sistema de Información Agrícola y Pecuaria. (2020). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, año 2019. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Sobrino J. J., Fernandez V. A., Ortega M. I. Castellanos G.L. (2016). Efecto insecticida del extracto de *Furcraea hexapetala* (Jacq.) Urban sobre *Plutella xylostella* L. *Centro Agrícola* 1 (43): 85-90.

Webb, S. E., Niño, A. and Smith, H.A. (2019). Manejo de Insectos en Crucíferas (Cultivos de Coles) (Brócoli, Repollo, Coliflor, Col, Col Rizada, Mostaza, Rábano, Nabos). *IFAS EXTENSION*, 1: 30.

Zilli, C., R. (2018). México, quinto productor mundial de brócoli. *El economista* (I) pág. 18- 19.

EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE INSECTICIDA QUÍMICO VS EXTRACTO VEGETAL EN LA MORTALIDAD DE CHAPULÍN

María G Bárcenas-Centeno¹, Luis P Guevara Acevedo^{2*}, Ricardo Y Lopez², José J
Cimental martines³, Edgar Almanza Quezada³

¹Estudiante de ingeniería en Agronomía TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato, TecNM– campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato, ³Av Siglo XXI #1156 predio, Los Sauces, C.P. 36547, Irapuato Guanajuato. Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

Según estudios, la plaga de chapulines y su gran proliferación puede reducir los rendimientos hasta en un 30% o más, se ha desarrollado en un tema crítico en la gestión de plagas agrícolas. A medida que se utilizan insecticidas de manera continua para controlar las poblaciones de chapulines. Es por ello que el objetivo de este trabajo fue comparar la efectividad biológica del extracto de higuierilla y el i.a. fipronil en la mortalidad de chapulín bajo condiciones de laboratorio. evaluando 5 concentraciones para cada insecticida, 1.0, 1.2, 1.5, 1.8 y 2.0 ppm para fipronil y para *Ricinus communis* 200, 300, 550, 750 y 850 ppm, se le agregó 1% de adherente Adhetec y al testigo solo se agregó agua y adherente. Se recortaron 5 cuadros de 3x3 cm de hojas de frijol por repetición, se evaluó por método de inmersión, para ello se sumergieron los cuadros por 10s en cada solución a evaluar, seguido de esto se dejaron secar por 30 min, ya que paso el tiempo definido se agregaron de forma individual 5 cuadros de hoja en frascos de vidrio de 125 mL con tapas de tela de organza junto con 5 ninfa N3 por repetición, haciendo 8 repeticiones por concentración. La mortalidad se evaluó a las 48 horas después del inicio del experimento. Se estimaron los valores de Concentración Letal Media (CL₅₀) de cada insecticida por un análisis probit, mediante el programa SAS para Windows (2002). Según los resultados, el i.a fipronil fue más efectivo que el de *Ricinus communis* en

el control de chapulín (*Melanoplus differentialis*) en hojas de frijol, mostrando un CL₅₀ de 1.43 ppm.

Palabras clave. plagas agrícolas, amplio espectro, ninfas tercer estadio, ppm, proliferación.

ABSTRACT

According to studies, the grasshopper infestation and its great proliferation can reduce yields by up to 30% or more, it has developed into a critical issue in agricultural pest management. As insecticides are continuously used to control grasshopper populations. That is why the objective of this work was to compare the biological effectiveness of castor oil extract and the a.i. fipronil in grasshopper mortality under laboratory conditions. Evaluating 5 concentrations for each insecticide, 1.0, 1.2, 1.5, 1.8 and 2.0 ppm for fipronil and for *Ricinus communis* 200, 300, 550, 750 and 850 ppm, 1% of Adhetec adhesive is added and to the control only water and adhesive were added. Five 3x3 cm squares of bean leaves were cut per replicate, and the test was performed by immersion method. To do this, the squares were immersed for 10 s in each solution to be evaluated, followed by letting them dry for 30 min. Once the defined time had passed, 5 squares of leaves were individually added to 125 mL glass jars with organza lids along with 5 N3 nymphs per replicate, making 8 replicates per concentration. Mortality was assessed 48 hours after the start of the experiment. The values of Median Lethal Concentration (LC₅₀) of each insecticide were estimated by a probit analysis, using the SAS program for Windows (2002). According to the results, the i.a fipronil was more effective than that of *Ricinus communis* in controlling grasshoppers (*Melanoplus differentialis*) on bean leaves, showing an LC₅₀ of 1.43 ppm.

Keywords. Agricultural pests, broad spectrum, third instar nymphs, ppm, proliferation.

INTRODUCCION

Las pérdidas en cultivos básicos como maíz, frijol, calabaza entre otras son de alta severidad, Según estudios, la paga de chapulines y su gran proliferación puede reducir los rendimientos hasta en un 30% o más, dependiendo de la infestación y la

etapa de desarrollo del cultivo. La distribución de los chapulines depende de la disposición y preferencia de su alimento. Ramírez-Méndez *et al.* (2019). Con respecto a la resistencia de insecticidas en chapulines, particularmente en el género *Melanoplus differentialis*, se ha desarrollado en un tema crítico en la gestión de plagas agrícolas. A medida que se utilizan insecticidas de manera continua para controlar las poblaciones de chapulines, estos han desarrollado múltiples estrategias para sobrevivir, lo cual ha creado un desafío significativo para los agricultores y las prácticas de manejo integrado de plagas (MIP). El problema de la resistencia se origina principalmente por el uso frecuente de los mismos productos químicos. (Cruz 2022). Lo que lleva a que algunos individuos desarrollen mutaciones que les permiten sobrevivir a la exposición a estos compuestos. La resistencia a insecticidas puede incrementar los costos de producción y requerir la implementación de estrategias de control más complejas y costosas Godínez-Mendoza *et al.* (2023). En relación a los insecticidas utilizados, uno de ellos químico y de amplio espectro como lo es el fipronil, Desde que este fue introducido en la década de 1990, ha demostrado objetivamente ser efectivo contra insectos masticadores y chupadores, como hormigas, pulgones y especialmente chapulines. Este es un veneno de contacto o estomacal que inhibe el canal de cloruro regulado por el ácido gamma-aminobutírico (GABA), lo que produce hiperexcitación, convulsiones, parálisis y muerte de los insectos Singh *et al.* (2021). En comparación con los insecticidas químicos, los insecticidas naturales han cobrado relevancia como alternativas más ecológicas frente a los productos químicos sintéticos en el control de plagas. Entre estos el extracto *Ricinus communis* que exhibe propiedades insecticidas al afectar el sistema nervioso de los insectos, lo que contribuye a su mortalidad, actúa principalmente por contacto y por ingestión, afectando a una amplia gama de plagas, además, tienen un efecto repelente, lo que impide que los insectos se alimenten o se acerquen al cultivo. López *et al.* (2021). Estos insecticidas naturales no solo presentan una opción efectiva para el manejo de plagas, sino que también reducen los riesgos asociados a la salud humana y al medio ambiente, lo que los convierte en una opción viable en la agricultura contemporánea. A pesar de sus ventajas, es esencial continuar investigando su

eficacia y seguridad para garantizar un uso apropiado. Es por ello que el objetivo de este trabajo fue comparar la efectividad biológica del extracto de higuierilla y el i.a. fipronil en la mortalidad de chapulín bajo condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico Nacional de México campus Roque, en el laboratorio de Fitosanidad, se colectaron chapulines del municipio de Tarimoro, Dolores Hidalgo y Celaya Gto a campo abierto para ello se usaron jaulas entomológicas cubiertas de tela organza, una vez en el laboratorio se clasificaron los chapulines por la clave de (Otte, D 1981) utilizando solo los de la especie *Melanoplus differentialis* en ninfas de tercer estadio. Evaluando la efectividad biológica de los ingredientes activos fipronil y *Ricinus cummunis*, evaluando 5 concentraciones para cada insecticida, para el ingrediente activo fipronil fueron de 1.0, 1.2, 1.5, 1.8 y 2.0 ppm y para sus dosis a utilizar fueron 200, 300, 550, 750 y 850 ppm, a cada dosis se le agrego 1% de adherente Adhetec y al testigo solo se agregó agua y adherente. Se recortaron cuadros de 3x3 cm de hojas de frijol de la variedad pinto saltillo, se evaluó por método de inmersión por 10s en cada respectiva solución a evaluar, seguido de esto se dejaron secar por 30 min cada una de las repeticiones, ya que paso el tiempo definido se agregaron de forma individual 5 cuadros de hoja en frascos de vidrio de 125 mL con tapas de tela de organza junto con 5 ninfas de chapulín de la especie *M. differentialis* por 5 cuadros de hoja poniendo 2 repeticiones por concentración. La mortalidad se evaluó a las 48 horas después del inicio del experimento, el criterio de mortalidad fue el hecho de que aquellos chapulines que no mostraban respuesta al ser estimulados por un alfiler, fueron anotados como fallecidos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se identificaron dentro del primer cuadro los limites fiduciales y ecuación de predicción en donde se observa que la CL₅₀ del ingrediente activo fipronil fue de 1.43 ppm y una CL₉₀ de 1.96 ppm, este valor es inferior al reportado por los investigadores (Bownik y Szabelak, 2021) quienes estudiaron efectos a corto plazo

del pesticida fipronil sobre criterios de valoración fisiológicos y de comportamiento de la pulga de agua (*Daphnia magna*) y reportaron un valor de CL₅₀ de 2.8 ppm.

Cuadro 1. CL₅₀, límites fiduciales, CL₉₀ y ecuación de Fipronil y *Ricinus communis* predicción del químico y efecto del extracto vegetal en la mortalidad de ninfas de tercer estadio de *Melanoplus differentialis* en hojas de frijol

Insecticida	CL ₅₀ (ppm)	Limite Fiducial (ppm)		CL ₉₀ (ppm)	Ecuac de Predicc
		LFI	LFT		
Fipronil	1.43	1.38	1.47	1.96	$Y=-1.45+35.98$
<i>Ricinus communis</i>	330.10	228.25	421.27	818.51	$Y=-8.18+0.17$

LFI=Límite Fiducial Inferior, LFS=Límite Fiducial Superior, Ecuac=Ecuación, Predicc=Predicción

Mientras para el extracto de *Ricinus communis* con una CL₅₀ de 330.10 ppm, con CL₉₀ de 818.51 ppm, este valor es inferior al reportado por el autor Ramos-López *et al.* (2012) quienes investigaron la actividad de los principales componentes de ácidos grasos del extracto de *Ricinus communis* contra gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) reportando un de CL₅₀ de 849 ppm.

De acuerdo con la CL₅₀ el i.a fipronil presento un valor superior de 230.83 veces con respecto a la CL₅₀ del extracto vegetal de *Ricinus communis*, dichos valores son superiores a los reportados por (De la Fuente, 2018), quien obtuvo un valor de 4.91 veces de eficiencia en caracterización de la resistencia a fipronil en *Plutella xylostella* L.

En la Fig. 1 se observa para el i.a fipronil se obtuvo una ecuación de predicción de $Y=-1.45+35.98$ y pendiente de 35.98, este valor es superior al reportado por los investigadores Rodríguez-Rodríguez *et al.* (2020) quienes reportaron una pendiente de 0.1018 en la evaluación de efectos subletales en el desarrollo de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) asociados a la resistencia a fipronil.

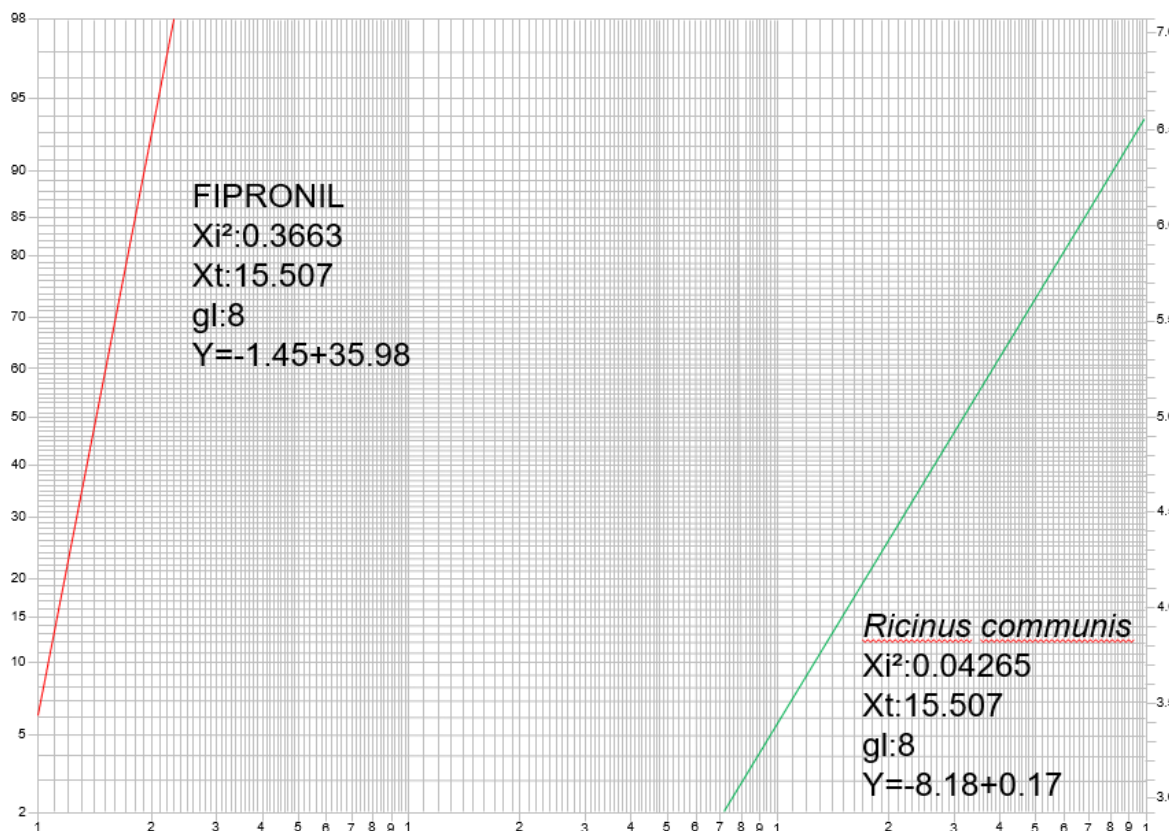


Figura 1. Líneas de respuesta dosis-mortalidad de *Melanoplus differentialis* a fipronil y extracto vegetal de *Ricinus communis* en hojas de frijol.

Para el extracto de *Ricinus communis* con ecuación de predicción de $Y = -8.18 + 0.17$ y pendiente de 0.17, este valor es superior al reportado por los investigadores Rodríguez-Rodríguez *et al.* (2016) quienes reportaron una pendiente de 0.68 en la evaluación de extractos vegetales sobre pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) (Hemiptera: Aphididae) en Sorgo.

CONCLUSIONES

El i.a fipronil mostro mayor efectividad en la mortalidad de chapulines (*Melanoplus differentialis*) en hojas de frijol, en comparación con el extracto vegetal de *Ricinus communis*, sin embargo el i.a fipronil suele ser un químico usado en la agricultura perjudicial para el medio ambiente además, debido al uso excesivo de plaguicidas y las aplicaciones inadecuadas se ha desarrollado resistencia a este, por lo cual se

recomienda el uso de alternativas orgánicas como lo es el extracto vegetal de *Ricinus communis* que mostro efectividad para el control de plagas en el cultivo de frijol, sin mencionar que sus efectos son menos tóxicos para el medio ambiente y la salud del ser humano.

LITERATURA CITADA

- Bownik, A., Szabelak, A. (2021) Short-term effects of pesticide fipronil on behavioral and physiological endpoints of *Daphnia magna*. Environmental Science and Pollution Research. 28(11):4–8
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-13091-6>
- Cruz, K. (2022). Pérdidas ocasionadas por *Sphenarium purpurascens* en *Zea mays* y *Medicago sativa*, y su manejo a base de hongos entomopatógenos en emulsiones de aceites. Centro interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional unidad Oaxaca. 1(77):13-20
http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx/xmlui/handle/LITER_CIIDIROAX/667
- De la Fuente, E. (2018). Caracterización de la resistencia a fipronil en *Plutella xylostella* L. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
<https://oai.uaaen.mx/bitstream/handle/123456789/45664/De%20La%20Fuente%20Guti%C3%A9rrez%20Eduardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Godínez-Mendoza, P; Rico-Chávez, A; Ferrusquía-Jimenez, N; Carbajal-Valenzuela, I; Villagómez-Aranda, A; Torres-Pacheco, I y Guevara-González, R. (2023). Strategies for Managing Insecticide Resistance. Crop Protection. 894(83).<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969723035064>
- Otte, D. (1981). The Orthoptera of North America. New York: The Academy of Natural Sciences. 2(117): 92-113.
[https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=yFpFVzxWe2UC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Otte,+D.+\(1981\).&ots=iE9RGxG68R&sig=OIPNjLKGcTuvw3It1mVg6e5DZjk#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=yFpFVzxWe2UC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Otte,+D.+(1981).&ots=iE9RGxG68R&sig=OIPNjLKGcTuvw3It1mVg6e5DZjk#v=onepage&q&f=false)
- Ramos-López, M; González-Chávez; Cárdenas-Ortega; Zavala-Sánchez y Pérez G (2012). Activity of the main fatty acid components of the hexane leaf extract

- of *Ricinus communis* against *Spodoptera frugiperda*. African Journal of Biotechnology. 11(18): 4274-4278
<https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/101107>
- Ramírez-Méndez, V; González-Villegas, R y Nájera-Rincón, M. (2019). Distribución y diversidad de chapulines (Orthoptera: Acridoidea) en agroecosistemas de maíz de la cuenca del lago de Pátzcuaro. Entomología agrícola. 6(7): 156–162 <https://acaentmex.org/entomologia/revista/2019/EA/EA%20156-162.pdf>
- Rodríguez-Rodríguez, J; Cerna-Chávez, E; Ochoa, Y y Hernández-Bautista, O. (2016). Evaluación de extractos vegetales sobre pulgon amarillo (*Melanaphis sacchari*) (Hemiptera: Aphididae) en Sorgo en Guanajuato. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias. 3(7): 18-24
https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias_Naturales_y_Agropecuarias/vol3num7/Revista_Ciencias_Naturales_V3_N7.pdf#page=25
- Rodríguez-Rodríguez, J; Cerna-Chávez, E; Ochoa-Fuentes, Y; Beltrán-Beache, M; Landeros-Flores, J y Guevara-Acevedo, L. 2020. Efectos subletales en el desarrollo de *Plutella xylostella* (Lepidoptera:Plutellidae) asociados a la resistencia a fipronil. SciELO. 65(1737): 2448-8445
- Senasica, (2020). Chapulín (plaga endémica). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria.
<https://www.gob.mx/senasica/documentos/chapulin-plaga-endemica-110886>
- Singh, N; Ranju, S; Sandeep, K y Kumar, S. (2021). A comprehensive review of environmental fate and degradation of fipronil and its toxic metabolites. ELSEVIER. 199(12): 1-5
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935121006101>
- Souto, L. A; Sylvestre, M; Tölke, D. E;Tavares, F.J; Barbosa-Filho, J y Cebrián-Torrejón, G. (2021). Recinolenin as a natural insecticide efficacy against agricultural pests. Phytochemistry Reviews. 26(16): 4835
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8400533/>

EFFECTO DE APLICACIÓN FOLIAR ORGÁNICA E INORGÁNICA EN TOMATE CHERRY (*Solanum lycopersicum* L.) VARIEDAD LEMON STAR

Davino Pérez Mendoza¹, J. Guadalupe García Rodríguez¹, Jesús Frías Pizano¹, José Eduardo Ruiz escobar¹, Danna Gabriela Ramírez Robles² Guadalupe Yaneli Magueyal Puentes³

¹Docentes del ITR, ²Estudiante ITR; Egresada ITR, email: davino.pm@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el Efecto de aplicación foliar orgánica e inorgánica en tomate cherry (*Solanum lycopersicum*) variedad Lemon Star. El experimento se realizó en el invernadero experimental del TecNM-Roque, ubicada en el Km 8 de la carretera Celaya-Juventino Rosas, en el municipio de Celaya, Guanajuato. El experimento se estableció bajo un diseño en completamente al azar con tres tratamientos, cinco repeticiones obteniendo un total de 15 unidades experimentales (UE). El trasplante se realizó el día 23 de noviembre de 2023. Los tratamientos evaluados fueron: Testigo- (T1): Kynetic4, RB – Max 25 (T2), Vita Krone (T3). Las variables evaluadas fueron: Altura de la planta (AltPI), Diámetro de Tallo (DmTI), Diámetro ecuatorial (DmEc), Diámetro polar (DmPo), Peso del fruto (Peso) y Grados brix (GrBx). El mejor tratamiento fue el 3 con la aplicación de Kynetic4®. De acuerdo a los resultados obtenidos, la mejor altura de panta la presento RB – Max 25®, para diámetros de tallo el tratamiento a base de Kynetic4®, al igual que grados brix, para diámetro polar el tratamiento a base de RB – Max 25® y para diámetro ecuatorial y rendimiento el tratamiento a base de Kynetic4®. El análisis del ANOVA se realizó mediante el paquete estadístico SAS Versión 9.4.

Palabras clave: Fertilización, orgánica, inorgánica, Cherry, variedad

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of organic and inorganic foliar application in cherry tomato (*Solanum lycopersicum*) variety Lemon Star. The experiment was carried out in the experimental greenhouse of the TecNM-Roque,

located at Km 8 of the Celaya-Juventino Rosas highway, in the municipality of Celaya, Guanajuato. The experiment was established under a completely randomized design with three treatments, five replications obtaining a total of 15 experimental units (UE). The transplant was performed on November 23, 2023. The treatments evaluated were: Control- (T1): Kynetic4, RB – Max 25 (T2), Vita Krone (T3). The variables evaluated were: Plant height (AltPI), Stem diameter (DmTI), Equatorial diameter (DmEc), Polar diameter (DmPo), Fruit weight (Weight) and Brix degrees (GrBx). The best treatment was treatment 3 with the application of Kynetic4®. According to the results obtained, the best height of the plant was presented by RB – Max 25®, for stem diameters the treatment based on Kynetic4®, as well as brix degrees, for polar diameter the treatment based on RB – Max 25® and for equatorial diameter and yield the treatment based on Kynetic4®. The analysis of ANOVA was performed using the SAS Version 9.4 statistical package.

Keywords: *Fertilization, organic, inorganic, Cherry, variety*

INTRODUCCIÓN

El tomate es una de las hortalizas más consumidas en el mundo debido a los diversos tipos y formas que presenta para su consumo. Actualmente el 50% de la producción se concentra en los estados de Sinaloa, San Luis Potosí, Michoacán, Zacatecas y Jalisco, donde la producción es mayoritariamente a cielo abierto durante otoño-invierno, por lo que las plantaciones están a expensas de una temporada invernal adversa, que suele generar pérdidas importantes. Ahora bien, los estados con mayor rendimiento promedio son Querétaro, Nuevo León, Coahuila y Puebla, todos con un rendimiento que supera las 300 t/ha, debido principalmente a las inversiones realizadas en agricultura protegida y que tienen como objetivo la exportación a mercados donde se obtengan mejores precios de venta (Bastida, 2021).

El rendimiento y calidad en la producción de tomate es de suma importancia para los productores que se dedican a esta actividad. La fertilización foliar es una de las técnicas más utilizadas e importantes para mejorar la calidad y aumentar

productividad de los cultivos, la misma sirve como complemento de una buena fertilización de base realizada al suelo (Dominicanos, 2021).

La fertilización foliar es una herramienta importante para el manejo sostenible y productivo de los cultivos, y tiene una importancia comercial significativa en todo el mundo. La justificación para el uso de fertilizantes foliares incluye: cuando las condiciones del suelo limitan la disponibilidad de nutrientes aplicados al suelo; en condiciones en las que pueden ocurrir altas tasas de pérdida de nutrientes aplicados al suelo; cuando la etapa de crecimiento de la planta, la demanda interna de la planta y las condiciones ambientales interactúan para limitar el suministro de nutrientes a los órganos críticos de la planta (Fernandez, 2018)

Existen dos tipos de fertilización, orgánico e inorgánico. Lo orgánico se origina por la descomposición de residuos animales o vegetales, mientras que lo inorgánico se puede obtener de forma natural por medio de minerales extraídos de la tierra o también se puede producir artificialmente en los laboratorios (Franquesa, 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente proyecto se realizó en el invernadero de investigación ubicado en el Instituto Tecnológico de Roque ubicado en Carretera, Juventino Rosas - Celaya Km.8, 38110 Celaya, Gto.

El diseño experimental se realizó de acuerdo a un diseño experimental completamente al azar, en donde se prepararon 3 camas a doble hilera, se establecieron 3 tratamientos y 5 repeticiones, dando como resultado 15 unidades experimentales. Tales tratamientos se aplicaron son los siguientes: Tratamiento 1: Kynetic4, con dosis de 75 mL, Tratamiento 1: RB – Max 25, con dosis de 4 mL, Tratamiento 1: Vita Krone, con dosis de 25 mL/L de agua.

Se realizó el tutorado de tomate para dar sostén en el desarrollo de la planta, todo ello realizado con anillo de plástico adherido a la rafia de sostén. Se hizo el tutorado con rafia colocando un anillo en los tallos de las plantas para guiarlas. Se realizó la práctica eliminando brotes axilares, que se encuentran entre la hoja verdadera y el

tallo principal, dejando en la planta dos tallos principales, esta actividad se realizó una vez por semana.

Se aplicaron riegos al cultivo uniendo el servicio de tubería a la bomba de agua y se mandaba el agua a presión por toda la cinta de riego para que empezará a gotear de manera proporcional. La fertilización consistió en tres principales productos Kynetic4, RB – Max 25 y Vita Krone.

La cosecha se realizó de forma manual, cortando el racimo de las plantas. Las variables evaluadas fueron altura de planta, la cual se determinó midiendo desde la base de la planta hasta la parte apical con ayuda de un flexómetro, la variable se tomó desde la parte de la base de la planta con la ayuda de un vernier digital, para datos más precisos, para diámetro ecuatorial y polar del fruto, se utilizó un vernier digital para la toma de estos datos, para el diámetro ecuatorial se midió el ancho del fruto, mientras que para el diámetro ecuatorial se media del cáliz hasta el ápice del fruto, para grados brix se utilizó un refractómetro, en el que se realizó un corte al fruto para colocar una gota de jugo de tomate en el cual se determinaba los grados brix del fruto y finalmente para la variables de rendimiento específicamente peso de fruto y rendimiento total, se utilizó una báscula para obtener el peso de los frutos y rendimiento total.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base a los resultados obtenidos podemos observar que, si se presentaron diferencias significativas (Duncan= 05), donde el tratamiento 3 (Kynetic4®) a los 34, 49 y 139 días después del trasplante obtuvieron los valores más altos, con medias de 62.33, 89.05 y 244.20 cm, respectivamente, seguida del tratamiento 2 (RB – Max 25®) del día 64 al día 124 después del trasplante, con valores de 115.75, 137.35, 160.55, 185.80 y 212.20 cm, respectivamente. Con los valores más bajos el tratamiento 1 (Vita Krone®) del día 34 al día 139 después del trasplante con medias 58.21, 83.43, 104.68, 121.96, 142.08, 167.33, 193.70 y 217.98 cm, respectivamente.

Cuadro 2. Comparación de medias de la variable de altura de planta (AlPta) del cultivo de tomate cherry ciclo otoño invierno del 2023-2024.

Trat	AlPta 34ddt	AlPta 49ddt	Trat	AlPta 64ddt	AlPta 79ddt	AlPta 94ddt	AlPta 109ddt	AlPta 124ddt	Trat	AlPta 139ddt
3	62.33a	89.05a	2	115.75a	137.35a	160.55a	185.80a	212.20a	3	244.20a
2	59.45a	85.50a	3	114.11a	133.86a	154.61ab	177.18ab	207.93a	2	236.50a
										b
1	58.21a	83.43a	1	104.68a	121.96a	142.08b	167.33b	193.70a	1	217.98b

Trat. = Tratamiento, AlPta= Altura Planta, ddt=Días después de trasplante

En un trabajo de investigación denominado: Piedra pómez, tezontle y soluciones nutritivas en el cultivo de tomate cherry, se obtuvieron valores medios de entre 117.80 cm y 340.80 cm de altura de planta (Luna, 2021). Estos valores son superiores a los obtenidos en la presente investigación, los cuales se obtuvieron promedios que van desde 58.21 cm como mínimo hasta 244.20 cm como máximo.

Con base a los resultados obtenidos podemos observar que, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (Duncan= 05), donde el tratamiento 1(Vita Krone®) a los 34 días después del trasplante obtuvo el valor más alto con media de 6.90 mm, seguida del tratamiento 3 (Kynetic4®) del día 49 al día 94 después del trasplante, con valores de 9.77, 11.17, 12.66 y 13.69 mm, respectivamente, posteriormente el tratamiento 2 (RB – Max 25®) del día 109 al día 139 días después del trasplante con medias de 15.09, 16.75 y 18.15 mm, respectivamente. Con los valores más bajos el tratamiento 2 (RB – Max 25®) del día 34 con media 6.55 mm, seguido del tratamiento 1 (Vita Krone®) del día 49 al día 139 días después del trasplante con medias de 8.59, 10.23, 11.48, 12.75, 13.94, 14.96 y 16.34 mm, respectivamente.

Cuadro 3. Comparación de medias de la variable de diámetro de tallo (DmTI) del cultivo de tomate cherry ciclo otoño invierno del 2023-2024.

Trat	DmTI 34ddt	Trat	DmTI 49ddt	DmTI 64ddt	DmTI 79ddt	DmTI 94ddt	Trat	DmTI 109ddt	DmTI 124ddt	DmTI 139ddt
1	6.90 ^a	3	9.77a	11.17a	12.66a	13.69a	2	15.09a	16.75a	18.15a
3	6.75 ^a	2	8.84a	10.87a	12.44a	13.63a	3	14.69a	15.67a	17.23a
2	6.55 ^a	1	8.59a	10.23a	11.48a	12.75a	1	13.92a	14.96a	16.32a

Trat. = Tratamiento, DmTI= diámetro de tallo, ddt=Días después de trasplante

En un trabajo de investigación denominado: Aplicación de diferentes dosis de humus de lombriz en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller) variedad cherry en ambientes atemperados en el municipio de el alto, se obtuvieron valores medios de entre 9.45 mm y 10.72 mm de diámetro de tallo (Blanco, 2018). Estos valores son inferiores a los obtenidos en la presente investigación, los cuales se obtuvieron promedios que van desde 6.55 mm como mínimo hasta 18.15 mm como máximo.

Para la variable de grados brix podemos observar que, si se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (Duncan= 05), donde el tratamiento 3 (Kynetic4®) en las fechas 1, 2,3 y 4 obtuvieron el valor más alto con medias de 5.92, 5.92, 6.74 y 6.66 grados, respectivamente, seguido del tratamiento 2 (RB – Max 25®) de las fechas 5 y 6, con valores de 5.40 y 6.35 grados, respectivamente. Con los valores más bajos el tratamiento 1 (Vita Krone®) de las fechas 1, 2, 3, 5 y 6 con media de 5.03, 5.24, 5.66, 5.01 y 5.32 grados, respectivamente, seguido del tratamiento 2 (RB – Max 25®) de la fecha 4 con media de 6.33 grados brix.

Cuadro 4. Comparación de medias de la variable de grados brix (GrBx) del cultivo de tomate cherry ciclo otoño invierno del 2023-2024.

Trat	GrBx1	Grbx2	Grbx3	Trat	Grbx4	Trat	Grbx5	Grbx6
3	5.92a	5.92a	6.74a	3	6.66a	2	5.40a	6.35a
2	5.35ab	5.24a	5.90a	1	6.53a	3	5.33a	5.63a
1	5.03b	5.24a	5.66a	2	6.33a	1	5.01a	5.32a

Trat. = Tratamiento, GrBx= grados brix

En el trabajo de investigación denominado: Producción de tomates cherry por organoponía con aplicación de sustrato y extracto de Stevia rebaudiana Bertoni bajo cobertor de cultivo en la estación experimental El Mantaro Jauja, se obtuvieron valores medios de entre 6.71 y 13.69 de grados brix (Lujan, 2018). Estos valores son superiores a los obtenidos en la presente investigación, los cuales se obtuvieron promedios que van desde 5.03 como mínimo hasta 6.74 como máximo

Con base a los resultados obtenidos podemos observar que, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (Duncan= 05), sin embargo se presentan los datos a manera de información, donde el tratamiento 3 (Kynetic4®) de la fecha 1, 4, 5 y 6 obtuvieron los valores más altos con medias de 30.58, 33.40, 34.48 y 31.90 mm, respectivamente, seguida del tratamiento 1 (Vita Krone®) de la fecha 2, con valor de 29.92 mm, posteriormente del tratamiento 2 (RB – Max 25®) de la fecha 3 con media de 32.71 mm, respectivamente. Con los valores más bajos el tratamiento 1 (Vita Krone®) de las fechas 1, 3, 4, 5 y 6 con medias de 28.44, 31.46, 32.17, 32.42 y 31.26 mm, respectivamente, seguido del tratamiento 3 (Kynetic4®) de la fecha 2 con media de 28.11 mm.

Cuadro 5. Comparación de medias de la variable de diámetro polar (DmPI) del cultivo de tomate cherry ciclo otoño invierno del 2023-2024.

Trat	DmPI1	Trat	DmPI2	Trat	DmPI3	Trat	DmPI4	DmPI5	DmPI6
3	30.58a	1	29.92a	2	32.71a	3	33.40a	34.48a	31.90a
2	28.90a	2	28.35a	3	31.92a	2	32.44a	32.55a	31.27a
1	28.44a	3	28.11a	1	31.46a	1	32.17a	32.42a	31.26a

Trat. = Tratamiento, DmPI= diámetro polar

En un trabajo de investigación denominado: Desarrollo de Tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. cv. Camelia) en Respuesta a la Biofertilización Bajo Condiciones de Casa sombra y Análisis de Algunos Parámetros Fisiológicos, se obtuvieron valores medios de entre 27 y 33 mm de diámetro polar (Hernández, 2011). Estos valores son similares a los obtenidos en la presente investigación, los cuales se obtuvieron promedios que van desde 28.11 como mínimo hasta 34.48 mm como máximo.

Para diámetro ecuatorial podemos observar que si se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (Duncan= 05), donde el tratamiento 3 (Kynetic4®) de las fechas 1, 3, 4 y 5 obtuvieron el valor más alto con medias de 18.54, 18.03, 19.24 y 20.09 mm, respectivamente, seguido del tratamiento 1 (Vita Krone®) de la fecha 2 con valor de 17.99 mm, posteriormente el tratamiento 2 (RB– Max 25®) de la fecha 6 con media de 20.93 mm, respectivamente. Con los valores más bajos el tratamiento 2 (RB–Max 25®) de la fecha 1 con media de 16.99 mm, seguido del tratamiento 3 (Kynetic4®) de la fecha 2 con media de 16.69 mm,

posteriormente del tratamiento 1 (Vita Krone®) de la fecha 3, 4, 5 y 6 con valores de 17.41, 18.35, 18.68, 18.63 mm, respectivamente.

Cuadro 6. Comparación de medias de la variable de diámetro ecuatorial (DmEc) del cultivo de tomate cherry ciclo otoño invierno del 2023-2024.

Trat	DmEc1	Trat	DmEc2	Trat	DmEc3	DmEc4	DmEc5	Trat	DmEc6
3	18.54a	1	17.99a	3	18.03a	19.24a	20.09a	2	20.93a
1	17.22a	2	16.79a	2	17.72a	18.77a	19.70a	3	19.09b
2	16.99a	3	16.69a	1	17.41a	18.35a	18.68a	1	18.63b

Trat. = Tratamiento, DmEc= diámetro ecuatorial

En un trabajo de investigación denominado: Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato, se obtuvieron valores medios de entre 9.05 y 38.82 mm de diámetro ecuatorial (E. De la Cruz et al, 2009). Estos valores son similares a los obtenidos en la presente investigación, los cuales se obtuvieron promedios que van desde 16.69 como mínimo hasta 20.93 mm como máximo.

Con base a los resultados obtenidos podemos observar que, si se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (Duncan= 05), donde el tratamiento 3 (Kynetic4®) de las fechas 1, 3, 4 y 5 obtuvieron el valor más alto con medias de 35.98, 45.10, 54.65 y 54.48 g, respectivamente, seguido del tratamiento 2 (RB–Max 25®) de la fecha 2 con media de 32.75 g, posteriormente el tratamiento 1 (Vita Krone®) de la fecha 6 con valor de 50.55 g. Con los valores más bajos el tratamiento 1 (Vita Krone®) de las fechas 1, 2 y 4 con medias de 32.26, 32.10 y 44.95 g, respectivamente, seguido del tratamiento 2 (RB–Max 25®) de las fechas 3 y 5 con medias de 43.35 y 48.15 g, respectivamente, posteriormente el tratamiento 3 (Kynetic4®) de la fecha 6 con media de 47.51 g.

Cuadro 7. Comparación de medias de la variable de peso de fruto (PsFr) del cultivo de tomate cherry ciclo otoño invierno del 2023-2024.

Trat	PsFr1	Trat	PsFr2	Trat	PsFr3	Trat	PsFr4	Trat	PsFr5	Trat	PsFr6
3	35.98a	2	32.75a	3	45.10a	3	54.65a	3	54.48a	1	50.55a
2	32.65a	3	32.61a	1	44.00a	2	52.60ab	1	51.70a	2	49.20a
1	32.26a	1	32.10a	2	43.35a	1	44.95b	2	48.15a	3	47.51a

Trat. = Tratamiento, PsFr= peso de fruto

En un trabajo de investigación denominado: Caracterización de 14 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero, se obtuvieron valores medios de entre 9.8 y 103.9 g de peso de fruto (Monge, 2014). Estos valores son similares a los obtenidos en la presente investigación, los cuales se obtuvieron promedios que van desde 32.10 como mínimo hasta 50.55 mm como máximo.

Con base a los resultados obtenidos podemos observar que, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (Duncan= 05), donde el tratamiento 3 (Kynetic4®) obtuvo el valor más alto con media de 270.35 gr. Con el valor más bajo el tratamiento 1 (Vita Krone®) con medias de 255.57 gr.

Cuadro 8. Comparación de medias de la variable de rendimiento total (RenTotal) del cultivo de tomate cherry ciclo otoño invierno del 2023-2024.

Trat	RenTotal	Ton/ha
3	270.35a	43.20
2	258.70a	40.96
1	255.57a	40.32

Trat. = Tratamiento, RenTotal= Rendimiento total

En un trabajo de investigación denominado: Caracterización de 14 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero, se obtuvieron valores medios de entre 20.85 y 83.73 g de Ton/ha (Monge, 2014). Estos valores son muy variados en comparación a los obtenidos en la presente investigación, los cuales se obtuvieron promedios que van desde 40.32 como mínimo hasta 43.20 mm como máximo.

CONCLUSIONES

Para la variable agronómica de altura de planta podemos observar que el mejor tratamiento fue el 3 Kynetic4® con una dosis de 75 mL por L de agua, presentando el valor más alto con una media de 244.20 cm, por otro lado, el tratamiento con menor valor medio fue el 1 de Vita Krone® con una dosis de 25 mL por L de agua, con una media de 58.21 cm. Para la de diámetro de tallo podemos observar que el

mejor tratamiento fue el 2 con la aplicación de RB – Max 25® con una dosis de 4 mL por L de agua, presentando el valor más alto con una media de 18.15 mm.

Para la variable de calidad de grados brix podemos observar que el mejor tratamiento fue el 3 con la aplicación de Kynetic4® con una dosis de 75 mL por L de agua, presentando el valor más alto con una media de 6.74 grados brix, sin embargo, el tratamiento con menor valor medio fue el 1 con la aplicación de Vita Krone® con una dosis de 25 mL por L, con una media de 5.01 grados brix.

Para la variable de calidad de diámetro polar podemos determinar que el mejor tratamiento fue el 3 con la aplicación de Kynetic4® con una dosis de 75 mL por L, presentando el valor más alto con una media de 34.48 mm, por otro lado, el tratamiento con menor valor medio fue el 1 con la aplicación de Vita Krone® con una dosis de 25 mL por L, con una media de 28.11 mm. Para la variable de calidad de diámetro ecuatorial podemos observar que el mejor tratamiento fue el 2 con la aplicación de RB – Max 25® con una dosis de 4 mL por L, presentando el valor más alto con una media de 20.93 mm, por otro lado, el tratamiento con menor valor medio fue el 3 con la aplicación de Kynetic4® con una dosis de 75 mL por L, con una media de 16.69 mm.

Para la variable de rendimiento de peso de fruto podemos determinar que el mejor tratamiento fue el 3 con la aplicación de Kynetic4® con una dosis de 75 ml por litro de agua, presentando el valor más alto con una media de 54.65 g, sin embargo, el tratamiento con menor valor medio fue el 1 con la aplicación de Vita Krone® con una dosis de 25 ml por litro de agua, con una media de 32.10 g.

Para la variable de rendimiento de rendimiento total podemos determinar que el mejor tratamiento fue el 3 con la aplicación de Kynetic4® con una dosis de 75 ml por litro de agua, presentando el valor más alto con una media de 270.35 g, por otro lado, el tratamiento con menor valor medio fue el 1 con la aplicación de Vita Krone® con una dosis de 25 ml por litro de agua, con una media de 255.57g.

LITERATURA CITADA

- Bastida. (Noviembre de 2021). Producepay. Obtenido de <https://producepay.com/es/el-blog/los-retos-de-la-produccion-y-exportacion-de-tomate-en-mexico/>
- Blanco. (2018). RI-UMSA. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/20550>
- Dominicanos. (20 de septiembre de 2021). LinkedIn. Obtenido de <https://es.linkedin.com/pulse/importancia-de-utilizar-fertilizantes-foliares->
- E. De la Cruz et al. (2009). Scielo. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792009000100004
- Fernandez. (30 de julio de 2018). Frontiers. Obtenido de <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00289>
- Franquesa. (29 de noviembre de 2019). Agroptima. Obtenido de <https://www.agroptima.com/es/blog/que-tipo-de-abono-debo-elegir/>
- Hernández. (2011). Siqa. Obtenido de ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/195/1/Armando%20Hernandez%20Perez%2C%20Maestria.pdf
- Lujan. (2018). UNCP. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5241>
- Luna. (2021). Scielo. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792021000100122&script=sci_arttext
- Monge. (2014). ResearchGate. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/291072357_Caracterizacion_de_14_genotipos_de_tomate_Lycopersicon_esculentum_Mill_cultivados_bajo_invernadero_en_Costa_Rica

EFECTO DE DIFERENTES DENSIDADES DE ARAÑA ROJA EN EL CONTENIDO DE COLOROFILA EN HOJAS DE FRESA

Miguel Eulises Becerra Cofradia¹, Luis P. Guevara Acevedo^{2*}, Ricardo Yáñez López², María Eugenia Gallardo Rodríguez³, Daniel Rodríguez Mercado², Abril de María Montesinos Bernal²

¹Estudiante de Ingeniería en Agronomía TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ² TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ³ INIFAP Campo Experimental Bajío. Carretera Celaya San Miguel de Allende Kilómetro 6.5, 38010 Celaya, Gto. *Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se realizó evaluar el efecto de diferentes densidades de *T. urticae* en el contenido de clorofila evaluando plantas de fresa variedad Sayulita de 3 meses de edad las cuales se infestaron con araña roja proveniente de lote comercial de fresa. Posteriormente a ello se realizó un bioensayo por inmersión con el i.a. abamectina Excalibur® (Línea Platinum) y se determinó la línea dosis-mortalidad. Después de la infestación muestreo diariamente y en base a seleccionaron 4 plantas para determinar los tratamientos que consistieron en densidades de 0, de 1 a 20, 21 a 40, 41 a 60, 61 a 80, 81 a 100 y más de 101 ácaros por planta y para mantener las poblaciones a esa densidad se aplicó abamectina de acuerdo a la dosis de la línea dosis-mortalidad. A los 30 días posteriores a la infestación se cuantificó el contenido de clorofila mg g⁻¹ de peso), siguiendo la metodología de Yakir et al., (1986) y la cantidad de clorofila total se calculó según el método de Arnon (1949).

Los resultados muestran que un ácaro reduce en promedio de hasta un 2.23% la cantidad de clorofila en hojas de fresa.

Palabras clave: Acaro, resistencia, *Tetranychus*, transpiración, población.

ABSTRACT

The present research work, the effect of different densities of *T. urticae* on the chlorophyll content was evaluated by evaluating 3-month-old Sayulita variety strawberry plants which were infested with red spider from a commercial batch of strawberries. Subsequently, an immersion bioassay was carried out with the i.a. abamectin Excalibur® (Platinum Line) and the dose-mortality line is calculated. After infestation, sampling daily and based on 4 plants were selected to determine the treatments that consisted of densities of 0, 1 to 20, 21 to 40, 41 to 60, 61 to 80, 81 to 100 and more than 101 mites per plant and to maintain the populations at that density, abamectin was applied according to the dose of the dose-mortality line. At 30 days after infestation, the chlorophyll content, mg g⁻¹ of weight, was quantified following the methodology of Yakir et al., (1986) and the amount of total chlorophyll was calculated according to the method of Arnon (1949).

The results show that a mite reduces the amount of chlorophyll in strawberry leaves on average by up to 2.23%.

Key words: Mite, resistance, *Tetranychus*, transpiration, population.

INTRODUCCIÓN

La gran producción de *Fragaria ananassa* es de alta importancia socioeconómica en Mexico y distribución mundial (Davalos *et al*, 2011). En México se considera una de la actividad más importantes dentro de la producción agrícola debido a la gran demanda que esta genera, por esta razón en el país están destinadas más de 11 mil hectáreas para llevar a cabo su siembra. En el 2017 se produjo el 99% de fresas en todo el país ya que estas se produjeron en Michoacán, Jalisco, Aguascalientes, Guanajuato, Baja California Sur y Baja California Norte (SAGARPA, 2017). Cuando se habla de fresa, uno de los aspectos limitantes de la producción es la infestación por plagas, especialmente el acaro de dos manchas (*Tetranychus urticae*), que afectan la calidad del fruto y por ende la producción y productividad del cultivo. Los ácaros se reproducen más fácilmente en climas cálidos y secos porque las temperaturas aumentan y la humedad puede reducir la producción entre un 60 y un

80%, según el nivel de infestación. (Gallegos, 2012). El principal problema que afecta la producción de fresa es el ácaro de dos manchas *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), debido a las altas densidades de acaro alcanzadas y a los daños ocasionados a las plantas se produce principalmente donde se alimenta, ya que al hacerlo rompe con sus estiletes la superficie de las hojas y destruye células del mesófilo afectando la transpiración, la fotosíntesis afectando severamente el crecimiento de la planta y sus frutos, volviéndolos insípidos y de mala calidad (Felipe, 2003). Una vez que este acaro presenta altas cantidades de población empieza a tener problemas como lo que es la disminución de varios factores una de los más conocidos es la clorofila factor importante que facilita que las plantas capturen, distribuyan y transformen la energía de la luz y desempeña un papel importante en la formación del rendimiento (Siddique *et al*, 2021).

Es por ello que el objetivo fue evaluar el efecto de diferentes densidades de *T. urticae* en el contenido de clorofila de hojas de fresa.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la Tecnológico Nacional de México campus Roque en plantas de fresa variedad Sayulita de 3 meses de edad las cuales se infestaron con araña roja proveniente de lote comercial de fresa. Posteriormente a ello se realizó un bioensayo por inmersión con el i.a. abamectina Excalibur® (Línea Platinum) y se determinó la línea dosis-mortalidad. Después de la infestación muestreo diariamente y en base a seleccionaron 4 plantas para determinar los tratamientos que consistieron en densidades de 0, de 1 a 20, 21 a 40, 41 a 60, 61 a 80, 81 a 100 y más de 101 ácaros por planta y para mantener las poblaciones a esa densidad se aplicó abamectina de acuerdo a la dosis de la línea dosis-mortalidad. A los 30 días posteriores a la infestación se cuantifico el contenido de clorofila mg g⁻¹ de peso), siguiendo la metodología de Yakir et al., (1986), la cantidad de clorofila total se calculó la cantidad de clorofila total según el método de Arnon (1949) a través de la siguiente ecuación: $\text{Clorofila total} = (20.2 * (D645) + 8.02(D663)) / (V / (100)(pf))$; en donde, D=densidad óptica del extracto de clorofila leída a la densidad de onda indicada en el subíndice, V= volumen final del

extracto clorofila-acetona 80% y pf=peso fresco en gramos de tejido extraído. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y cuando este presento diferencias significativas se realizó un análisis de varianza Tukey mediante el SAS system (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados del efecto de diferentes densidades de araña roja en el contenido de clorofila en hojas de fresa variedad Sayulita, se observó que las diferentes densidades del ácaro presentaron efectos similares altamente significativos ($P>0.01$) en clorofila.

Cuadro 1. Efecto de diferentes densidades de *Tetranychus urticae* Koch en el contenido de clorofila en hojas de fresa variedad Sayulita.

No Trat	Densidad de ácaros hoja-1	Clorofila (mg g ⁻¹ peso)
7	Testigo	2.001 a
1	1-20	1.625 b
2	21-40	1.486 b
3	41-60	1.425 b
4	61-80	1.162 bc
5	81-100	0.710 cd
6	101	0.305 d

Los resultados muestran que el testigo presento el mayor valor en cuanto al contenido de clorofila con un valor de 2.001, este valor es similar al observado por (Blanke, 2002) quien encontró en hojas sin daño valores de 1.5 a 2.0 mg g⁻¹ de peso. Las densidades de 1-20, 21-40 y de 41-60 presento valores estadísticamente similares con 1.625, 1.486 y 1.425 mg g⁻¹ de peso fresco respectivamente, lo que indica que se disminuye en promedio 32.3% el contenido de clorofila con respecto a hojas si daño de acaros, esto concuerda con lo reportado por Nyoike y Liburd, (2013) quien menciona que una infestación alta y con disminución de rendimiento se inicia a los 50 ácaros por hoja y en este estudio se observó que a 60 ácaros por hoja tiene disminución en el contenido de clorofila, esto difiere a lo reportado por

Bounfour *et al.* (2002) que no observaron diferencias significativas entre el número de *T. urticae* y el contenido de clorofila en hojas de frambuesa roja.

El menor valor observado fue con mas de 101 ácaros por hoja con un valor de 0.305 mg de clorofila por gramo de peso, lo que indica que se disminuye en mas de 6.5 veces el contenido de clorofila con respecto a hojas sin ácaros.

CONCLUSIONES

La presión de la densidad de araña roja en hojas de fresa es altamente significativa lo que ocasiona que exista una disminución de más del 32.3% del contenido de clorofila a infestaciones altas.

REFERENCIAS

- Dávalos, L., Pérez, J., & Gómez, M. (2011). La producción de fresa en México. En A. Martínez & R. López (Eds.), *Agricultura y economía en México* (págs. 50-70). Editorial Universo.
- SAGARPA/SIAP. (2017). *Informe sobre la producción de fresa en México 2017*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Ali.
- Gallegos, M. (2012). Efectos de la temperatura y humedad en la reproducción de ácaros en cultivos. *Revista Mexicana de Protección de Cultivos*, 38 (4), 45-52.
- Arnon, D.I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in beta vulgaris. *Plant Physiology*, 24(1), 1-15.
- Bounfour, M., L. K. Tanigoshi, C. Chen, J. Cameron, and S. Klaurer, 2002. Chlorophyll content and chlorophyll fluorescence in red raspberry leaves infested with *Tetranychus urticae* and *Eotetranychus carpini* Borealis (Acari: Tetranychidae). *Environ. Entomol.* 31: 215-220.

- Bounfour, M., Rurek, M., & Zajackowska, Z. (2002). Effect of spider mite *Tetranychus urticae* and abiotic stress on chlorophyll content in leaves of red raspberry cv. Ispahán. *Acta Physiologiae Plantarum*, 24(4), 437-443.
- Blanke, M. (2002). The future of transportation: A perspective from the air. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 36(9), 797-802.
- Felipe, A. (2003). Efectos de la contaminación del suelo en el crecimiento de las plantas. *Revista de Agricultura Sostenible*, 25(3), 45-58.
- Nyoike, T. W., & Liburd, J. J. (2013). Pest management practices in strawberry IPM: A comparative analysis of certified organic and conventional farms. *Journal of Sustainable Agriculture*, 37(2), 221-238.
- Siddique, M., Goutam, S., & Sultana, F. (2021). Effect of light on plant growth and development. *Journal of Plant Physiology and Pathology*, 9(2), 1-12.
- Yakir, D., Berry, J. A., Giles, L., & Osmond, B. (1986). A linear chlorophyll content-photosynthetic capacity relationship in *eucalyptus pauciflora*. *Functional Plant Biology*, 13(2), 269-276.

EFFECTO DE FUNGICIDAS SINTÉTICOS COMERCIALES CONTRA ANTRACNOSIS DE FRUTOS DE PAPAYA DE TABASCO

Jorge Gustavo Rodríguez Escobar¹, Rebeca Rodríguez Falconi^{2*}, Rafael Guajardo Panes¹ y David Antonio Salomón Gamas³

¹Campo Experimental Cotaxtla, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Km. 34.5 Carr. Córdoba-Veracruz. C.P. 94270. Medellín de Bravo, Veracruz, México.

²Campo Experimental Rio Bravo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Km. 61 Carr. Matamoros-Reynosa. C.P. 88900. Rio Bravo, Tamaulipas, México.

³Instituto Tecnológico de Huimanguillo, TecNM. Km.98.1 Carr. Del Golfo Malpaso-El Bellote. C.P. 86400. Huimanguillo, Tabasco, México. *Autor por correspondencia:

rodriguez.rebeca@inifap.gob.mx

RESUMEN

En Tabasco se podría incrementar el cultivo de papaya, actualmente siembra 214 ha de las 21,015.48 ha que se siembra en el país; su fortaleza es el rendimiento de 63.37 t ha⁻¹ (SIAP, 2023). La antracnosis ocasionada por *Colletotrichum* spp. es uno de los principales problemas del fruto, se aprecia en postcosecha favorecido por el clima cálido y húmedo del estado. Existen diferentes investigaciones sobre el control de esta enfermedad en papaya, se han usado azoxystrobin, benzimidazoles, difenoconazol, boscalid más pyraclostrobin, y mancozeb, procloraz, triazoles y ciprodinil más fludioxononil. Por la tolerancia manifiesta de *Colletotrichum* spp. a los fungicidas, se desarrolló la presente investigación, para evaluar el efecto de seis agroquímicos sintéticos comerciales contra tres aislamientos de la antracnosis de frutos de papaya, más tres concentraciones de los fungicidas y el efecto de dos pH del agua. La Investigación se realizó en Veracruz y Tabasco. En el laboratorio se inoculó fruta con en etapa de madurez fisiológica para propiciar presencia de síntomas del hongo, se obtuvieron aislamientos y se realizaron pruebas de patogenicidad para escoger los más agresivos. Esos hongos se sometieron a pruebas *in vitro* de control con seis fungicidas de seis modos de acción diferente, en tres concentraciones a dos pH. Se evaluó la inhibición del micelio del hongo causada por los tratamientos. Se obtuvo diferencia significativa para los factores

aislamientos, fungicidas y las interacciones de factores. El aislamiento más sensible fue el H1F1. Destacó el fungicida fludioxonil más ciprodinil, seguido del Azoxistrobin. La interacción de los factores se integró con Azoxistrobin, a concentración doble de la comercial, con un pH de 6 sobre el aislamiento H1F1.

Palabras clave: *Sensibilidad, Colletotrichum spp., Inóculo, Agresivo, Antracnosis.*

ABSTRACT

In Tabasco papaya cultivation could be increased, currently planting 214 hectares of the 21,015.48 hectares that are planted in the country; Its strength is the yield of 63.37 t ha⁻¹ (SIAP, 2023). Anthracnose caused by *Colletotrichum* spp. It is one of the main problems of the fruit, it is seen in post-harvest favored by the warm and humid climate of the state. There are different investigations on the control of this disease in papaya; azoxystrobin, benzimidazoles, difenoconazole, boscalid plus pyraclostrobin, and mancozeb, prochloraz, triazoles and cyprodinil plus fludioxononil have been used. Due to the manifest tolerance of *Colletotrichum* spp. to fungicides, this research was developed to evaluate the effect of six commercial synthetic agrochemicals against three isolates of papaya fruit anthracnose, plus three concentrations of fungicides and the effect of two water pH. The Research was carried out in Veracruz and Tabasco. In the laboratory, fruit in the stage of physiological maturity was inoculated to promote the presence of symptoms of the fungus, isolates were obtained and pathogenicity tests were carried out to choose the most aggressive ones.

Keywords: *Sensitivity, Colletotrichum spp., Inoculum, Aggressive, Anthracnose.*

INTRODUCCIÓN

El **cultivo** de papaya se podría incrementar en Tabasco, actualmente siembra 214 ha de las 21,015.48 ha que se siembra en el país; su fortaleza es el rendimiento de 63.37 t ha⁻¹ este es el sexto rendimiento más alto del país; en Veracruz, siembran una superficie de 3,799 ha, por la cercanía con Tabasco y por las condiciones ambientales y de suelo adecuadas al compartir la tecnología se podría incrementar su producción y satisfacer la demanda de sus consumidores, aunado a su gran

rendimiento de fruta. (SIAP, 2023). En ambos estados se ha registrado a la antracnosis como uno de los problemas del cultivo (Hernández, 2024; Rodríguez *et al.*, 2018, 2021).

El daño por antracnosis se aprecia en la postcosecha, o durante su vida de anaquel, daña hasta el 40% de la fruta, recientemente se ha determinado la presencia de nuevas especies que causan antracnosis, como *C. truncatum* que presenta tolerancia a fungicidas (Gutiérrez-Alonzo *et al.*, 2003; Rodríguez *et al.*, 2018; Rojo *et al.*, 2017; Torres-Calzada *et al.*, 2015). Aunque también se ha registrado tolerancia por varios aislamientos de frutos de papaya (Rodríguez *et al.*, 2021). Gaviria *et al.*, (2013) realizaron trabajos *in vitro* con dos cepas de *C. gloeosporioides*, obtuvieron inhibición de micelio del 100% para ambas especies con hidróxido de cobre y difenoconazol, para *C. acutatum* tuvieron control con difenoconazol y azoxystrobin. Torres-Calzada *et al.* (2015) registran que el 80% de los aislamientos de *C. truncatum* de papaya fueron resistentes a los fungicidas thiabendazole y azoxystrobin; en contraste obtienen un 90 % de susceptibilidad de *C. truncatum* a mancozeb y a la mezcla fludioxonil más cyprodinil Dávila *et al.* (2018), en Cuba, registraron que el trifloxistrobin más ciproconazol dio una eficacia superior al 50% sobre *C. gloeosporioides* en papaya maradol roja. Rodríguez *et al.* (2021) evaluaron seis fungicidas (benomil, procloraz, azoxystrobin, ciprodinil más fludioxonil, boscalid más pyraclostrobin, y mancozeb) contra siete aislamientos del hongo *Colletotrichum* spp., de Veracruz, en tres niveles de concentración y a dos pH (5 y 6); se presentó un efecto diferencial. En agua con pH 6 cuatro fungicidas controlaron a seis aislamientos y con pH 5 cinco aislamientos presentaron sensibilidad a cinco fungicidas. Concluyen que el ciprodinil más fludioxonil funcionó en ambos pH, y el fungicida que presentó menor efecto en la investigación fue el azoxystrobin. En investigación similar desarrollada en Tabasco se obtuvo que el mejor fungicida fue el cyprodinil más fludioxonil, el aislamiento de *Colletotrichum* spp. más sensible fue el A2-9.1, el pH 5 presentó significancia para favorecer el efecto de los tratamientos sobre la mayoría de los aislamientos agresivos (Hernández, 2024). Manzo *et al.* (2012) estudian el control de los aislamientos del hongo *Mycosphaerella fijiensis* en estados donde se usa mucho fungicida: Tabasco

y Chiapas, ellos consideran que el manejo del cultivo influyó en la diversidad genética del hongo, encontraron bastante polimorfismo y 34 aislamientos del hongo, concluyen que las diferencias genéticas confieren diferencias en agresividad y resistencia a fungicidas

Considerando el interés de los productores de Tabasco por tecnificar y ampliar las superficies sembradas y alcanzar un nivel más tecnificado, lo cual podría enfrentarlos con la antracnosis de la fruta, debido a ello se planteó ésta investigación con el siguiente objetivo: evaluar el efecto de seis agroquímicos sintéticos comerciales contra tres aislamientos de la antracnosis de frutos de papaya, más tres concentraciones de los fungicidas y el efecto de dos pH del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en los laboratorios del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de Tabasco y Veracruz. La recolección de frutos se desarrolló, en enero, en tres plantaciones de papaya de Cárdenas y Huimanguillo, Tabasco (cuadro 1); cada muestra se rotuló con las coordenadas de localización. Se escogió los frutos en etapa fisiológica de madurez (una o dos vetas amarillas), sin golpes; para trasladarlos y minimizar la contaminación de éstos se envolvieron en papel de estraza.

Cuadro 1. Ubicación de plantaciones de papaya muestreados en los municipios de Cárdenas y Huimanguillo, Tabasco.

Coordenadas de la Plantación		Clave	Colectado	Genotipo
Latitud	Longitud			
17°50'59"	93°23'59"	FM	Enero	MSXJ
17°85'16"	93°39'54"	C.E.H	Enero	MSXJ
17°41'34"	93°23'47"	S.P	Enero	MSXJ

Los frutos con síntomas de antracnosis se trasladaron al laboratorio del Campo Experimental de Huimanguillo, se extrajo la epidermis de la fruta que incluyen dos mitades, una mitad con antracnosis y la otra mitad sin síntomas, para sembrarlo en placas. Simultáneamente, en el Campo Cotaxtla, se trasladaron frutos con apariencia sana, éstos se midieron, pesaron y se lavaron con jabón y esponja, así eliminamos materia orgánica y patógenos adheridos a la fruta, se enjuagaron y embebieron en hipoclorito (1:5) durante 3 minutos, de nuevo se volvieron a lavar con agua, después con toallas estériles se secó el exceso de agua en la superficie de las frutas. Las papayas se colocaron verticalmente en la cámara húmeda, para propiciar síntomas del hongo a los 3 o 5 días posteriores.

Los hongos extraídos, se trasladaron al Campo Cotaxtla, se inocularon en frutos de apariencia sana, a lo largo del carpelo se hicieron cuatro punciones (2 mm) con un palillo de madera estéril, éstos se inocularon con 1×10^6 esporas por mililitro, se colocaron 20 μ l por punto de inoculación, se cubrió con un disco de papel filtro #42 (AHLSTROM); se desarrollaron los postulados Koch para obtener tres aislamientos patogénicos agresivos, uno por cada huerto visitado.

Cuadro 2. Fungicidas usados en la evaluación de control de aislamientos obtenidos de frutos de papaya de Tabasco.

Nombre comercial	Nombre técnico	Grupo químico	MoA	FRAC
Amistar	Azoxystrobin	Metoxiacrilatos	C. Respiración	11
Cabrio	Buscalid + pyraclostrobin	Pyridinocarboxamidas	C. Respiración	7
Promil	Benomyl	Metoxicarbomatos	C. Respiración	11
		Benzimidazoles	B. Citoesqueleto y proteína motora	1
Manzate	Mancozeb	Ditiocarbomatos	M. Fungicidas	M 03
			Actividad multisitio	
Sico	Difenoconazol	Triazoles	G1. Biosíntesis del esterol membranas	3
Switch	Ciprodinil + fludioxonil	Anilinyrimidinas	D. Aminoácidos y síntesis de proteínas	9
		Fenilpyrroles	E. Señales de transducción	12

Los tres aislamientos se sembraron en caja Petri con agua agar. Posteriormente, se sembró en medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA).

Tratamientos. Se usaron (a) tres aislamientos: A2-9.1, H1F1 y A3-2), (b) seis fungicidas (cuadro 2): azoxystrobin (amistar), boscalid + pyraclostrobin (cabrio), benomilo (promil), mancozeb (manzate), difenoconazol (sico) y cyprodinil + fludioxonil (switch), (c) tres concentraciones (mitad de la comercial, comercial y doble de la comercial) por fungicida, además (d) dos potenciales de hidrogeno (pH 5 y pH 6). Cada tratamiento con cinco repeticiones. Se incubaron, por 24 horas, 90 cajas Petri con PDA e inóculo.

Control *in vitro*. La investigación se desarrolló *in vitro* en el laboratorio del Campo Experimental Cotaxtla. En placas Petri con PDA se incrementó el inóculo, con una micropipeta de 100-1,000 μ l (Accumax PRO) se añadieron 2ml de agua destilada o esterilizada dentro de la placa y con una vara de cristal se hizo el raspado para obtener las esporas. Posteriormente se pasan 10 μ l del agua con esporas en un cuadrante de la cámara de Neubauer (IMPROVED Ultra plane), con el apoyo del microscopio ZEISS se contaron las esporas. Así se obtuvo 1×10^6 esporas por un ml para depositarlo en cada placa Petri, para desarrollar las pruebas de control. En cada placa inoculada se colocaron siete discos de papel filtro de 5mm (diámetro), seis perimetralmente equidistantes y el séptimo al centro. Se aplicó 30 μ l de tratamiento en cada uno de los seis discos perimetrales, y en el testigo solo agua estéril (figura 1).

Los datos se analizaron por un diseño completamente al azar con arreglo factorial: $A(3) \times B(6) \times C(3) \times D(2)$, el interés fue obtener información de cada uno de los factores, se usó el analizador SAS; factor A igual a inóculo (3), B igual a fungicidas (6), C igual a concentración de fungicidas (3), y D igual a dos pH.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

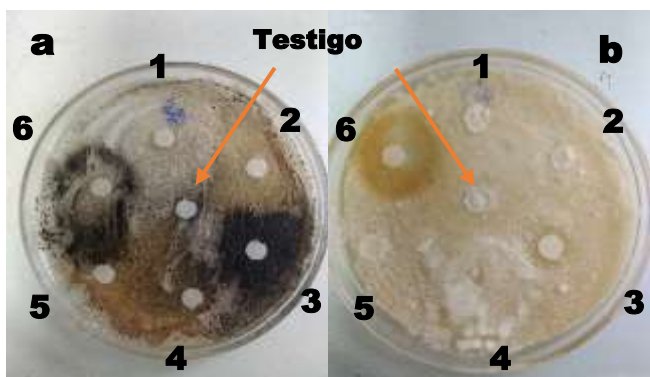


Figura 1. Distribución de tratamientos en cajas Petri con medio PDA. Testigo al centro. Seis tratamientos perimetrales. Aislamientos diferentes, a) H1F1 y b) A2-9.1

Como resultado del análisis de varianza se obtuvo diferencia significativa ($\alpha = 0.05$) para los factores aislamientos y fungicidas, además para las interacciones de factores; para los factores concentración y pH no se presentó diferencia (cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de varianza para los factores que tuvieron un efecto inhibitorio, desarrollado *in vitro*, del crecimiento de tres aislamientos del hongo *Colletotrichum* spp.

Origen	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor de F	Pr>F
Aislamientos	2	746.40868	373.20434	6.23	0.0022
Fungicidas	5	3147.04494	629.40899	10.51	< 0.0001
Concentración	2	227.68637	113.84319	1.9	0.1507
pH	1	20.59496	20.59496	0.34	0.5579
Aisl*Fung*Conc*pH	97	12209.9771	125.87605	2.1	< 0.0001

Para el factor aislamientos (figura 1), la prueba de Tukey indica que el aislamiento tres (A3-2) es diferente a los aislamientos uno y dos. Sin embargo, es con el aislamiento uno (H1F1) que destaca la sensibilidad a los fungicidas. En una investigación desarrollada en Veracruz con papaya, al evaluar siete aislamientos, a pH 6 del agua los fungicidas afectaron seis aislamientos, pero un aislamiento muy agresivo el T-33 no fue afectado, sin embargo, en pH 5 si lo pudieron controlar dos

fungicidas (Rodríguez *et al.*, 2021). En otra investigación realizada con aislamientos de frutos de Tabasco el aislamiento A2-9.1 presentó la mayor inhibición, mientras que el A3-2 presentó menor inhibición (Hernández, 2024). En investigaciones realizadas con el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, en Tabasco y Chiapas, ante la presión de abundantes aplicaciones de fungicida para su control, registró gran polimorfismo en 19 aislamientos de Chiapas y 15 de Tabasco, se concluyó que las diferencias genéticas pueden conferirles a las subpoblaciones diferencias en agresividad y resistencia a fungicidas (Manzo *et al.*, 2012); lo citado podría explicar que la exposición del aislamiento tres de *Colletotrichum* spp. a diferentes fungicidas durante el ciclo del cultivo pudo propiciar una variación genética que redujo la sensibilidad a los fungicidas usado en esta investigación.

Para los fungicidas, la prueba de Tukey separa cuatro grupos, del primer grupo, con destacado efecto de inhibición del micelio se registró el fungicida seis (fludioxonil más ciprodinil) seguido del uno (azoxistrobin), los fungicidas con menor efecto fueron el tres (benomilo) y el cinco (difenoconazol). Para esta investigación se usaron seis fungicidas de diferente Modo de Acción (MoA) tomando en cuenta el riesgo de resistencia del hongo a los fungicidas. Esta investigación coincide con los resultados obtenidos contra aislamientos de Tabasco con Hernández (2024) y con Rodríguez *et al.* (2021) y para aislamientos de Veracruz, en el cual el fludioxonil más ciprodinil funcionó en ambos pHs de agua de dilución contra siete aislamientos de *Colletotrichum* spp.

Para los **factores concentraciones de fungicidas y pH del agua** de dilución, se presenta una barra continua, por lo tanto, no son significativamente diferentes. Hernández (2024) y Rodríguez *et al.* (2021), si encontraron efecto del pH y la concentración del agroquímico; el segundo equipo de investigadores registró que cinco aislamientos fueron sensibles a cinco fungicidas con pH 5 y seis aislamientos fueron sensibles a cuatro fungicidas, con pH 6.

El ANVA de la interacción de factores: aislamientos, fungicidas, concentraciones y pH del agua, indica diferencia significativa para el tratamiento T6 que implica el

efecto del fungicida Azoxistrobin, a concentración doble de la comercial, diluido en agua con un pH de 6 sobre el aislamiento 1(H1F1). Para azoxystrobin contra *Colletotrichum acutatum* sobre mora de Castilla se presentaron efectos semejantes, Gaviria *et al.*, (2013). Cuba registra otra molécula con modo de acción similar e igual efecto, se trata del trifloxistrobin (Dávila *et al.*, 2018). Caso contrario se reporta de Veracruz y Yucatán, lugares donde el azoxistrobin no presentó efecto inhibitorio del hongo (Rodríguez *et al.*, 2021; Torres–Calzada *et al.*, 2015), al respecto el efecto inhibitorio del azoxystrobin sobre los inóculos de Tabasco podría deberse a que se usa poco este fungicida en la zona, entonces al no usarse los aislamientos del hongo presentaron sensibilidad al fungicida.

CONCLUSIONES

El aislamiento uno (H1F1) fue el más sensible a los fungicidas. Para fungicidas destacó el fludioxonil más ciprodinil seguido del Azoxistrobin. Las concentraciones de fungicidas y pH del agua de dilución no presentaron diferencias. Con la interacción de factores el mejor tratamiento fue el efecto del fungicida Azoxistrobin, a concentración doble de la comercial, diluido en agua con un pH de 6 sobre el aislamiento 1(H1F1).

LITERATURA CITADA

- Dávila, M. A., Herrera, I. L., Folgueras M. M., y García, H. D. 2018. Eficacia biológica del fungicida Sphere Max 535 SC para el control de la antracnosis en papaya. Centro Agrícola. 45(4): 85-90
- Gaviria, H. V., Patiño H. L. F., y Saldarriaga C. A. 2013. Evaluación *in vitro* de fungicidas comerciales para el control de *Colletotrichum* spp., en Mora de Castilla. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 14(1):67-75.
- Hernández, H. V. M. 2024. Manejo de especies agresivas de antracnosis en frutos de papaya *in situ* con fungicidas sintéticos y aislamientos del hongos de Tabasco. Tesis. Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra.TNM.
- Manzo, S. G., Orozco, S. M., Islas, F. I., Martínez, B. L., y S. Guzmán G. 2012. Conociendo la diversidad genética de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) para lograr un manejo integrado. p. 21-31. *In: Innovaciones*

- para el manejo integrado en campo de la Sigatoka negra en México.*
Aportaciones de la investigación básica. Mérida, Yuc., México.
- Rodríguez, Q. C. G., Rodríguez, F. R., y Rodríguez, E. J. G. 2018. Identificación de *Colletotrichum* spp. en frutos de papaya del centro del estado de Veracruz. Año 2. Núm. 1. p. 225-235. In: *Avances en investigación agrícola, pecuaria, forestal, acuícola, pesquería, desarrollo rural, transferencia de tecnología, biotecnología, ambiente, recursos naturales y cambio climático*. Medellín, Ver., México.
- Rodríguez, E., J. G., Rodríguez, F. R., y Rodríguez, Q. C. G. 2021. *Colletotrichum* spp. procedente de frutos de papaya, del centro de Veracruz, su control con fungicidas y efecto del pH del agua. *Brasilian Journal of Animal and Environmental Research*. ISSN: 2595-573X. DOI: 10.34188/bjaerv4n3-133. 4(3): 4512-4523
- Rojo, B., I., Álvarez, R. B., García, E. R. S., León, F. J., Sañudo, B. A., y Allende, M. R. 2017. Situación actual de *Colletotrichums* spp. en México: Taxonomía, caracterización, patogénesis y control. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 35(3), 549-570. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1703-9>
- SAS Institute Inc., SAS 9.3 Institute. 2018. SAS/STAT. Cary, NC. USA.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Producción agrícola. Cierre de la producción agrícola México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> [consultado el 01 de noviembre de 2024]
10. Torres-Calzada, C., Tapia-Tussell, R., Higuera-Ciapara. I., Martin-Mex, R., Nexticapan-Garcez, A., and Perez-Brito, D. 2015. Sensitivity of *Colletotrichum truncatum* to four fungicides and characterization of thiabendazole-resistant isolates. *Plant Dis.* 99:1590-1595. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-14-1183-RE>

EFECTO DE LA ACTIVIDAD DE *Sitophilus granarius* EN TRES VARIEDADES DE TRIGO ALMACENADAS EN DIFERENTES TIPOS DE EMPAQUE

*Giselle Muñoz Molina¹; Ernesto Solís Moya ¹; Juan Gabriel Ramírez Pimentel ¹; Lourdes Ledesma Ramírez ¹; Ana Victoria Mancera Silva ²; Jesús Frías Pizano ²

¹Tecnológico Nacional de México/IT Roque, Celaya, Guanajuato, México, km Carretera Celaya-Juventino Rosas, C.P. 38110. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, México, km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Gto. C.P. 38010. *correo: gismumo@gmail.com

RESUMEN

El calentamiento global ha causado grandes estragos en el sector agrícola, debido al aumento de la temperatura, el desajuste en las estaciones, en los ciclos hidrológicos, se han manifestado cambios en el comportamiento de los insectos, que funge un papel importante, presentándose en este rubro como plagas o insectos benéficos, en el caso de las plagas estas pueden llegar a provocar grandes pérdidas en la industria agroalimentaria tanto en producción como en el manejo postcosecha (granos y semillas almacenadas), los insectos son organismos sensibles a los cambios edafoclimáticos, es por ello que se han acortado sus ciclos de vida, completando cada uno de sus estadios de manera más acelerada provocando un mayor número de generaciones en menor tiempo, ha cambiado la dinámica poblacional y expandido o modificado su distribución geográfica, gran parte de la raíz de este problema, ha sido el uso indiscriminado de pesticidas, debido a esto las plagas además de las alteraciones ya mencionadas, también han generado resistencia a los mismos, elevando los costos de producción, y dificultando su control, siendo sumamente necesario buscar nuevas alternativas de tratamiento, que estén a la par de la problemática, y que representen opciones viables y redituables. En la presente investigación se trabajó con una de las principales plagas primarias que atacan el cultivo de trigo, el Gorgojo del trigo (*Sitophilus granarius*), este cumple su ciclo de vida en la semilla almacenada de trigo, causando severos daños en la misma y atrayendo a su vez plagas secundarias que aumentan la severidad del daño. Se infestaron muestras de tres tipos de trigo

con cinco parejas de insectos, dichas muestras fueron almacenadas en diferentes tipos de empaque a temperatura ambiente, esto con el propósito de observar la afectación de las semillas dependiendo tanto del tipo de empaque como del tipo de trigo utilizado.

Palabras clave: *Calentamiento global, Sitophilus granarius, Semilla, Tipo de trigo, Empaque*

ABSTRACT

Global warming has caused great havoc in the agricultural sector, due to the increase in temperature, the imbalance in the seasons, in the hydrological cycles, changes have been manifested in the behavior of insects, which play an important role, presenting themselves in this area as pests or beneficial insects, in the case of pests these can cause great losses in the agri-food industry both in production and in post-harvest handling (stored grains and seeds), insects are organisms sensitive to edaphoclimatic changes, which is why their life cycles have been shortened, completing each of their stages more quickly causing a greater number of generations in less time, it has changed the population dynamics and expanded or modified its geographical distribution, much of the root of this problem has been the indiscriminate use of pesticides, because of this the pests in addition to the alterations already mentioned, have also generated resistance to them, raising production costs, and making their control difficult, being extremely necessary to find new alternatives of treatment, which are on par with the problem, and which represent viable and profitable options.

In this research we worked with one of the main primary pests that attack wheat crops, the Wheat Weevil (*Sitophilus granarius*), which completes its life cycle in stored wheat seeds, causing severe damage to them and attracting secondary pests that increase the severity of the damage. Samples of three types of wheat were infested with five pairs of insects, said samples were stored in different types of packaging at room temperature, with the purpose of observing the affectation of the seeds depending on both the type of packaging and the type of wheat used.

Keywords: *Global warming, Sitophilus granarius, Seed, Type of wheat, Packaging.*

INTRODUCCIÓN

La industria agroalimentaria, ha tenido que adaptarse constantemente a las exigencias del mercado, así como también a los constantes cambios edafoclimáticos alrededor del mundo, siendo esta una de las que mas repercusiones enfrentan a consecuencia del cambio climático. La producción de cultivos hasta el manejo postcosecha se han vuelto una tarea difícil, enfocándonos específicamente en esta última, los productos como granos y semillas almacenados son atacados por diversas plagas de almacén, que han aumentado su metabolismo gracias al ascenso de la temperatura, por lo que necesitan alimentarse más para sobrevivir, sus ciclos de vida y reproducción son ahora más cortos, teniendo así un incremento en su población, un desplazamiento a lugares donde antes no se habían registrado ciertas especies, entre muchos otros cambios que han presentado (Shrestha, 2019).

El trigo es uno de los cereales más importantes producidos a nivel mundial, y presenta problemas en el almacenamiento de semillas, por el ataque de dos tipos de insectos principalmente, lepidópteros y coleópteros. En el presente trabajo se utilizó a la especie de gorgojo, *Sitophilus granarius*, que es una de las plagas principales de este cultivo en postcosecha, dada la problemática actual, es necesario buscar nuevas alternativas de tratamiento, más sustentables y que no generen resistencia en las plagas, por lo que se han estudiado diversos métodos de tratamiento, con temperaturas altas, bajas y también se ha experimentado con los niveles de oxígeno, todos estos con diferentes intervalos con el propósito de medir la mortalidad que causan en las plagas (Lukács *et al* , 2022). Esta investigación se realizó con el objetivo de identificar que tan determinante es el tipo de trigo, así como diferentes tipos de empaque para su almacenamiento (incluyendo el factor del oxígeno), en relación a la proliferación y daño por la plaga (Donga & Baributsa, 2023).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue realizado en el laboratorio de semillas en las instalaciones del INIFAP Campo Experimental Bajío, Carretera Celaya San Miguel de Allende

Kilómetro 6.5 (20°34'44"N100°49'09"), dentro del programa de mejoramiento de trigo y avena.

Materiales:

Se utilizaron tres tipos de gluten de trigo, una variedad por cada tipo, Barobampo C2015 (Cristalino), Cisne F2016 (Harinero fuerte) y Faisán S2016 (Harinero suave), se prepararon muestras de 25 g de semilla.

Se emplearon, tres tipos de empaque para almacenar las muestras de trigo, representando las diferentes formas de almacenamiento del trigo, Costalito de polipropileno de 14 x 10 cm que sería el almacenamiento en costales de rafia, frascos de plástico de 250 ml con tapa los silos o el almacenamiento hermético, y el mismo tipo de frascos cubiertos con tapa de tul que representaría el almacenamiento a granel.

Para pruebas de germinación, se utilizó papel germinativo, solución compuesta por Vitavax, K-obil y Rodamina para evitar el desarrollo de hongos e insectos y agua destilada.

La metodología consistió en tres partes:

- a. Prueba de germinación pre infestación
- b. Sexado de insectos e infestación de muestras
- c. Conteo de insectos, pesaje de muestras, prueba de germinación post infestación

a) Prueba de germinación pre infestación

Se realizaron pruebas de germinación en todas las variedades, se colocaron 8 repeticiones de 50 semillas, 400 semillas en total, se pusieron en la germinadora el

martes 27 de agosto y se sacaron el 3 de septiembre, en condiciones de luz, a 20°C e intervalos de lluvia de 5 minutos cada hora.

b) Sexado de insectos e infestación de muestras

Se realizó el sexado de insectos de acuerdo a la literatura, diferenciando machos de hembras principalmente por el grosor y largo del rostrum y la curvatura de la parte terminal del abdomen (DINUȚĂ, 2009). Posteriormente se infestaron las muestras de 25 g con cinco machos y cinco hembras. Con dos repeticiones por empaque, para cada variedad y se colocaron a temperatura ambiente por un periodo de 15 días.

c) Conteo de insectos, pesaje de muestras, prueba de germinación post infestación

Finalmente se realizó un conteo de insectos vivos y muertos por muestra, se retiraron, y se procedió a registrar el peso de cada muestra, para observar el peso perdido o incluso ganado, como última parte se realizaron pruebas de germinación para determinar si la actividad de los insectos tuvo efecto en la germinación.

Diseño experimental

Completamente al azar, tres tipos de gluten de trigo (Cristalino, Harinero fuerte y harinero suave), una variedad por tipo de gluten (Barobampo C2015, Cisne F2016 y Faisán S2016), tres tipos de empaque (Costalito de polipropileno (14 x 10 cm), frascos de plástico de 250 ml con tapa, y frascos cubiertos con tul como tapa), almacenados en temperatura ambiente.

Las variables evaluadas fueron el efecto de diferentes tipos de empaque y variedad por tipo de gluten, en los porcentajes de germinación, el peso final de la semilla, y la supervivencia de los especímenes después del experimento. Se empleó el programa SAS para el análisis de datos. Estos se analizaron utilizando un análisis de varianza (ANOVA), con el empaque y variedad de trigo como efecto principal y la supervivencia de los insectos, el peso de las muestras y el porcentaje de

germinación como las variables de respuesta. La comparación de medias se realizó utilizando la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se muestran los cuadrados medios para peso de muestra e insectos vivos por muestra, en donde se presentaron diferencias significativas con $P \leq 0.01$ entre genotipos únicamente para la variable insectos vivos por muestra, en el caso de la FV empaque y la interacción, no se mostraron diferencias significativas.

En la variable insectos vivos por muestra las diferencias estadísticas significativas se debieron a genotipos (70.50% de la variación total), seguida en importancia por el 19.46% generado por tipo de empaque y el 7.03% de la variación total generado por la interacción.

Cuadro 1. Cuadrados medios correspondiente a peso de muestra e insectos vivo por muestra.

FV (Fuentes de variación)	GL	Cuadrados medios	
		Peso de muestra	IVPM
Empaque	2	0.42	8.22
Genotipo	2	0.13	31.06 **
Rep	1	0.38	0.00
Empaque*Genotipo	4	0.02	2.97
Error	8	0.15	2.50
C.V%		1.55	24.12

IVPM=Insectos vivos por muestra

En el cuadro 2, tenemos los cuadrados medios para germinación, donde se presentaron diferencias significativas entre genotipos con $P \leq 0.05$, en el caso de la FV empaque y la interacción, tampoco se mostraron diferencias significativas.

En germinación, las diferencias estadísticas significativas se debieron principalmente a genotipos (50.87% de la variación total), seguida en importancia por el 34.35% generado por tipo de empaque y el 14.78% de la variación total generado por la interacción.

Cuadro 2. Cuadrados medios correspondiente a germinación.

FV	GL	Cuadrados medios	
		Germinación	
Empaque	2	26.33	*
Genotipo	2	39.00	
Rep	1	18.78	
Empaque*Genotipo	4	11.33	
Error	26	11.70	
C.V%		3.59	

CONCLUSION

Se presentaron diferencias significativas entre genotipos, para las variables insectos vivos por muestra y germinación, el genotipo que mostro un mejor resultado fue Faisán S2016 con 97% de germinación superando a Barobampo C2015 con 93% y Cisne F2016 94%, en relación al empaque se concluye que en este primer ensayo según los resultados no tuvo un efecto importante sobre las muestras al no haber presentado diferencias significativas entre tratamientos.

De acuerdo a (Burghetti et.al , 2021), se decidió que el tamaño de la muestra fuera de 25 g de trigo, en este experimento, introdujeron 10 machos y 10 hembras, sin embargo como no se contaba con la cantidad suficiente hasta esa fecha de especímenes, se decidió disminuir la población a la mitad, sin embargo para la próxima evaluación se incrementarían el doble de insectos y se realizarían ajustes en el experimento para obtener mejores resultados.

Es importante seguir investigando sobre el tipo de almacenamiento y los posibles tratamientos contra las plagas de almacén, y como se pueden conjuntar esto para tener un buen control de las plagas.

AGRADECIMIENTOS

Se le extiende un cordial agradecimiento al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, por el apoyo en la realización de esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Lukács, H., Pál-Fám, F., Varga-Visi, É., Rolbiecki, R., Percze, A., & Keszthelyi, S. (2022). Impact of Short-Term Atmospheric Heat Transfer on the Survival of Granary Weevil in Stored Winter Wheat. *Agronomy*. <https://www.mdpi.com/20734395/12/6/1313#:~:text=Our%20study%20showed%20that%20short,and%20sustainable%20pest%20control%20method.>
- Burghetti, L., Barrientos, G., Dettler, M., Ansa, M., Martínez, E., Santadino, M., & Riquelme Virgala, M. (2021). CARACTERIZACIÓN DEL DAÑO DE SITOPHILUS GRANARIUS L. (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE) EN DISTINTOS CULTIVARES DE CEBADA (HORDEUM VULGARE L.). *agronomia & ambiente*.
- DINUȚĂ, A., BUNESCU, H., & BODIȘ, I. (2009). Contributions to the Knowledge of Morphology of the Granary Weevil (Sitophilus Granarius L.), Major Pest of the Stored Cereals. *Bulletin UASVM Agriculture*. https://www.researchgate.net/publication/266893851_Contributions_to_the_Knowledge_of_Morphology_of_the_Granary_Weevil_Sitophilus_Granarius_L_Major_Pest_of_the_Stored_Cereals
- Donga, T., & Baributsa, D. (2023). Effect of Temperature and Insect Infestation Levels on Oxygen Depletion in Hermetic Storage. *Insects*. <https://www.mdpi.com/2075-4450/14/7/621>
- Shrestha, S. (2019). Effects of Climate Change in Agricultural Insect Pest. *ACTA SCIENTIFIC AGRICULTURE* 3.12, 74-80. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8150874/>

EFFECTO DE LA DOSIS DE NITRÓGENO SOBRE LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO DEL TRIGO HARINERO DE GLUTEN FUERTE

Lizett Himelda Sánchez-Corrales¹; Lourdes Ledesma-Ramírez²; Ernesto Solís-Moya²; Lidia Alejandra Rodríguez-Zermeño¹; Dagoberto Flores-Marin³; David Sánchez-Aspeytia³

¹Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato, México, km 8 Carretera Juventino Rosas-Celaya, Gto. C.P. 38110. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, México, km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Gto. C.P. 38010. ³Campo Experimental Saltillo-INIFAP. *Autor por correspondencia: ledesma.lourdes@inifap.gob.mx

RESUMEN

El trigo es uno de los principales cultivos de mayor demanda en el ámbito global, transformándose en un alimento esencial debido a su alto contenido de nutrientes y proteínas. El nitrógeno (N) juega un papel clave en la formación de clorofila de las plantas, siendo esencial para su crecimiento, la fotosíntesis y un buen rendimiento agrícola. El objetivo del presente trabajo fue evaluar las variedades de trigo harinero de gluten fuerte, bajo un manejo de fertilización nitrogenada, para incrementar la productividad del cultivo. La siembra se realizó el 15 de diciembre del 2023 con una densidad de 120 kg ha⁻¹, en un calendario de cuatro riegos: 0-45-75 y 100 días. Se evaluaron cinco genotipos de trigo harinero de gluten fuerte. Los ensayos fueron establecidos en un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Se aplicaron cinco tratamientos de fertilización nitrogenada (00, 120, 180, 240, 300), se aplicó la mitad del nitrógeno en la siembra, y el restante en el primer riego de auxilio, el P₂O₅ se aplicó 60 kg a la siembra. Las variables evaluadas fueron: Espigas por metro cuadrado (EPM2); Grano por metro cuadrado (GPM2) y Peso de mil granos (PMG). Las dosis de nitrógeno de 180 y 240 kg ha⁻¹ incrementaron dos de los componentes de rendimiento, en cambio, la dosis más alta (300 kg ha⁻¹) no incrementó el peso de grano ni el número de espigas por unidad de superficie. La variedad que obtuvo el mayor peso de grano (Conatrigo F2015) registró los menores valores de EPM2 y GPM2, en cambio, la variedad que registró el menor peso del grano (Noreste F2018) produjo los mayores valores en EPM2 y GPM2.

Palabras Clave: peso de milgranos, granos por metro cuadrado y espigas por metro cuadrado.

ABSTRACT

Wheat has become one of the main crops with the highest demand in the global scope, becoming an essential food due to its high content of nutrients and proteins. Nitrogen (N) plays a key role in the formation of chlorophyll in plants, being essential for their growth, photosynthesis and good agricultural yield. The objective of the present work was to evaluate the varieties of strong bread wheat, under a nitrogen fertilization management, to increase the productivity of the crop. Sowing was carried out on December 15, 2023 with a density of 120 kg ha⁻¹, in a four-irrigation schedule: 0-45-75 and 100 days, where five genotypes of strong bread wheat were evaluated. The trials were established in a completely randomized block design with three replications. For this experiment, five nitrogen fertilization treatments were applied (00,120,180, 240, 300), half of the nitrogen was applied at sowing and the rest at the first auxiliary irrigation, and 60 kg of phosphorus was applied at sowing. The variables evaluated were: spikes per square meter (EPM2); Grain per square meter (GPM2) and Weight of thousand grains (PMG). The nitrogen doses that increase two of the yield components are 180 and 240 kg ha⁻¹, however, the highest dose, which was 300 kg ha⁻¹, does not increase grain weight or the number of spikes per unit. The contrasting varieties in yield components were Conatrigo F2015 and Noreste F2018, while the varieties Cisne F2016, Bacorehuis F2015 and Hans F2019 showed very similar behavior in yield component results.

Keywords: Weight of thousand grains, grains per square meter and spikes per square meter.

INTRODUCCIÓN

El trigo es uno de los cultivos de mayor demanda en el ámbito global, transformándose en un alimento esencial debido a su alto contenido de nutrientes y proteínas. Hoy en día, una gran variedad de alimentos se elabora a partir del trigo, que suministra casi el 20% de las calorías que consumimos diariamente (SADER, 2022). Como menciona Ruiz (2018), este grano en México representa casi el 20 % de la cantidad total consumida de granos básicos, con un promedio de 52-58 kg per cápita de consumo al año. En el año 2023, se sembraron 259,529 hectáreas, lo que

representa un aumento del 9.7% respecto a 2022. Esto resultó en una producción preliminar de 1.5 millones de toneladas de trigo harinero, con un rendimiento promedio a nivel nacional de 5.8 t ha^{-1} (SIAP, 2023).

El nitrógeno (N) juega un papel clave en la formación de clorofila de las plantas, siendo esencial para su crecimiento, la fotosíntesis y un buen rendimiento agrícola. Sin embargo, su ciclo y absorción son procesos complicados, ya que, aunque es muy abundante en el aire, es limitado en el suelo. Por eso, en la agricultura, es necesario recurrir al uso de fertilizantes que contengan nitrógeno (CIMMYT, 2019). El trigo como otros cultivos solo aprovecha entre el 20% y el 30% del fertilizante nitrogenado aplicado, el resto se pierde debido a la volatilización o al escurrimiento, lo que no solo genera pérdidas económicas, sino también contribuye a la contaminación ambiental (González, 2022).

En los trigos harineros los altos niveles de N aumentan la proteína del grano, por lo tanto, se obtiene una buena calidad panadera, sin embargo, el N en exceso puede favorecer la síntesis de determinadas proteínas e inhibir la de otras beneficiosas para la panificación (García, 2024).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar las variedades de trigo harinero de gluten fuerte, bajo un manejo de fertilización nitrogenada, para incrementar la productividad del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ), en INIFAP ubicado en Carretera Celaya-San Miguel de Allende Kilómetro 6.5, Celaya, Guanajuato. La investigación se realizó durante la temporada otoño invierno (OI) 2023-2024. Su fecha de siembra (FS) fue el día 15 de diciembre de 2023, y se aplicó un calendario de cuatro riegos: 0-45-75 y 100 días. Se evaluaron cinco genotipos de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), Cisne F2016, Bacorehuis F2015, Conatrigo F2015, Hans F2019 y Noreste F2018. Los ensayos fueron establecidos en un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. La siembra se realizó con una densidad de 120 kg ha^{-1} . La parcela experimental, fueron dos surcos de 2.75 m de largo con distancia entre surcos de 0.75 m y tamaño de parcela de 4.125 m^2 .

Se aplicaron cinco tratamientos de fertilización nitrogenada (00, 120, 180, 240, 300), se aplicó la mitad del nitrógeno en la siembra, y el restante en el primer riego de auxilio, las dosis de nitrógeno se complementaron con 60 kg de P_2O_5 a la siembra. Para controlar las malezas de hoja angosta se aplicó el herbicida Topik 24EC® a los 22 días del riego de la siembra y nuevamente a los 30 días, mientras que para hoja ancha se utilizó Esteron 24D® a los 34 días. Durante el ciclo que estuvo el cultivo en campo no se presentaron plagas y enfermedades por lo que no se realizaron aplicaciones de fungicidas e insecticidas.

Para estimar las variables analizadas en el estudio se calculó las siguientes variables: 1) índice de cosecha (IC), mediante el cociente TRG/TRB, donde TRG: es el rendimiento de grano de 25 tallos de la parcela, TRB: rendimiento biológico de 25 tallos de la parcela; 2) biomasa (BIO $t\ ha^{-1}$), calculada como rendimiento de grano (RG) en $t\ ha^{-1}/IC^{-1}$; Con esta información se estimó las características evaluadas: 1) espigas por metro cuadrado (EPM2), igual a BIO $g\ m^2/TRB$ en g; 2) peso del grano (PG, g), obtenido del peso de 1000 granos; 3) granos por metro cuadrado (GPM2), igual a RG $g\ m^2/peso\ del\ grano\ mg$. Con datos obtenidos se realizó un análisis de varianza para cada una de las tres variables ya antes mencionadas. De igual manera se realizaron pruebas de comparación de medias utilizando la técnica de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza (Cuadro 1), detectaron diferencias altamente significativas para la dosis de nitrógeno en EPM2, GPM2 y no significativas en PMG. En las variedades, se observaron diferencias significativas en PMG y diferencias altamente significativas en EPM2, GPM2. La interacción de dosis de N por variedad, no detectó diferencias significativas en ninguna de las variables.

Cuadro 1. Cuadros medios de las variables estudiadas del experimento para evaluar la productividad de trigo harinero de gluten fuerte con dosis de nitrógeno.

FV	GL	PMG	EPM2	GPM2
Dosis de nitrógeno (DN)	4	13.12	18012.5**	32007542.5**
Variedades	4	49.08*	10655.08**	11464455.9**
Repeticiones	10	85.7	6305.01	12681930.5
Interacción DN*GEN	16	13.24	1893.75	1878398.1
Error	40	13.17	1643.83	2102157.8
Total	74			
CV		7	15.11	13.37

FV = Fuente de variación; G.L = Grados de libertad; CV = Coeficiente de variación; EPM2 = Espigas por metro cuadrado; GPM2 = Granos por metro cuadrado; PMG = Peso de mil granos; ** = Diferencias altamente significativas; * = Diferencias significativas.

En las pruebas de comparaciones de medias, no se detectaron diferencias significativas en la variable PMG (Tukey $\alpha \leq 0.05$) el rango del peso de los granos fue entre 50.73 a 53.13 gramos. En GPM2 los tratamientos de 180, 240 y 300 kg ha⁻¹ obtuvieron 11522, 12466 y 11540 granos respectivamente, los cuales fueron superiores significativamente a las dosis de 0 y 60 kg ha⁻¹ que obtuvieron 8868.2 y 9816.27 granos. Los resultados muestran que, en EPM2, la dosis de 180 y 240 kg ha⁻¹ superaron al tratamiento de 0 kg ha⁻¹ con una diferencia de 80 y 78 espigas. Sin embargo, con la dosis de 300 unidades de N, resultó igual estadísticamente a 180 y 240 kg ha⁻¹, esto es explicado por García (2024) que señala que una dosis de 300-340 unidades de N no incrementa el número de espigas por unidad ni se obtiene un mayor rendimiento.

Cuadro 2. Comparaciones de medias para las variables de estudio en el factor de dosis de nitrógeno.

DOSIS DE NITRÓGENO	PMG	GPM2	EPM2
0	51.26	8868.2	220.07
60	53.13	9816.27	245.97
180	52.33	11522	300.07
240	51.66	12466	298.33
300	50.73	11540	276.4
DSM	3.78	1512.1	42.28

DN = Dosis de nitrógeno; PMG = Peso de mil granos; GPM2 = Granos por metro cuadrado; EPM2 = Espigas por metro cuadrado; DSM = Diferencia significativa mínima.

En las pruebas de comparación de medias (Cuadro 3), para variedades, en la variable peso de grano la variedad Conatrigo F2015 obtuvo mayor peso que Noreste F2018 con una diferencia de 4.53 g. Cisne F2016, Bacorehuis F2015, Hans F2019 y Noreste F2018 superaron significativamente en número de granos a Conatrigo F2015 con 1738, 1560, 3181 y 2033 granos, respectivamente. El número de espigas de Noreste F2018 fue de 315 superando significativamente a todas las demás variedades. Noreste F2018 obtuvo mayor número de granos y espigas, pero menor peso de grano; al contrario, Conatrigo F2015 mostró que, a menor número de granos y espigas, mayor peso de grano. Se confirma entonces que a mayor número de granos por unidad de superficies menor peso de grano (Grijalva *et al.*, 2016).

Cuadro 3. Comparaciones de media de las variables de estudio en el factor de genotipos en el experimento de dosis de trigo en trigos harineros fuertes.

Variedades	PMG	GPM2	EPM2
Cisne F2016	53	11078	256.9
Bacorehuis F2015	50.73	10900	258
Conatrigo F2015	54.26	9340	247.4
Hans F2019	51.4	12521	263.7
Noreste F2018	49.73	11373	314.6
DSM	3.78	1512.1	42.28

V= Variedades; PMG = Peso de mil granos; GPM2 = Granos por metro cuadrado; EPM2 = Espigas por metro cuadrado; DSM = Diferencia significativa mínima.

CONCLUSIONES

Las dosis de nitrógeno que incrementan dos de los componentes de rendimiento son 180 y 240 kg ha⁻¹, en cambio, la dosis más alta (300 kg ha⁻¹) no incrementó el peso de grano ni el número de espigas por unidad de superficie. La variedad que obtuvo el mayor peso de grano (Conatrigo F2015) registró los menores valores de EPM2 y GPM2, en cambio, la variedad que registró el menor peso del grano (Noreste F2018) produjo los mayores valores en EPM2 y GPM2.

LITERATURA CITADA

CIMMYT. (2019). El algoritmo que ayudará a incrementar la rentabilidad del trigo y reducir la contaminación por nitrógeno. CIMMYT. <https://idp.cimmyt.org/el-algoritmo-que-ayudara-a-incrementar-la-rentabilidad-del-trigo/>

- García-Lamothe, A. (2024). Manejo de fertilización nitrogenada en trigo y cebada. INIA. <http://www.inia.uy/Publicaciones/111219240807141622.pdf>
- González-Figueroa, S.S., Vera-Núñez, J.A., Peña-Cabriaes, J.J., Báez-Pérez, A. y Grageda-Cabrera, O.A. (2022). Uso eficiente de nitrógeno en aplicaciones fraccionadas de fertilizante marcado con 15N en trigo. *Revista fitotecnia mexicana*. 45(4). Doi: <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.4.437>
- Grijalva-Contreras, R.L., Robles-Contreras, F., Macías-Duarte, R., Santillano-Cázares, J. y Núñez-Ramírez, F. (2016). Nitrógeno en trigo y su efecto en el rendimiento y en la concentración de nitratos y potasio en el extracto celular de tallo (ECT). *Acta universitaria*, 26(5), 48-54. Doi: <https://doi.org/10.15174/au.2016.963>
- Ruiz, M.A. (2018). Avances en la prevención de roya al trigo. UNISEM. <https://semillastodoterreno.com/2018/03/avances-en-la-prevencion-de-la-roya-del-trigo>
- SADER. (2022). Maíz, frijol, arroz y trigo, los granos básicos de México. GOB. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-frijol-arroz-y-trigo-los-granos-basicos-de-mexico>
- SIAP. (2023). Escenario mensual de productos agroalimentarios. SADER. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/856666/Trigo_panificable_Agosto.pdf

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR CON BORO Y MAGNESIO EN LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE FRIJOL (*Phaseolus* spp.) BAJO ALTAS TEMPERATURAS NATURALES

Alejandro Antonio Prado García¹, Cesar Leobardo Aguirre Mancilla², Juan José Medina Mendoza¹, Jorge Alberto Acosta Gallegos¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío. Carretera Celaya-San Miguel Allende Km. 6.5, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México. ²Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Roque. Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Apartado Postal 508, C.P. 38110, Celaya, Guanajuato, México. *Autor de correspondencia: prado.alejandro@inifap.gob.mx

RESUMEN

Las altas temperaturas afectan la calidad fisiológica de la semilla de frijol. Se evaluó el efecto de la fertilización foliar con Boro (B) y Magnesio (Mg) en la calidad de semilla de *P. vulgaris* y *P. acutifolius* producidas bajo condiciones de altas temperaturas naturales. El experimento se estableció en el Campo Experimental Bajío del INIFAP bajo un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas y tres repeticiones, mientras que la evaluación en laboratorio fue por un diseño completamente al azar. Los tratamientos fueron: YaraVita Boro™ (0.5 L ha⁻¹), Yara Vita Magnesio™ (4.0 L ha⁻¹), B + Mg y testigo. Las variedades de *P. vulgaris* (Rarámuri y Granada) mostraron mayor rendimiento que *P. acutifolius* (Tep Choix y Tep 23). Los tratamientos con fertilización foliar incrementaron significativamente el rendimiento y la calidad de semilla respecto al testigo. Aunque no hubo diferencias en germinación entre genotipos (>90%), *P. acutifolius* mostró mayor vigor con 10% más de raíces emergidas a los cuatro días. Los tratamientos con B y Mg redujeron significativamente la cantidad de semillas muertas y aumentaron el porcentaje de plántulas normales. La fertilización foliar con B y Mg demostró ser una estrategia efectiva para mejorar la calidad fisiológica de la semilla de frijol producidas bajo condiciones de altas temperaturas.

Palabras clave: germinación, vigor, fertilización foliar, estrés térmico, calidad de semilla.

ABSTRACT

High temperatures affect the physiological quality of bean seeds. The effect of foliar fertilization with Boron (B) and Magnesium (Mg) on seed quality of *P. vulgaris* and *P. acutifolius* under natural high temperature conditions was evaluated. The experiment was established at INIFAP's Bajío Experimental Station under a randomized complete block design with split plots arrangement and three replications. Treatments were: YaraVita Boron™ (0.5 L ha⁻¹), Yara Vita Magnesium™ (4.0 L ha⁻¹), B + Mg and control. *P. vulgaris* varieties (Raramuri and Granada) showed higher yield than *P. acutifolius* (Tep Choix and Tep 23). Foliar fertilization treatments significantly increased yield and seed quality compared to control. Although there were no differences in germination between genotypes (>90%), *P. acutifolius* showed greater vigor with 10% more emerged roots at four days. B and Mg treatments significantly reduced the amount of dead seeds and increased the percentage of normal seedlings. Foliar fertilization with B and Mg proved to be an effective strategy to improve the physiological quality of bean seeds under high temperature conditions.

Keywords: *germination, vigor, foliar fertilization, heat stress, seed quality.*

INTRODUCCIÓN

El frijol es catalogado como extremadamente sensible al estrés por calor, principalmente durante la etapa reproductiva inicial. El efecto simultáneo de altas temperaturas y déficit de humedad provocan el aborto de flores y vainas pequeñas que afectan directamente el rendimiento (Porch y Jahn, 2001). En la región de El Bajío, las temperaturas superiores a 32°C que coinciden con el inicio de la etapa reproductiva dañan el polen y causan la caída de vainas y un menor número de semillas.

La nutrición mineral juega un papel crucial bajo condiciones de estrés térmico. Las plantas con deficiencia de Mg resultan más susceptibles al estrés por altas temperaturas, ya que este elemento participa en un 2.7% en la constitución de la

clorofila, es fundamental en la fotosíntesis y promueve el transporte de fotoasimilados (Cakmak y Yazici, 2010). El boro (B) está involucrado en múltiples funciones como la síntesis y estructura de la pared celular, lignificación, metabolismo y transporte de carbohidratos, e integridad de la membrana plasmática, procesos que se ven afectados por las altas temperaturas (Kirkby y Rómheld, 2008).

Entre las especies domesticadas del género *Phaseolus*, el frijol tepari es mencionado como tolerante a altas temperaturas (Rainey and Griffiths, 2005). Considerando que las altas temperaturas son un factor limitante en la producción de semilla de frijol y que la nutrición mineral podría ayudar a mitigar sus efectos negativos, es importante evaluar estrategias que combinen la selección de especies tolerantes con un manejo nutricional adecuado. El objetivo del presente ensayo fue determinar la calidad fisiológica de semillas de *P. vulgaris* y *P. acutifolius* en respuesta a la aplicación foliar de Boro y Magnesio producidas bajo condiciones de altas temperaturas naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio. El estudio se realizó bajo condiciones de campo y laboratorio en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del INIFAP localizado a los 20°34'47"N, 100°49'22"O y 1764 msnm. El clima predominante de la zona es BS1hw (W), con temperatura promedio de 20.6°C y precipitación anual promedio de 597 mm (García, 1987).

Material vegetal. Se evaluaron dos especies de frijol: *Phaseolus vulgaris* L. (variedades Granada y Rarámuri) y *P. acutifolius* (variedades TARS-Tep 23 y Alubia Choix, Sinaloa).

Diseño experimental y tratamientos. El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas y tres repeticiones para las condiciones de campo y un diseño completamente al azar para las pruebas en laboratorio. Los tratamientos de fertilización foliar fueron: YaraVita Boro™ al 11%

(0.5 L ha⁻¹), Yara Vita Magnesio™ al 20% (4.0 L ha⁻¹), B + Mg y un testigo sin fertilizante. Las aplicaciones se realizaron tres veces en pre- y durante la floración. La siembra se realizó el 16 de marzo. Las evaluaciones de calidad de semilla en laboratorio se realizaron con las semillas cosechadas y producidas bajo condiciones de altas temperaturas naturales.

Variables evaluadas. Se evaluó el rendimiento de semilla (kg ha⁻¹) en campo. En laboratorio se determinó la calidad fisiológica mediante pruebas de germinación y vigor, considerando el número de plántulas normales, anormales, semillas muertas, porcentaje de germinación, peso fresco y seco de plántula, y emergencia de radícula a los cuatro días de la siembra.

Análisis estadístico. El análisis de la información se realizó con el programa estadístico SAS V 9.1 (SAS Institute, 2013). Cuando la prueba de F fue significativa, se realizó la comparación de medias con la prueba de Tukey ($\alpha < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento y calidad fisiológica de semilla. Las variedades de *P. vulgaris* (Rarámuri y Granada) mostraron mayor rendimiento que *P. acutifolius* (Tep Choix y Tep 23). Los tratamientos con fertilización foliar incrementaron significativamente el rendimiento y la calidad de semilla respecto al testigo (Cuadro 1). El análisis de semilla no mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre genotipos para la variable germinación, resultando todos los materiales con germinación superior al 90%. La prueba de vigor (emergencia de radícula a los cuatro días) mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre genotipos, resultando superiores los genotipos de *P. acutifolius* en comparación con *P. vulgaris*.

Cuadro 1. Prueba de germinación, vigor de semillas y rendimiento de cuatro genotipos de frijol producidas bajo tratamientos de B y Mg.

Genotipo	Normal	Anormal	Muerta	Germ. (%)	PFP	PSP	EDR (%)	RTO (kg ha ⁻¹)
Tep Choix	48.4 a	0.5 b	1.1 a	92.1 a	16.0 c	2.2 b	75 a	1657.7 c

Genotipo	Normal	Anormal	Muerta	Germ. (%)	PFP	PSP	EDR (%)	RTO (kg ha ⁻¹)
Tep 23	48.0 a	1.4 a	0.7 a	90.4 a	12.4 d	2.7 b	71 a	1504.7 d
Granada	48.5 a	0.7 b	0.9 a	92.5 a	20.4 b	4.9 a	60 b	1972.8 b
Rarámuri	48.3 a	0.7 b	1.0 a	91.5 a	27.1 a	4.1 a	63 b	2207.5 a

Nota: Germ: germinación, PFP: peso fresco de plántula (g), PSP: peso seco de plántula (g), EDR: emergencia de radícula a cuatro días, RTO: rendimiento de semilla en campo. Medias con distinta letra por columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

Efecto de la fertilización foliar en la calidad de semilla Los tratamientos con fertilización foliar fueron superiores al testigo en la calidad de semilla (Cuadro 2).

Cuadro 2. Prueba de germinación, vigor de semillas y rendimiento por efecto de tratamientos de B y Mg.

Tratamiento	Normal	Anormal	Muerta	Germ. (%)	PFP	PSP	EDR (%)	RTO (kg ha ⁻¹)
Testigo	47.7 b	1.0 a	1.7 a	88.3 b	17.7 b	3.2 a	64.5 a	1451.4 b
B	48.5 a	0.7 a	0.7 b	92.7 a	18.7 ab	3.5 a	68.0 a	1955.6 a
Mg	48.5 a	0.7 a	0.7 b	92.7 a	20.1 a	3.8 a	68.0 a	2036.9 a
B + Mg	48.5 a	0.9 a	0.6 b	92.7 a	19.5 ab	3.3 a	69.0 a	1898.7 a

Nota: Germ: germinación, PFP: peso fresco de plántula (g), PSP: peso seco de plántula (g), EDR: emergencia de radícula a cuatro días, RTO: rendimiento de semilla en campo. Medias con distinta letra por columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

Durante la etapa reproductiva se presentaron temperaturas superiores a los 30°C, lo que pudo afectar la calidad de la semilla. En el caso del tratamiento testigo sin la aplicación de fertilización foliar, el incremento en semillas muertas y menor porcentaje de germinación pudo deberse a la deshidratación de los tejidos del embrión provocada por las altas temperaturas en la formación de la semilla (Chaves-Barrantes y Gutiérrez-Soto, 2017).

CONCLUSIONES

La fertilización foliar con B y Mg mejoró significativamente tanto el rendimiento como la calidad fisiológica de la semilla de frijol bajo condiciones de altas temperaturas

naturales. Los tratamientos con fertilización foliar incrementaron el rendimiento hasta en 40% comparado con el testigo.

Las variedades de *P. vulgaris* mostraron mayor rendimiento que las de *P. acutifolius*, siendo Rarámuri la variedad más productiva con 2207.5 kg ha⁻¹. Sin embargo, los genotipos de *P. acutifolius* presentaron mayor vigor de semilla, evidenciado por una emergencia de radícula más rápida.

Los tratamientos con B y Mg, tanto individuales como combinados, incrementaron el porcentaje de germinación (92.7%) y redujeron significativamente la cantidad de semillas muertas en comparación con el testigo (88.3%), demostrando un efecto protector contra el estrés por altas temperaturas durante el desarrollo de la semilla.

La aplicación de B y Mg representa una alternativa viable para mejorar la producción y calidad de semilla de frijol en regiones donde las altas temperaturas son un factor limitante.

LITERATURA CITADA

- Cakmak, I., y Yazici, A. (2010). Magnesio: El elemento olvidado en la producción de cultivos. *Informaciones Agronómicas-IPNI*, 94(2), 23-25.
- Chaves-Barrantes, N. F., y Gutiérrez-Soto, M. V. (2017). Respuestas al estrés por calor en los cultivos. I. aspectos moleculares, bioquímicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 237-253.
- García, E. (1987). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana (4a ed.). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Jiménez Galindo, J. C., y Acosta Gallegos, J. A. (2012). Caracterización de genotipos criollos de frijol Tepari (*Phaseolus acutifolius* A. Gray) y común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo temporal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(8), 1565-1577.
- Kirkby, E., y Rómhald, V. (2008). Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. *Informaciones Agronómicas*, 68(2), 9-13.

- Kurepin, L. V., Park, J. M., y Lazarovits, G. (2015). Burkholderia phytofirmans-induced shoot and root growth promotion is associated with endogenous changes in plant growth hormone levels. *Plant Growth Regulation*, 75, 199-207.
- Porch, T. G., y Jahn, M. (2001). Effects of high-temperature stress on microsporogenesis in heat-sensitive and heat-tolerant genotypes of *Phaseolus vulgaris*. *Plant, Cell and Environment*, 24, 723-731.
- SAS Institute Inc. (2013). Base SAS® 9.4 Procedures guide: statistical procedures (2a ed.). Cary, NC.

EFFECTO DE LA INOCULACIÓN DE *Trichoderma yunnanense* PARA EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL BROCOLETTE

Alondra Elizabeth Elizarraras-Vazquez¹, Anabel Flores-Lee², Mariana Quiroz-González³ y Yareli Alejandra Velazco Leon⁴.

¹Estudiante de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, Cuitzeo de los Naranjos CP 36976, Abasolo Gto. ^{2 3 4} Docentes de la carrera de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable, Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, Cuitzeo de los Naranjos CP 36976, Abasolo Gto. Autor de correspondencia: AS21110050@teacabasolo.edu.mx.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación radicó en evaluar la longitud de la raíz en plantas de brocolette (*Brassica oleracea*) inoculadas con cepas de *Trichoderma yunnanense* y un testigo comercial. El experimento se llevó a cabo en la comunidad de Cerritos de Aceves, en cual se emplearon 5 tratamientos: *Trichoderma yunnanense* (T1R1), *Trichoderma yunnanense* (T2R4), *Trichoderma yunnanense* (T3R1), *Trichoderma yunnanense* (T4Test) y producto comercial (Trichozar®). Así mismo, se distribuyeron en un diseño experimental por bloques completamente al azar, con 4 repeticiones y 5 plantas por cada unidad experimental, con un total de 100 plantas. Para ello, se llevó acabo la reproducción del hongo en sustrato de arroz. Así mismo, teniendo las cepas fúngicas listas, se prepararon los tratamientos para su contabilidad de esporas. La aplicación de los tratamientos se realizó a los 3 días después del establecimiento del cultivo; se efectuaron dos aplicaciones con un intervalo de quince días entre cada una y dos con intervalos de entre cada mes, dando un total de 4 aplicaciones. Las variables evaluadas longitud de raíz y rendimiento. Los datos recolectados se capturaron en InfoStat®, para la obtención del análisis de varianza y comparación de medidas con la prueba de Tukey, el cual no mostró diferencias estadísticamente significativas en la longitud e la raíz entre los tratamientos aplicados de las cepas de *Trichoderma yunnanense* y el producto comercial, por ello todos los tratamientos se comportaron de la misma manera teniendo la misma efectividad, mientras que para el rendimiento destacó con mayor

efectividad los tratamientos T3 y T4 con 0.40075 y 0.4 ton/ha, por lo que el producto comercial (Trichozar®) concentro un rendimiento con menor efectividad en el rendimiento. Lo que indica, que la aplicación de las cepas de *Trichoderma yunnanense* tiene la misma efectividad que un producto comercial para el desarrollo radicular y rendimiento del brocolette.

Palabras clave: Tratamientos, Cepas, Esporas, Plantas y Cuantificación.

ABSTRACT

The research objective was to evaluate the broccollette (*Brassica oleracea*) plants length root inoculated with *Trichoderma yunnanense* strains and a commercial control. The experiment was carried out in the Cerritos de Aceves community, in which 5 treatments were used: *Trichoderma yunnanense* (T1R1), *Trichoderma yunnanense* (T2R4), *Trichoderma yunnanense* (T3R1), *Trichoderma yunnanense* (T4Test) and commercial product (Trichozar®). Likewise, they were distributed in a completely randomized block experimental design, with 4 repetitions and 5 plants per experimental unit, with a 100 plants total. For this purpose, the fungus reproduction in rice substrate was carried out. Likewise, having the fungal strains ready, the treatments were prepared for their spore counting. The treatments application was carried out 3 days after the crop establishment; Two applications were made with an interval of fifteen days between each one and two with intervals of each month, giving a 4 applications total. The variables evaluated were root length and yield. The data collected were captured in InfoStat®, to obtain the variance analysis and measurements comparison with the Tukey test, which did not show statistically significant differences in the root length between the applied *Trichoderma yunnanense* strains treatments and the commercial product, therefore all the treatments behaved in the same way having the same effectiveness, while for the yield the treatments T3 and T4 stood out with greater effectiveness with 0.40075 and 0.4 ton/ha, so the commercial product (Trichozar®) concentrated a yield with less effectiveness in the yield. What indicates, that the *Trichoderma yunnanense* strains application has the same effectiveness as a commercial product for the broccollette root development and yield.

Keywords: *Treatments, Strains, Spores counts and Plants.*

INTRODUCCIÓN

El brócoli (*Brassica oleracea*) es una hortaliza que aporta vitaminas, minerales y elementos esenciales a la dieta humana (Raya-Montaña *et al.*, 2018).

Actualmente es considerado como una de las crucíferas más importantes, ya que en México se posiciona en el quinto lugar a nivel mundial con una producción de 472,763 mil toneladas, de las cuales 432,217 pertenecen a Guanajuato posicionándose como el principal productor y exportador a nivel nacional, seguido de Puebla, Michoacán, Sonora y Jalisco (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2023).

Este cultivo es de alto valor económico, sin embargo, el seguir produciendo en grandes cantidades merece la alternativa de emplear nuevas técnicas para el crecimiento, desarrollo y producción, como lo es el uso de microorganismos benéficos, ya que estos son promotores de crecimiento vegetal, teniendo como objetivo aumentar el rendimiento y la calidad del cultivo para la obtención de mejores resultados durante el desarrollo y producción (Cano y Soto, 2020). Por lo que, lo que *Trichoderma* spp. destacan por la promoción de crecimiento vegetal caracterizándose por tener mecanismos de acción, como la obtención de un mayor rendimiento y pellas de mejor calidad, además de ser capaces de colonizar las superficies de las raíces (Harman *et al.*, 2004). Así mismo, se han evaluado la habilidad de 101 cepas de *Trichoderma* spp. para estimular el crecimiento de la planta, demostrando que los hongos de este género pueden producir efectos positivos sobre la longitud de la raíz y producción (Hoyos-Carbajal *et al.*, 2009). Con esto se busca sustituir de manera parcial o total el uso de agroquímicos, apoyándose de recursos biológicos como lo son los microorganismos promotores de crecimiento.

Por lo anterior, el presente proyecto de investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de *Trichoderma yunnanense* en el rendimiento y el crecimiento radicular del brocolette.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo en la localidad de Cerritos de Aceves, Abasolo Guanajuato, con coordenadas 20°19'36.69" N y 101°37'6.06" W y una altitud de 1687 msnm de acuerdo con (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Información [INEGI], 2023). La especie evaluada fue plantas de brocolette, las cuales fueron establecidas a campo abierto, con un sistema de riego por goteo. Para ello, se llevó a cabo la reproducción del hongo en sustrato de arroz de acuerdo con la metodología de Sivila y Álvarez (2013). Así mismo, teniendo las cepas fúngicas listas, se prepararon los tratamientos en base a la metodología de Cueca *et al.* (2022) para su contabilidad de esporas de acuerdo con la metodología de Lemus *et al.* (2008) y Troya y Vaca (2014). La aplicación de los tratamientos se realizó a los 3 días después del trasplante de las plántulas de brocolette; se efectuaron dos aplicaciones con un intervalo de quince días entre cada una y dos con intervalos de entre cada mes, dando un total de 4 aplicaciones. Se emplearon 5 tratamientos: *Trichoderma yunnanense* (T1R1), *Trichoderma yunnanense* (T2R4), *Trichoderma yunnanense* (T3R1), *Trichoderma yunnanense* (T4Test) y producto comercial (Trichozar®) los cuales se distribuyeron en un diseño experimental por bloques completamente al azar (BCA) con 4 repeticiones y 5 plantas por cada unidad experimental, con un total de 100 plantas. Se evaluaron las variables de rendimiento y longitud de raíz. Los datos recolectados se capturaron en programa de InfoStat®, para la obtención del análisis de varianza y comparación de medidas con la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento

En los resultados obtenidos se reportaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos aplicados de las cepas de *Trichoderma yunnanense* y el producto comercial (Trichozar®), destacando con mayor efectividad los tratamientos T3 y T4 con 0.40075 ton/ha y 0.4 ton/ha, seguido del tratamiento T1 con 0.3903 ton/ha, finalmente el producto comercial (Trichozar®) con

0.2879 ton/ha indica menor efectividad en el rendimiento. Por los anterior, Ruiz-Cisneros *et al.* (2018) evaluaron el efecto de *Trichoderma* spp. sobre el crecimiento vegetal y calidad y rendimientos de frutos, obteniendo mayor tamaño en los frutos de plantas inoculadas con *Trichoderma* en comparación al resto de los tratamientos utilizados. Por otro lado, Adame-García *et al.* (2023) describen en su investigación el efecto importante de *Trichoderma* spp. en el desarrollo de frutos más sanos y grandes en los cultivos de chile morrón y jitomate.

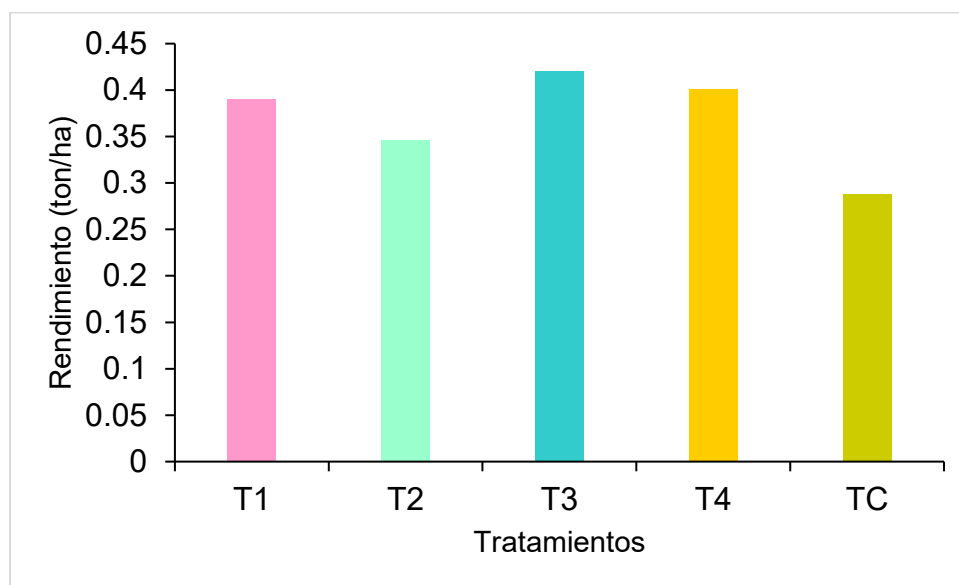


Figura 1 – Producción de brocolette inoculadas con *Trichoderma* spp.: T1: T1R1, T2: T2R4, T3: T3R1, T4: T4Test y TC: producto comercial (Trichozar®).

Longitud de la raíz

En los resultados obtenidos no se encontró diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento de la raíz, ya que todas las cepas nativas de *Trichoderma yunnanense* y el producto comercial (Trichozar®) se comportaron de la misma manera, lo que indica que todos los tratamientos tienen la misma efectividad en el crecimiento to radicular del brocolette (Figura 2). Así mismo, los resultados obtenidos de la longitud de la raíz del brocolette coinciden con los presentados por Hoyos-Carvajal *et al.* (2015) evaluaron la habilidad de 101 cepas de *Trichoderma* spp. para estimular el crecimiento de la planta, demostrando que

los hongos de este género pueden producir efectos positivos sobre la longitud de las raíces.

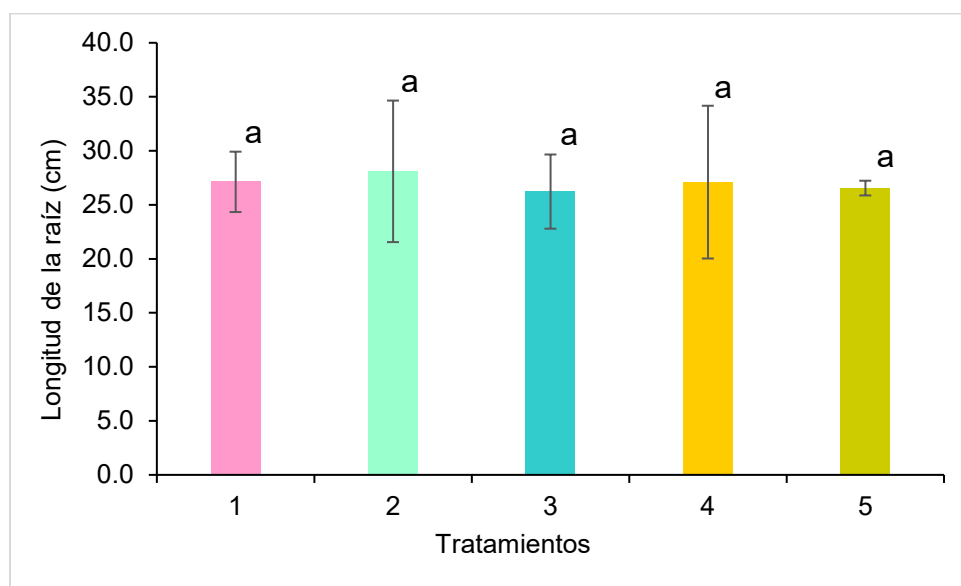


Figura 2 – Producción de brocolette inoculadas con *Trichoderma* spp.: T1: T1R1, T2: T2R4, T3: T3R1, T4: T4Test y TC: producto comercial(Trichoza®). Tratamientos con letras iguales indican diferencias estadísticamente significativas.

CONCLUSIONES

Lo anterior, indica que la aplicación de las cepas nativas de *Trichoderma yunnanense* tiene la misma efectividad que un producto comercial (Trichoza®) a base de *Trichoderma* spp., para el crecimiento radicular brocolette, comportándose de la misma manera todos los tratamientos, mientras que para el rendimiento destaco con mayor efectividad los tratamientos T3 y T4 con 0.40075 ton/ha, por lo que el producto comercial concentro un rendimiento de 0.2879 ton/ha indica menor efectividad en el rendimiento de las pellas de brocolette.

LITERATURA CITADA

Adame-García, J., Murillo-Cuevas, F.D., Cabrera-Mireles, E., Villegas-Narváez, J., Rivera-Meza, A. E y Vásquez-Hernández, A. (2023). Efecto de

- bioestimulantes microbianos en frutos de chile morrón y jitomate producidos en macrotúnel. *Revista de Ciencias y de la Salud*, 25(1), 81-87.
- Cano, M. B y Soto, Z. G. M. (2022). Microorganismos benéficos o agroquímicos. *Elementos*, 128, 57-63.
- Herman, G. E. Howell, C. R. Viterbo, A. Chet, I y Lorito, M. (2004). *Trichoderma* especies oportunistic, avirulent plants symbionts. *Rev. Microbiol*, 2(1), 43-56.
- Hoyos-Carvajal, L., Cardona, A., Osorio, W y Orduz, S. (2015). Efecto de diversos aislamientos de *Trichoderma* pps. en la absorción de nutrientes en frijol (*Phaseolus vulgaris*) en dos tipos de suelo. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(2), 268-278.
- Raya-Montaña, Y. A., Apáez-Barrios, P., Guillén-Andrade, H y Lara-Chávez, B. N. (2018). PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI DEL GENOTIPO Y DOSISI DE NITRÓGENO. *Revista Fititec*, 41(4), 537-542.
- Ruiz-Cisneros, M. F., Ornelas-Paz, J. J., Olivas-Orozco, G. I., Acosta-Muñiz, C. H., Sepúlveda-Ahumada, D. R., Pérez-Corral, D. A., Ríos-Velasco, C y Fernández-Pavía, S. P. (2018). Efecto de *Trichoderma* spp. y hongos fitopatógenos sobre el crecimiento vegetal y calidad del fruto de jitomate. *Revista Mexicana de fitopatología*, 36(3), 0185-3309.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2023). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola del Cultivo de Brócoli. nube.siap.gob.mx/cierreagricola/.

EFFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL RENDIMIENTO DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), EN EL SEMIÁRIDO DE MÉXICO

Odilon Gayosso-Barragán¹; Deli Nazmín Tirado-González^{2*}; Griselda Chávez-Aguilar^{1*}; Roberto Reynoso-Santos³, Juan Samuel Guadalupe Jesús Alcalá-Rico⁴

¹Investigador, CENID Agricultura Familiar/INIFAP; ²Investigador, Departamento de Ingenierías ITEL/TecNM; ³CE Centro Chiapas/INIFAP; ⁴Investigador, Campo Experimental Las Huastecas/INIFAP. *Autor de correspondencia: deli.tg@llano.tecnm.mx

RESUMEN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es de gran importancia para México, pero su producción ha disminuido; por lo que se debe buscar alternativas sostenibles, como la inoculación con rizobacterias, que favorecen el crecimiento de las raíces y optimizan la absorción de nutrientes y agua, aumentando el rendimiento del cultivo. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el impacto de la inoculación de Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (BPCV) en combinación con fertilización nitrogenada, sobre el rendimiento de frijol, con el fin de buscar optimizar el rendimiento del cultivo. El estudio fue dirigido en temporal, en una región semiárida del centro de México. Para la inoculación bacteriana se utilizaron diferentes cepas de manera individual y sus consorcios; mientras que la fertilización nitrogenada fue aplicada a dosis de 20 y 40 kg N ha⁻¹. Los resultados mostraron que la aplicación de la cepa *Pseudomonas* sp. IngP1.1-2b, de manera individual y 20 kg N ha⁻¹ alcanzó el mayor rendimiento de grano (1,120.50 kg ha⁻¹), superando al testigo, que mostró el menor índice de cosecha (IC de 0.24). Además, se observó una correlación significativa entre biomasa, producción de grano y rendimiento ($r = 0.99$ y 0.96), sugiriendo que estas variables son buenos indicadores para seleccionar genotipos con alto potencial productivo. La inoculación bacteriana reduce la dependencia de fertilizantes químicos, por lo que demuestra ser una alternativa sostenible para mejorar la productividad en cultivos de frijol, particularmente en regiones con deficiencias nutrimentales.

Palabras clave: *Bioinóculos, cultivos básicos, alternativas sostenibles, microbiota del suelo, bacterias promotoras de crecimiento vegetal.*

ABSTRACT

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is of great importance to Mexico, but its production has declined. Therefore, sustainable alternatives must be explored, such as rhizobacteria inoculation, which promotes root growth and optimizes nutrient and water absorption, ultimately increasing crop yield. The objective of this research was to evaluate the impact of Plant growth-promoting bacteria (PGPB) inoculation, combined with nitrogen fertilization, on bean yield to optimize crop performance. The study was conducted under rainfed conditions in a semi-arid region of central Mexico. Different bacterial strains were used individually and in consortia for inoculation, while nitrogen fertilization was applied at doses of 20 and 40 kg N ha⁻¹. Results showed that the application of the *Pseudomonas* sp. IngP1.1-2b strain, both individually and with 20 kg N ha⁻¹, resulted in the highest grain yield (1,120.50 kg ha⁻¹), surpassing the control, which showed the lowest harvest index (HI of 0.24). Additionally, a significant correlation was observed between biomass, grain production, and yield ($r=0.99$ and 0.96), suggesting that these variables are reliable indicators for selecting genotypes with high productive potential. Bacterial inoculation reduces dependence on chemical fertilizers, proving to be a sustainable alternative to improve productivity in bean crops, particularly in regions with nutrient deficiencies.

Keywords: *Bioinoculants, basic crops sustainable alternatives, soil microbiota, plant growth-promoting bacteria (PGPB)*

INTRODUCCIÓN

En México, el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es un cultivo básico tanto por su valor nutricional, social y económica; ocupando el segundo lugar en superficie sembrada después del maíz. Aunque cada año se destinan 1.6 millones de ha a su producción,

esta ha disminuido significativamente, pasando de 1.4 millones a 697,000 ton entre 2006 y 2011, principalmente debido a cambios en los patrones de precipitación que afectan el 80% de las áreas de temporal. Además, la intensificación del uso de fertilizantes para aumentar la producción ha generado efectos negativos en el suelo, como erosión y pérdida de nutrientes y fertilidad (Grajales-García *et al.*, 2017).

La degradación del suelo afecta desde la germinación, el crecimiento y rendimiento de los cultivos al alterar su estructura y reducir la disponibilidad de nutrientes (Cotler *et al.*, 2020). En el caso del frijol, los microorganismos del suelo son esenciales para su desarrollo, ya que facilitan el intercambio de nutrientes, mejoran la disponibilidad de nitrógeno (N) y fósforo (P), y promueven el crecimiento del sistema radicular (Calero-Hurtado *et al.*, 2019). La microbiota benéfica del suelo también fortalecen la resistencia de las plantas en condiciones adversas, como sequía y deficiencias nutricionales; mejorando notablemente el rendimiento y calidad del cultivo (Bashan y de-Bashan, 2010).

Los bioinoculantes, como las Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (BPCV), mejoran la productividad de las plantas al fomentar el desarrollo de raíces y biomasa aérea; y también mejora la sostenibilidad agrícola (Cruz-Cárdenas *et al.*, 2021). Estas rizobacterias reducen el uso de fertilizantes químicos, promoviendo una agricultura más sostenible y eficiente. Al inocular las semillas, las BPCV mejoran la absorción de nutrientes y agua, y favorecen el crecimiento radicular mediante mecanismos como la fijación de N, la producción de fitohormonas, la solubilización de nutrientes, entre otros (Vessey, 2003).

Diversos factores edáficos y climáticos determinan la funcionalidad de las plantas, por lo que la selección de cepas bacterianas que toleren condiciones adversas y mejoren el rendimiento y la productividad agrícola es de suma importancia (Castellanos-Hernández *et al.*, 2021). Sin embargo, el aislamiento e identificación de este tipo de cepas aún no es una práctica común debido a sus altos costos (Estrada-Gamboa *et al.*, 2023).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el impacto de la inoculación de BPCV y diferentes dosis de N, sobre el rendimiento del cultivo de frijol, en el altiplano semiárido de México; con la finalidad de establecer alternativas sostenibles para aumentar la productividad de este cultivo en este tipo de regiones.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en condiciones de temporal, en la localidad La blanquita ubicada en Matancillas, Ojuelos de Jalisco, Jalisco, en el extremo sur del Altiplano central (21°54'19" N, 101° 43'34 " W; 2,129 m de altitud). La región donde se ubica esta localidad se caracteriza por una baja precipitación pluvial altamente errática y que ocurre en pocos eventos y de tipo torrencial.

Las rizobacterias BPCV evaluadas en la presente investigación, fueron previamente aisladas e identificadas en suelos rizoféricos de diez diferentes sistemas productivos de la región La Frailesca, en la microcuenca El Tablón, Villaflores, en el estado de Chiapas (Pérez-González *et al.*, 2022). Se realizaron aislamientos de cepas bacterianas de estos suelos, las cuales fueron inicialmente caracterizadas morfológicamente de acuerdo con forma, tamaño, color, bordes, consistencia y textura. Posteriormente, se llevó a cabo la identificación molecular mediante la amplificación de genes constitutivos. Finalmente, se identificaron las bacterias con mayor capacidad para promover el crecimiento vegetal a través de ensayos de laboratorio. Las bacterias aisladas fueron: *Pantoea* sp. CanP219b (B1), *Pseudomonas* sp. 37L (B2), *Pseudomonas* sp. IngP1.1-2b (B3), la cuales fueron evaluadas tanto de manera individual como en consorcio (C3), utilizando la mezcla de las tres BPCV. Además, se evaluaron dos consorcios bacterianos adicionales, compuestos por otras rizobacterias (BPCV) previamente evaluadas en condiciones *in vitro*. El primero de estos consorcios (C1) estuvo conformado por *Stenotrophomonas* sp. LimN, *Rhizobium* sp. WFRFC, *Enterobacter* sp. LCMG y, *Serratia liquefaciens* 385; mientras que el segundo consorcio (C2) consistió en la mezcla de *Pantoea* sp. CanP219b y *Clavispora lusitaniae* Y35.

En parcelas experimentales de campo, se estableció un diseño experimental factorial en bloques completos al azar, con dos factores. En primer factor incluyó siete niveles: B1, B2, B3, C1, C2, C3 y el tratamiento testigo (sin rizobacteria; T); mientras que el segundo factor evaluó el efecto de tres dosis de fertilización nitrogenada: 0 (Testigo), 20 y 40 kg N ha⁻¹. En total, se realizaron 21 tratamientos, con 3 repeticiones. Las semillas de frijol pinto utilizadas en este experimento fueron sembradas en parcelas de un surco de 5 metros de largo por 0.80 m de ancho entre surcos, para cada tratamiento y repetición y; a una densidad de 16,000 plantas por ha. En cada parcela se realizó el manejo agronómico recomendado para el cultivo de frijol, referente al manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas.

Durante el proceso de siembra, las semillas de frijol fueron inoculadas con soluciones bacterianas formuladas a una concentración de 1×10^8 UFC/mL, con el objetivo de promover el crecimiento de la planta por acción de las rizobacterias (Lucy *et al.*, 2004). Para la fertilización nitrogenada, se utilizó urea como fuente de N (46-00-00), aplicando el 50% de N en pre siembra y el resto 30 días después de la siembra, de acuerdo con las dosis evaluadas (20 y 40 kg N ha⁻¹). La combinación de la inoculación bacteriana y la fertilización nitrogenada buscó optimizar el rendimiento del cultivo.

En la etapa de madurez fisiológica del frijol, se evaluaron variables como la biomasa aérea, biomasa total, peso de 100 granos (g), producción total de grano y el rendimiento (kg ha⁻¹). Además, se calculó el índice de cosecha (IC) como la relación entre el rendimiento en grano y el peso total de la biomasa aérea de la planta (Nielsen y Nelson, 1998). Con los datos de las variables evaluadas (peso 100 granos, producción total de granos, biomasa aérea, biomasa total, rendimiento e IC), se realizó un análisis de varianza (ANOVA), una comparación de medias (Tukey 0.05) y un análisis de correlación lineal de Pearson, utilizando el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System, versión 9.2; 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis estadístico de las interacciones entre los tratamientos evaluados, el rendimiento de grano más alto se observó con la aplicación de B3 (*Pseudomonas* sp. IngP1.1-2b) y 20 kg N ha⁻¹, logrando un rendimiento de 1,120.50 kg ha⁻¹, un valor por arriba al observado con la dosis de fertilización nitrogenada más elevada (40 kg N ha⁻¹) sin inoculación de rizobacterias (Cuadro 1), así como del testigo (T), que además mostró el menor IC (0.24). Esto sugiere que la inoculación con la cepa B3 no solo es una técnica viable para reducir la dependencia de fertilizantes químicos, sino que también puede minimizar el impacto ambiental sin comprometer el rendimiento del cultivo. La incorporación de BPCV, como *Pseudomonas* sp., podría representar una alternativa sostenible para optimizar la productividad en sistemas agrícolas de frijol, especialmente en regiones con fertilización limitada. Backer *et al.* (2018) estudiaron los incrementos en el rendimiento de cultivos asociados con la inoculación de *Pseudomonas* spp., especialmente en condiciones limitantes de nutrientes, destacando su potencial para optimizar la productividad al tiempo que mitiga los impactos ambientales. Además, Glick (2014) describe que las BPCV, como *Pseudomonas* spp., coadyuvan a las plantas a adaptarse en ambientes con déficit nutrimental al mejorar el crecimiento del sistema radical y absorción de agua, como una ventaja particular en regiones semiáridas.

Cuadro 1. Biomasa, peso y rendimiento de grano en el cultivo de frijol inoculado con rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal y dosis de N.

Rizobacteria	Dosis de N	Peso 100 granos (g)	Producción total grano (g)	Biomasa aérea (kg ha ⁻¹)	Biomasa total (kg ha ⁻¹)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	IC
B1	0	27.88	260.20	563.40	1,213.90	650.50	0.50
	20	27.46	221.50	494.10	1,047.80	553.70	0.50
	40	27.09	275.60	546.90	1,236.00	689.00	0.51
B2	0	31.36	369.70	653.10	1,577.40	924.30	0.58
	20	31.15	391.60	735.90	1,714.90	979.00	0.55
	40	31.48	379.40	710.80	1,659.20	948.50	0.56
B3	0	27.95	345.30	631.50	1,494.90	863.30	0.56
	20	30.61	448.20	821.70	1,942.30	1,120.50	0.57
	40	28.72	351.80	798.10	1,677.50	879.50	0.51
C1	0	27.99	318.70	682.10	1,478.90	796.80	0.54
	20	29.91	427.60	728.80	1,797.70	1,069.00	0.59
	40	29.55	364.50	695.20	1,606.30	911.20	0.56
C2	0	29.21	234.60	568.10	1,154.50	586.50	0.49
	20	28.35	244.80	596.50	1,208.60	612.10	0.49
	40	29.26	281.50	618.90	1,322.60	703.70	0.53
C3	0	30.79	345.90	750.50	1,615.20	864.70	0.52
	20	30.12	397.40	688.10	1,681.60	993.50	0.58
	40	31.28	357.40	805.70	1,699.30	893.50	0.52
T	0	21.92	181.10	597.00	1,049.70	452.60	0.24
	20	28.19	236.30	584.50	1,175.10	590.70	0.44
	40	30.70	351.80	756.30	1,635.90	879.50	0.51
CV (%)		10.43	31.05	22.93	24.41	31.05	19.54
R ²		0.51	0.66	0.52	0.65	0.66	0.54
Valores de P							
Rizobacteria		0.04	0.005	0.04	0.004	0.005	0.002
Dosis N		0.22	0.27	0.35	0.25	0.27	0.32
Rizobacteria*Dosis N		0.42	0.84	0.95	0.89	0.84	0.53

La inoculación de las rizobacterias mostró un efecto significativo en el rendimiento de grano y el resto de las variables evaluadas, no así para la fertilización nitrogenada y la interacción entre rizobacteria y dosis de N (Cuadro 1). Específicamente, se observó que la inoculación con la rizobacteria B3 generó los mejores resultados en cuanto al rendimiento, seguida del consorcio bacteriano C1 (*Stenotrophomonas* sp. LimN, *Rhizobium* sp. WFRFC, *Enterobacter* sp. LCMG y,

Serratia liquefaciens 385), ambos tratamientos, aplicados con 20 kg de N ha⁻¹. Es importante destacar que el C1 mostró el mayor IC (0.59), lo que indica una mayor eficiencia de la planta en la asignación de biomasa para la producción de granos.

La inoculación bacteriana, al reducir la necesidad de mayores dosis de fertilizantes químicos, no solo beneficia la productividad, sino que también contribuye a minimizar el impacto ambiental al limitar el uso de insumos químicos en el sistema agrícola. Al respecto, Babalola (2010) estudio cómo las rizobacterias, así como sus consorcios mejoran la productividad agrícola, al mismo tiempo que reducen la dependencia de fertilizantes químicos y optimizan la absorción de nutrientes, lo que resulta en menores impactos ambientales y una mayor sostenibilidad en los sistemas agrícolas.

Las correlaciones simples entre las variables evaluadas (Cuadro 2) mostraron que la producción total de grano (g) y la biomasa total (kg ha⁻¹) fueron las variables que tuvieron una correlación significativa alta y positiva con el rendimiento de granos ($r=0.99$ y 0.96 , respectivamente) del frijol. Esto significa que tanto la producción de grano como la acumulación de biomasa en el cultivo de frijol en este estudio, podrían ser indicadores confiables del rendimiento final, lo cual es relevante para la selección de genotipos de frijol con potencial productivo. Rosales-Serna *et al.* (2004), analizaron la relación entre la biomasa y el rendimiento en variedades de frijol en estrés hídrico, destacando que el manejo de biomasa y la producción de grano pueden ser factores críticos en la selección de cultivos con alto rendimiento.

Cuadro 2. Correlaciones de Pearson entre variables de interés agronómico para el cultivo de maíz.

		Producción total grano (g)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Biomasa aérea (kg ha ⁻¹)	Biomasa total (kg ha ⁻¹)	IC
Peso	100	0.73467	0.73467	0.56952	0.72393	0.71527
granos (g)		<0.0001	<0.0001	<0.00010	<0.00010	<0.00010
Producción			0.99000	0.73063	0.96934	0.78675
total grano (g)			<0.0001	<0.00010	<0.00010	<0.00010
Rendimiento				0.73063	0.96934	0.78675
(kg ha⁻¹)				<0.00010	<0.00010	<0.00010
Biomasa aérea					0.87601	0.2738
(kg ha⁻¹)					<0.00010	0.02990
Biomasa total						0.65428
(kg ha⁻¹)						<0.0001

La fuerte correlación de las variables mencionadas previamente con el rendimiento de grano, indica que promover prácticas que incrementen la biomasa y producción total de grano podría ser una estrategia eficaz para mejorar el rendimiento del frijol en condiciones de cultivo. Beebe *et al.* (2011), estudiaron el mejoramiento genético en frijol enfocado en características como el aumento de biomasa y producción de grano para alcanzar rendimientos superiores, especialmente en condiciones adversas como el cambio climático.

CONCLUSIONES

Los resultados concluyen que la inoculación con la cepa bacteriana *Pseudomonas* sp. IngP1.1-2b (B3), combinada con 20 kg N ha⁻¹, favoreció el mayor rendimiento de grano, superando incluso la dosis más alta de fertilización y sin inoculación. Esto sugiere que la inoculación con rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, es una estrategia efectiva para reducir la dependencia de fertilizantes químicos, mejorando el rendimiento del frijol en zonas semiáridas, al tiempo que disminuye el deterioro ambiental. La alta correlación entre biomasa, producción de grano y rendimiento asegura que estas variables son indicadores útiles para seleccionar genotipos de frijol con alta productividad. Los resultados destacan la importancia de

la biomasa y la producción de grano para optimizar el rendimiento y una agricultura sostenible.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a The Nature Conservancy, por el apoyo financiero al proyecto 8454534578 registrado en INIFAP, titulado “Desarrollo de la evaluación de sistema Agroforestal Maíz-Inga como alternativa de recuperación de suelos degradados en la Frailesca, Chiapas”, a través del cual se realizó el aislamiento e identificación de las cepas bacterianas utilizadas como inóculos en la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- Babalola, O. O. (2010). Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnology Letters*, 32(11), 1559-1570. doi: 10.1007/s10529-010-0347-0
- Backer, R., Rokem, J. S., Ilangumaran, G., Lamont, J., Praslickova, D., Ricci, E., Subramanian, S., and Smith, D. L. (2018) Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1473. doi: 10.3389/fpls.2018.01473
- Bashan, Y., and de-Bashan, L. E. (2010). How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth—a critical assessment. *Advances in Agronomy*, 108, 77-136. doi: 10.1016/S0065-2113(10)08002-8Get rights and content
- Beebe, S., Ramirez, J., Jarvis, A., Rao, I. M., Mosquera, G., Bueno, J. M., and Blair, M. W. (2011). Genetic improvement of common beans and the challenges of climate change. *Crop and Pasture Science*, 62(6), 503-513. doi:10.1071/CP11074
- Calero-Hurtado, A., Quintero-Rodríguez, E., Pérez-Díaz, Y., Olivera-Viciedo, D., Peña-Calzada, K., y Jiménez-Hernández, J. (2019). Efecto entre microorganismos eficientes y fitomas-e en el incremento agroproductivo del

- frijol. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 17(1), 25-33. doi: 10.18684/bsaa.v17n1.1201
- Castellanos-Hernández, J. L., Cuervo-González, R., Montañez-Soto, J. L., Hernández-Castellanos, N. F., Pérez-Vargas, M. A., Cruz-Hernández, A., y Chaires-Martínez, L. (2021). Biodegradación de Plaguicidas Organofosforados y organoclorados por *Candida tropicalis* y *Stenotrophomonas maltophilia* en Microcosmos del Suelo. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 37, 553-564. doi: 10.20937/RICA.53889
- Cotler, H., Corona, J. A., and Galeana-Pizaña, J. M. (2020). Soil erosion and food deficiency in Mexico: a first approach. *Investigaciones geográficas*, 101, e59976. doi: 10.14350/rig.59976
- Cruz-Cárdenas, C.I., Zelaya Molina, L.x., Sandoval-Cancino, G., de los Santos-Villalobos, S., Rojas-Anaya, E., Chávez-Díaz, I. F., y Ruíz-Ramírez, S. (2021). Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en México: consideraciones y retos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(5). doi: 10.29312/remexca.v12i5.2905
- Estrada-Gamboa, J., Umaña-Castro, R., Sancho-Blanco, C., y Orozco-Aceves, M. (2023). Aislamiento, identificación y caracterización de cepas bacterianas con potencial de degradación de los plaguicidas clorotalonil y clorpirifos. *Uniciencia*, 37(1), 1-16. doi: 10.28940/terra.v38i2.470
- Glick, B. R. (2014). Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. *Microbiological Research*, 169(1), 30-39. doi: 10.1016/j.micres.2013.09.009
- Grajales-García, J., Hernández-Cruz, R., García-López, J., y López-Sandoval, J. A. (2017). Efecto de la inoculación con rizobacterias en el crecimiento y rendimiento del frijol en condiciones de sequía. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40(4), 389-398.
- Lucy, M., Reed, E., and Glick, B. R. (2004). Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*, 86(1), 1-25. doi: 10.1023/B:ANTO.0000024903.10757.6e

- Nielsen, D. C., and Nelson, N. O. (1998). Black bean sensitivity to water stress at various growth stages. *Crop Science*, 38(2), 422-427. doi: 10.2135/cropsci1998.0011183X003800020025x
- Pérez-González, O. S., Reynoso-Santos, R., Gayosso-Barragán, O., y Chávez-Aguilar, G. (2022). Fertilidad del suelo en sistemas de producción agrícola en La Frailesca, Chiapas, México. *Revista Naturaleza, Sociedad y Ambiente*, 9(1). doi: 10.37533/cunsurori.v9i1.71
- Rosales-Serna, R., Kohashi-Shibata, J., Acosta-Gallegos, J. A., Trejo-López, C., Ortiz-Cereceres, J., and Kelly, J. D. (2004). Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought-stressed common bean cultivars. *Field Crops Research*, 85(2-3), 203-211. doi:10.1016/S0378-4290(03)00161-8
- SAS. (2013). Statistical Analysis System SAS/STAT User's Guide. (Release 9.3); SAS Institute Inc.: Cary, NC, USA.
- Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255(2), 571-586. doi: 10.1023/A:1026037216893

EFFECTO DE LA POSICIÓN DE LA SEMILLA DE LIMÓN EN LA ARQUITECTURA RADICAL *in vitro* y EN ETAPA DE ACLIMATACIÓN DEL PORTA INJERTO MACROFILA

Gilberto Espinoza Quiroz§; José Antonio Villalón Berlanga¹; Verónica Trujillo Pahua¹; José Eduardo Yépez Torres; Cesar Javier Lumbreras Bautista; José Castañeda Bonilla²

§ Autor de correspondencia: gilberto.eq@vmorelia.tecnm.mx, ¹Investigador, Tecnológico Nacional de México-ITVM, ²Estudiante, Tecnológico Nacional de México-ITVM.

RESUMEN

El uso de portainjertos resistentes o tolerantes a enfermedades, es una alternativa para solucionar los problemas fitosanitarios en plantaciones de limón, disminuyendo pérdidas en la producción. En esta investigación, se analizó la influencia de la posición de la semilla propagada *in vitro* en las etapas de germinación y aclimatación de plántulas del portainjerto Macrofila. En la etapa de germinación, se utilizó un diseño experimental de Parcelas Divididas, que consistió en sembrar la semilla con y sin testa y la Parcela Chica (Pch) fue sembrar la semilla en tres posiciones: semilla horizontal, micrópilo hacia arriba y calaza hacia arriba; En la etapa de aclimatación, se utilizó un parcelas subdivididas donde se evaluaron plantas escarificadas y sin escarificar, conservando la posición de la semilla sembrada *in vitro*, se registró su desarrollo durante 6 meses en invernadero. Las variables evaluadas fueron días a la germinación, longitud de la raíz y de brotes, número de raíz y de brotes, arquitectura de la raíz; porcentaje de sobrevivencia, altura alcanzada, clorofila total, número de hojas. Los resultados indican que en la germinación la escarificación disminuye el tiempo de germinación, en promedio 7.2 días, y la posición de la semilla con el micrópilo horizontal promueve la formación de plántulas con raíz normal y es visible un mayor vigor. Durante la aclimatación, las plantas que alcanzaron mayor longitud de brote (4.34 cm), porcentaje de sobrevivencia (65%) y unidades SPAD (7.97), fueron las que provenían de semillas sin escarificar y colocadas con la calaza hacia arriba. Aunque se promueve la

germinación al escarificar la semilla, se observó un mejor crecimiento en la etapa de aclimatación de plantas de semilla sin escarificar.

Palabras clave: *Macrophylla, germinación in vitro, aclimatación, Citrus limon.*

ABSTRACT

The use of resistant or tolerant disease rootstocks is an alternative to solve phytosanitary problems in lemon plantations, reducing production losses. In this research, analyzed the influence position seed propagated *in vitro* during germination and acclimatization stages of Macrofila rootstock seedlings. In germination stage, a Split Plot experimental design was used, sowing the seed with and without testa and the Small Plot (Pch) was the seed position, horizontal seed, micropile upwards and calace upwards; In the acclimatization stage, the same experimental designed from germination was used, the seedlings development was measure during 6 months under greenhouse conditions. The variables evaluated were days to germination, root and shoot length, number of roots and shoots, root architecture, percentage of survival, height attained, total chlorophyll, and number of leaves. Scarification reduces the germination time, 7.2 days on average, and horizontal micropyle position seed promotes the emergence of normal roots and greater vigor is visible. During acclimatization, the greatest shoot length (4.34 cm), percentage of survival (65%) and SPA units in lemon plants, were from seed without scarifying and placed with the seed cup facing upwards. Although germination is promoted by scarifying seed, better growth was observed at the acclimatization stage of plants from unscarified seed.

Keywords: *Macrophylla, in vitro germination, acclimatization, Citrus limon.*

INTRODUCCIÓN

El cultivo del limón es importante para la región costera del Pacífico de México, por la demanda en el mercado, debido a su alto contenido de vitaminas, es un excelente aséptico, contiene antioxidantes y alcalinizantes importantes para la salud, es utilizado en la industria farmacéutica para producir aceite esencial, así como en la

repostería, perfumería, industria refresquera, entre otros (González *et al.*, 2009). La mayoría de las plantaciones de cítricos en el mundo se establecían sobre pie franco (plantas originadas de semillas); sin embargo, la aparición de la podredumbre de la raíz y la gomosis del tronco, causadas por el hongo *Phytophthora* spp., obligo a los productores a injertar sobre patrones resistentes (Manzanilla *et al.*, 2018). Uno de los portainjertos más utilizados en los estados de Colima y Michoacán es Macrofila (*Citrus macrophylla*), por su adaptación a diferentes tipos de suelos y la tolerancia a concentraciones de sales relativamente altas (Medina *et al.*, 2015), los árboles de limón y lima injertados en este portainjerto evidencian mejores rendimientos, productividad, calidad del fruto y tolerancia a la tristeza de los cítricos (Bao *et al.*, 2013). En el portainjerto Macrofila, se ha observado que la germinación es escasa y lenta, este fenómeno se asocia a la dormancia seminal, relacionada con la presencia de una cubierta (testa o endocarpio) lignificada, que actúa como una barrera mecánica en la salida del embrión o el intercambio hídrico y gaseoso, así como en el equilibrio hormonal en el endospermo, además, este portainjerto presenta malformación de la raíz conocida como cola de cochino y cuello de ganso (Cantos *et al.*, 2005). Se ha documentado que durante el proceso de germinación de semillas, intervienen hormonas como las giberelinas, auxinas y alcamidas, estas últimas son importantes en las rutas de señalización y en sitios donde regulan la ramificación de la raíz y las respuestas de defensa (Ramírez *et al.*, 2004). Con base en lo anterior, en el presente estudio, se utilizó la técnica de cultivo de tejidos vegetales como una alternativa de clonación de microplantas libres de microorganismos patógenos, características que conservan al ser transferidas a invernadero durante la etapa de aclimatación y posteriormente establecidas en suelos orgánicos, e inoculadas con micorrizas para asegurar un porcentaje alto de sobrevivencia, para favorecer el desarrollo y crecimiento a las nuevas condiciones ambientales naturales. Sin embargo, la inoculación de plantas micropropagadas se ha realizado en condiciones *in vitro*; e indican que las microplantas presentan mayor potencial de sobrevivencia una vez que son trasplantadas a suelo (Ravolanirina *et al.*, 1989; González y Ferrera, 1996).

El objetivo de la investigación por lo tanto fue propagar *in vitro* semillas del portainjerto Macrofila y determinar el efecto de la posición de la semilla en la germinación y el crecimiento para obtener plántulas de buena calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico. Se recolectaron frutos de limón del portainjerto *Citrus macrophylla* Western provenientes del campo experimental INIFAP, Tecoman, Colima. El tratamiento y cultivo *in vitro* se realizaron en el Laboratorio de Biotecnología del TecNM-Instituto Tecnológico del Valle de Morelia; en donde se extrajeron las semillas del fruto, se lavaron con agua corriente y detergente biodegradable (Roma®) de dos a tres veces para posteriormente ser sumergidas en alcohol al 70% durante un minuto en agitación, en seguida, se colocaron en una solución de hipoclorito de sodio (Cloralex®, 6% de cloro activo), al 10 % v/v, durante 10 minutos; finalmente, se enjuagaron tres veces con agua destilada esterilizada. La desinfección de las semillas se realizó dentro de una campana de flujo laminar.

Preparación del medio de cultivo y siembra *in vitro*. Se utilizó el medio de cultivo semisólido MS (1962) modificado, suplementado con 0.10 mg L⁻¹ de mioinositol, 0.10 mg L⁻¹ de tiamina, 0.05 mg L⁻¹ de ácido nicotínico, 1 mg L⁻¹ de 6-Bencil aminopurina (BA), 30 g L⁻¹ de sacarosa, 6 g de agar-agar marca Merck® y se ajustó el pH a 5.5 con un potenciómetro (Consort®), añadiendo KOH o HCl al 1 N. Se añadieron 10 ml de medio de cultivo en cada tubo de ensaye de 2.5 x 28 cm de longitud, se taparon los tubos con tapas de polipropileno y se esterilizaron en autoclave vertical (Chromalox®) a 121 °C y 15 lb de presión, durante 15 minutos.

Después del protocolo de desinfección, se sembró una semilla del portainjerto macrofila en cada tubo de ensaye. Posteriormente, los tubos se colocaron en un cuarto oscuro dónde permanecieron durante 10 días después de la siembra, a una temperatura de 22 a 28 °C. Pasado este periodo, los microbrotes recibieron un fotoperíodo de 16 h luz/8 h oscuridad, con una intensidad luminosa de 50 a 100 $\mu\text{m}^2 \text{seg}^{-1}$.

Para la etapa de aclimatación se utilizaron bolsas de 10 x 15 cm con sustrato inerte, en donde se colocaron microplántulas propagadas *in vitro*, se etiquetó cada tratamiento. Las plantas fueron trasplantadas a una profundidad de 0.5 cm, se mantuvieron en condiciones de invernadero. Los riegos fueron cada tercer día con las dosis de alcamidas (0.5 ml L^{-1} y 1.0 ml L^{-1}) más la inoculación de micorrizas sólidas y líquidas cada 30 días.

Diseño Experimental y Tratamientos. La investigación se realizó en dos fases, una la de cultivo *in vitro* y la otra, el periodo de aclimatación.

Experimento 1, propagación *in vitro*. Se estableció el experimento bajo un diseño de parcelas divididas con arreglo completamente al azar. Los factores a evaluar fueron la escarificación a dos niveles (escarificadas y sin escarificar) que corresponde a la parcela grande PG, y la posición de la semilla en la siembra, con tres niveles (horizontal, micrópilo arriba y calaza arriba), que fue la parcela chica Pch, en total fueron 6 tratamientos y 28 repeticiones por tratamiento, la unidad experimental fue un tubo de ensaye con una semilla.

Experimento 2, proceso de aclimatación. La etapa de aclimatación fue evaluada durante seis meses. Las plantas se mantuvieron en condiciones de invernadero y se realizó el mismo manejo para todas, riego y nutrición; se aplicó de manera adicional alcamidas y micorrizas. Se mantuvo el mismo diseño experimental que en la etapa de germinación (Parcelas divididas), la toma de datos se realizó cada 15 días durante 6 meses. Se analizaron los seis tratamientos con cinco repeticiones, la unidad experimental fue una planta.

Variables evaluadas. En la etapa de propagación *in vitro*, se evaluó días a germinación, longitud de brotes, número y longitud de raíz, arquitectura de raíz (raíz normal, cola de cochino y cuello de ganso). En la etapa de aclimatación se determinó el crecimiento de los microbrotes, con el número de hojas, porcentaje de sobrevivencia y clorofila total con el SPAD-502.

Análisis estadístico. Las variables se analizaron con un Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía, bajo un modelo factorial cruzado, y la comparación de medias,

mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Se usó el programa estadístico SAS para Windows (versión 8, 1993).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1. Establecimiento *in vitro* a partir de semillas del portainjerto de limón Macrofila.

Días a Germinación. Los resultados indican diferencias significativas entre los tratamientos en donde sobresale con menor tiempo de germinación, las semillas escarificadas del portainjerto Macrofila sembradas *in vitro* con el micrópilo hacia abajo, con un promedio de 7.2 días a germinación; mientras que el efecto menos favorable se presentó con semillas sin escarificar, con un promedio de 24.8 días a germinación (Cuadro 1). Resultados que se atribuyen a que la testa, es una barrera física que impide que el agua llegue al embrión para que se activen los procesos metabólicos y pueda emerger la gémula y radícula como inicio de la germinación (Ojeda *et al.*, 2013; Martínez *et al.*, 2022).

Longitud de brotes. Es evidente que el mejor tratamiento ($p \leq 0.05$) se presentó cuando las semillas fueron sembradas *in vitro* sin escarificar y con el micrópilo hacia arriba al alcanzar el mayor crecimiento de los microbrotes con un promedio de 2.9 cm de longitud, comparado con la longitud de los brotes de las semillas escarificadas y sembradas con el micrópilo hacia abajo, al registrar un crecimiento de 0.94 cm. Se observó que el crecimiento de los microbrotes provenientes de los embriones que germinaron en menor tiempo fue mayor también a los 30 días después de la germinación, lo que indica que el tratamiento y posición de las semillas al momento de la siembra *in vitro* influyen en esta variable. Un factor importante en el desarrollo de las plántulas de limón, es el tamaño de la semilla de la que provienen, ya que se ha visto una correlación positiva entre el tamaño y la longitud alcanzada del brote, además de la masa seca y masa fresca (Arévalo y Rodríguez, 2006).

Número y longitud de raíz. Los análisis estadísticos muestran diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre los tratamientos, el que sobresalió fue el de las semillas escarificadas y sembradas *in vitro* con el micrópilo horizontal, con un promedio de 2.37 raíces por explante; Sin embargo, el mayor crecimiento de raíces se presentó cuando las semillas se sembraron sin escarificar y con la posición micrópilo hacia arriba al alcanzar un promedio de 2.7 cm de longitud 30 días después de la germinación *in vitro*. Estos resultados indican, que las semillas escarificadas mostraron mayor número de raíces, mientras que las semillas sin escarificar proporcionan menor número de raíces, pero son más gruesas y de mayor tamaño, lo que se infiere que la testa favorece a los cotiledones, en metabolizar más eficientemente sus reservas de carbohidratos, proteínas, minerales y lípidos presentes en los cotiledones (Vargas *et al.*, 2020). La poca formación de raíces por explante se atribuye a que en el medio de cultivo no se adicionó ningún tipo de auxinas para estimular células indiferenciadas que promueven la iniciación del enraizamiento o emergencia de raíces adventicias (Uribe *et al.*, 2012); al mismo tiempo puede emerger una raíz más vigorosa, importante para el endurecimiento de las plantas, e inducir tolerancia a la tensión de humedad del sustrato, adquieren resistencia a ciertos patógenos, lo que influye directamente en el crecimiento vegetativo del microbrote (Enríquez y Díaz, 1994).

Arquitectura de raíz. En esta variable, el 75% de las semillas del portainjerto de limón Macrofila con testa y posición micrópilo hacia arriba, presentaron la formación de una raíz con arquitectura normal, este tratamiento fue estadísticamente superior al resto. Resultados que difieren de los de Espinoza *et al.*, (2022), al reportar el 54% de microbrotes con raíz normal de macrofila propagados *in vitro* en un medio líquido, cuando las semillas fueron sembradas sin testa con la calaza hacia arriba. En el presente experimento el tratamiento 2 fue en donde se presentó el mayor número de microbrotes con malformación cola de cochino con el 3.5%; mientras que en el tratamiento 1, registró el menor número de raíz normal con el 31% y consistió en sembrar *in vitro* las semillas sin escarificar (SE) del portainjerto Macrofila en la posición horizontal. Resultados en donde se evidencia que la posición de la semilla al momento de la siembra influye en la arquitectura de la raíz de limón del

portainjerto Macrofila (Manzanilla, 2009). Al mismo tiempo Gamez *et al.*, (2009) reportó que las bajas concentraciones de fósforo inducen alteraciones en los patrones de ramificación de raíces laterales, longitud y alargamiento de los pelos radiculares.

Cuadro 1. Efecto de los tratamientos en las variables estudiadas, en el portainjerto Macrofila.

Tratamientos	Días a germinación	Longitud de brotes (cm)	Número de raíz	Longitud de raíz (cm)	Raíz normal (%)	Cola de cochino (%)	Cuello de ganso (%)
*1.SE micrópilo horizontal	8.56 a	1.12 c	0.48 c	0.90 b	31 b	0.0 a	0.0 a
2.SE micrópilo hacia arriba	24.82 b	2.94 a	1.60 abc	2.76 a	75 a	3.5 a	0.0 a
3.SE micrópilo hacia abajo	15.25 a	1.49 bc	1.14 bc	1.28 b	57.1 ab	0.0 a	0.0 a
4.E micropilo horizontal	9.41 a	2.20 abc	2.37 a	1.92 ab	68.9 a	0.0 a	0.0 a
5.E micropilo hacia arriba	9.28 a	2.57 ab	2.03 ab	2.13 ab	64.2 ab	0.0 a	7.0 a
6.E micrópilo hacia abajo	7.28 a	0.94 c	1.42 abc	1.14 b	46.4 ab	0.0 a	0.0 a
DSH	8.46	1.42	1.16	1.23	0.36	5.0	8.1

Letras iguales indican que no hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Tukey ($\alpha=0.05$). SE: semillas sin escarificar; E: semillas escarificadas; DSH: diferencia significativa honesta.

Experimento 2. Etapa de aclimatación

Longitud de brote primario. En cuanto a la longitud de brote primario, todos los tratamientos se comportaron igual ($P>0.05$), (Cuadro 2); sin embargo, hay una tendencia a mostrar mayor longitud de brote cuando las semillas no fueron escarificadas (PG), al registrar un promedio de 3.70 cm; contra 3.34 cm de altura registrados en microplántulas con semillas escarificadas; pero en la (Pch) se

evidencio que la posición de la semilla calaza hacia arriba alcanzó un promedio de 3.74 cm, y en la interacción entre factores se observa que el mejor tratamiento fue el 3, semilla sin escarificar con la calaza hacia arriba al alcanzar una altura promedio de 4.34 cm, comparado con 1.89 cm en promedio que alcanzó cuando las semillas fueron escarificadas y sembradas con la calaza horizontal. Estos resultados indican que las plántulas que se obtienen de semillas sin escarificar, obtienen una mayor altura que las plantas escarificadas, probablemente debido a que la testa influye en el crecimiento de las microplántulas por su contenido de fibra, grasas y proteínas (Braddock, 1999).

Número de hojas. No obstante que no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, sobresalen las microplántulas que provienen de semillas sin escarificar (PG) al alcanzar un promedio de 2.70 hojas; contra 2.47 hojas registradas en microplántulas que provienen de semillas escarificadas; en relación a la (Pch) se evidencio que la posición calaza hacia arriba tuvo un mayor efecto al obtener un promedio de 2.96 hojas; en cuanto a la interacción entre PG x Pch sobresale el tratamiento 4 que corresponde a microplántulas que provienen de semillas sin escarificar, con posición calaza hacia arriba, al registrar un promedio de 3.33 hojas. Resultados de otras investigaciones indican que las semillas sin escarificar metabolizan más fácilmente los nutrientes y compuestos orgánicos para la formación de hojas responsables de la fotosíntesis con un incremento en la síntesis de azúcares como fuente de energía y fuente de C para la formación de tejidos y órganos de la planta (Hurtado *et al.*, 2021), lo cual podría ser una de las causas de lo que se observó en esta investigación.

Sobrevivencia. Los análisis estadísticos indican que no hay diferencias significativas entre tratamientos; pero numéricamente se observa que las microplántulas que provienen de semillas sin escarificar (PG) registraron un promedio de 65 % contra 57 % de sobrevivencia, en microplántulas con semillas escarificadas; sin embargo, las microplántulas que provienen de semillas con posición calaza hacia arriba (Pch) tuvieron un promedio de 64 % de sobrevivencia. En la interacción PG y Pch se aprecia que el tratamiento con un porcentaje mayor

de sobrevivencia fue en microplántulas obtenidas de semillas sin escarificar con posición calaza hacia arriba al alcanzar un promedio de 65.3 %, el tratamiento con un menor porcentaje fue el de microplántulas de semillas escarificadas con posición calaza hacia arriba con un promedio de 53.3 %. Se ha estudiado que las vitroplantas propagadas *in vitro* presentan cambios sustanciales en las características epidérmicas, hojas delgadas y delicadas, con menor capacidad fotosintética y estructuras cerosas superficiales escasas, estomas poco funcionales; lo que promueve una alta tasa de transpiración y marchitez de las plantas lo que ocasiona la muerte de microplantas en la etapa de aclimatación (Gangopadhyay *et al.*, 2002; Hurtado *et al.*, 2015).

Clorofila. La información obtenida del análisis estadísticos muestran que no hay diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, pero biológicamente se observa que las microplántulas que provienen de semillas sin escarificar (PG) alcanzaron un promedio de 7.97 unidades, contra 6.29 unidades SPAD registradas en semillas escarificadas lo que indica una menor síntesis de clorofila y baja tasa fotosintética; para la (Pch) se evidenció que las microplántulas que provienen de semillas sin escarificar con posición horizontal tuvieron mayor síntesis de clorofila al registrar un promedio de 7.25 unidades SPAD. En la interacción PG y Pch se aprecia que el mejor tratamiento corresponde a microplántulas con semillas escarificadas, posición horizontal, al alcanzar un promedio de 9.84 unidades SPAD. Estos resultados infieren que la poca síntesis de clorofila se atribuye a la propagación *in vitro* de microplantas de limón, quienes están expuestas a bajos niveles de luz, en un medio rico en minerales para favorecer un crecimiento heterótrofo (Cañal *et al.*, 2001); a medida que las plantas se adaptan a las condiciones del invernadero y las microplántulas sintetizan biomoléculas necesarias para el crecimiento y desarrollo, las unidades SPAD se incrementaran significativamente. El contenido de clorofila en las plantas se puede modificar ante condiciones cambiantes del ambiente, fitosanitarias o de fertilización que afecten el metabolismo de la hoja (Orihuela *et al.*, 2007). Además de que el contenido de clorofila indica el estado fisiológico de las plantas en un momento determinado (Steele *et al.*, 2008) y se relaciona a su vez con el estado nutrimental del cultivo, en

lo que se refiere al nitrógeno, magnesio y hierro principalmente (Sachdchina y Dimitrieva, 1995), nutrientes que se deben de considerar en la nutrición del portainjerto de limón.

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos en las variables estudiadas durante la etapa de aclimatación en el portainjerto Macrofila.

Factor		Crecimiento	Número de hojas	clorofila	% de sobrevivencia
1.SinE		3.70 a	2.70 a	7.97 a	65.3 a
2.SE		3.34 a	2.47 a	6.29 a	57.3 a
DSH		1.10	0.86	2.69	16.4
1.Micropilo horizontal		3.17 a	2.33 a	7.25 a	58.0 a
2.Micropilo hacia abajo		3.67 a	2.47 a	7.24 a	62.0 a
3.Calaza hacia arriba		3.74 a	2.96 a	6.90 a	64.0 a
DSH		1.62	1.26	3.96	24.2

Letras iguales indican que no hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos, Tukey ($\alpha=0.05$).

SinE: semillas sin escarificar; SE: semillas escarificadas; DSH: diferencia significativa honesta.

CONCLUSIONES

La posición de la semilla al momento de la siembra *in vitro* influye en la arquitectura de la raíz, al observar que cuando se sembraron las semillas escarificadas con el micrópilo en posición horizontal del portainjerto Macrofila, se promueve la formación de plántulas con raíz normal y son más vigorosas.

La eliminación de la testa en la semilla de limón del portainjerto Macrofila, acelera el proceso de germinación *in vitro*; sin embargo, durante la etapa de aclimatación de las plántulas de limón Macrofila, que provienen de semillas sin escarificar, mostraron un mayor crecimiento vegetativo, la altura de planta, diámetro del tallo y porcentaje de sobrevivencia.

Es recomendable realizar evaluaciones posteriores a la etapa de aclimatación, para identificar efectos de crecimiento que puedan ser atribuidos a la escarificación de la semilla.

La combinación de procesos como la escarificación y la posición de siembra, pueden ser una alternativa para aumentar el porcentaje de germinación y favorecer la formación de raíces normales, aumentando el éxito en la propagación de plántulas de limón del portainjertos Macrofila.

LITERATURA CITADA

- Arévalo, T.F.; Rodríguez, E.H.N. (2006) Efecto de la estratificación y el tamaño de la semilla en la producción de plántulas de limón rugoso (*Citrus jambhiri* LUCH.). Investigación Agraria 8:2 (66-72).
- Bao, F.L.; Hernández, O.R.M.; Diosdado, S.E.; Román, G.M.I.; González, A.C.; Rojas, A.A. y Rodríguez, V.A. (2013). Embriogénesis somática de *Citrus macrophylla* Wester con el empleo del Pectimorf® y análogos de brasinoesteroides. Revista Colombiana de Biotecnología. pp. 189-194.
- Cantos (falta)
- Cañal, M.J.; Rodríguez, R.; Fernández, B.; Sánchez, T.R. y Majada, J.P. (2001). Fisiología del cultivo *in vitro*. Biotecnología Vegetal. Cuba. Vo.1:3-9.
- Espinoza, Q.G.; Romero, B.A.; Jara, G.F.J.; Lumbreras, R.C.J. y García, C.J. (2022). Arquitectura de la raíz en el portainjerto macrofila (*C. macrophylla* Wester) propagado *in vitro* y *ex vitro*. Revista Tecnológica CEA. 18:127-139.
- Gangopadhyay, G.; Das, S.; Mitra, S.K.; Poddar, R.; Modak, B.K.; Mukherjee, K.K. (2002). Enhanced rate of multiplication and rooting through the use of coir in aseptic liquid culture media. Plant Cell Tissue and Organ Culture. Netherlands 68:301-310.
- González, R.F.J.; Rojo, R.R.; Ramírez, A.O.; Omaña, S.J.M.; Matus, G.J.A. y Rebollar, R.S. (2009). Comercialización de productos derivados del limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle). Revista mexicana de Agronegocios. pp. 808-822.
- Hurtado, O.; de Faría, M.; Veitía, N. y Pérez, A. (2015). Efecto de la fertilización foliar en la aclimatación de plantas de *Ananas comosus* L. Merr. Cv 'cayena lisa'. Biotecnología Vegetal. Cuba. 15 (3):143-149.

- Hurtado, B.B.; Gómez, K.R.; Bernal, V.A.; Hernández, L.M.del C.; Toledo, R.E.; Posadas, P.L.; Alejo, S.M.; Álvarez, F.J.; Aguiar, F.A.; Bermúdez, C.M. y Nuñez, J.D. (2021). Efecto del bioestimulante enerplant en la aclimatación *ex vitro* de plantas propagadas *in vitro* de caña de azúcar cv. C97-445. *Biotecnología Vegetal*. Cuba. 21(2):119-127.
- Manzanilla, M. A. (2009). Efecto de la posición de semillas al momento de siembra sobre la calidad de plántulas de portainjertos de cítricos. INIFAP, Colima. pp. 2-4.
- Manzanilla, R.M.A.; Velázquez, M.J.J.; Bermúdez, G.M.J.; García, M.K.P.; Orozco, S.M. y Robles, G.M.M. (2018). Manejo Integral del cultivo del limón mexicano en un escenario de alta incidencia de HLB. INIFAP, Tecomán, Colima, México. pp. 1-26.
- Martínez, J.M.; Alvarado, C.Y.A. y Vega, CH.J.L. (2022). Escarificación física, química y manual para la germinación de lirio persa (*Dietes sp.*). *Agraria*. Vol. 19 (3):78-82.
- Medina, U.V.M.; Robles, G.M.M.; Manzanilla, R.M.A.; Velazquez, M.J.J. y Reyes, H.J.E. (2015). Interstocks Improve the Performance of 'Mexican' Lime on *Citrus macrophylla* Rootstock in Calcareous Soil. *Acta Hort.* (1065):335-343.
- Ojeda, S.C.M.; Murillo, A.B; Reynaldo, E.I.M.M; Troyo, D.E.; Ruíz, E.F.H. y Nieto, G.A. (2013). Estrés hídrico en la germinación y crecimiento de plántulas de genotipos de albahaca *Ocimum basilicum* L. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* Vol. 4(2):5-17.
- Orihuela, D.; Hernández, J.; Maestre, R.; y López-Bellido, R. (2007). Calibración de un minolta Spad meter en un cultivo de fresón. *Actas de Horticultura* 48: 340-343.
- Sachdchina T., M., y Dimitrieva V., V. (1995). Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. *Plant Nutr*, 18: 1427-1437.
- Steele, M.; Gitelson, A.; y Rundquist, D. (2008). A comparaison of two techniques for nondestructive measurement of chlorophyll content in grapevine leaves. *Agronomy Journal* 100 (3): 779-782.

- Uribe, M.E.; Ulloa, J.; Delaveau, C.; Saenz, K.; Muñoz, F. y Cartes, P. (2012). Influence of auxins on *in vitro* rooting of microshoots of *Nothafagus glauca* (Phil.) Krasser. *Gayana Bot.* 69(1):105-112.
- Vargas, V.M.L.P.; Uscanga, M.E.; Padilla, CH.D.; Vibrans, H.; Kohashi, S.J.; Miranda, C.S. y Yañez, J.P. (2020). Biomass and carbohydrate partitioning in seeds and seedlings of somesticated and wild *Phaseolus coccineus* L. *Botanical Sciences.* 98(2):366-376.

EFECTO DE LAS ASPERSIONES FOLIARES CON ÁCIDO GIBERÉLICO (AG₃) SOBRE LA FECHA DE FLORACIÓN Y COSECHA DEL AGUACATE 'HASS'

Luis Eduardo Cossio-Vargas¹*, Enrique Cossio-Vargas², Luis Febronio Díaz-Espino¹

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, km 6.5., Carr. Celaya-San Miguel de Allende 38110, Celaya, Guanajuato, México.

² Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Carr. Valle-Huanimaro Km 1.2, Valle de Santiago, Guanajuato, México. C.P. 38400. *autor de correspondencia

cossio.luiseduardo@inifap.gob.mx

RESUMEN

Al igual que en el estado de Michoacán, en Nayarit el pico de máxima cosecha de aguacate 'Hass' se concentra durante octubre-noviembre provocando saturación del mercado y bajo precio de venta del fruto. La manipulación de los crecimientos vegetativo y reproductivo podría permitir el desfaseamiento, ya sea de la época de floración o la de cosecha, para obtener la mayor producción de fruto en los meses en donde este cultivar tiene su precio más alto. El objetivo de esta investigación fue probar la eficacia de las aplicaciones foliares de AG₃ en diferente etapa fenológica sobre la fecha de floración y cosecha. Ninguno de los tratamientos a base de AG₃ afectó la fecha de antesis. Una o dos aspersiones al follaje con AG₃ en dosis de 50 mg·L⁻¹ realizada aproximadamente cuatro meses (julio) antes de la cosecha esperada (noviembre), adelantó de 24.8 a 28.2 días la madurez legal del fruto (≥ 21.5% de materia seca del mesocarpio), comparado con los frutos de los árboles no tratados (Control).

Palabras clave: Aguacate, Aspersiones Foliares, Acido Giberelico, Cosecha, y Floración.

ABSTRACT

As in the state of Michoacán, in Nayarit the peak of the maximum 'Hass' avocado harvest is concentrated during October-November, causing market saturation and low sales prices for the fruit. The manipulation of vegetative and reproductive growth could allow the shift, either in the flowering season or the harvest season, to obtain

the greatest fruit production in the months when this cultivar has its highest price. The objective of this research was to test the effectiveness of foliar applications of GA₃ at different phenological stages on the flowering and harvest date. None of the GA₃-based treatments affected the anthesis date. One or two sprays to the foliage with GA₃ at a dose of 50 mg·L⁻¹ carried out approx. Four months (July) before the expected harvest (November), the legal maturity of the fruit advanced from 24.8 to 28.2 days ($\geq 21.5\%$ of mesocarp dry matter), compared to the fruits of untreated trees (Control).

Keywords: *Avocado, Foliar Sprays, Gibberellic Acid, Harvest, and Flowering.*

INTRODUCCIÓN

Debido a la existencia de microclimas y variación altitudinal (1,200 a 2,400 msnm) en Michoacán el aguacate 'Hass' es cosechado durante todo el año (Aguilera-Montañez y Salazar-García, 1991). Sin embargo, los precios más altos se obtienen de abril a julio, desplomándose durante el pico de máxima producción (octubre-noviembre). Parecido a Michoacán, en Nayarit la cosecha de aguacate 'Hass' se concentra durante octubre-noviembre y debido a la menor variación altitudinal (800 a 1,400 msnm) y clima más cálido es poco el fruto que puede ser cosechado después de estos meses. La investigación realizada en frutales de clima cálido, como mango y cítricos, ha mostrado que una estrategia para adelantar la fecha de cosecha es obtener una floración más temprana. Una estrategia para influenciar la época de cosecha en especies frutales es el uso de biorreguladores vegetales, siendo el ácido giberélico (AG₃) el más usado. Sedgley (1990) encontró que la aplicación de AG₃ inhibió la iniciación floral, tanto en frutales caducifolios como en subtropicales, como limón (Nir et al., 1972), mandarina (Iwahori y Oohata, 1981) y naranja (Guardiola et al., 1977). En frutales tropicales, como el mango (*Mangifera indica* L.), la respuesta a la aplicación de AG₃ fue la inhibición de la floración y el retraso en la fecha de floración (antes) (Kachru et al., 1972; Nunez-Elisea y Davenport, 1991). En otro estudio realizado con aguacate 'Hass' en California, se encontró que la aspersión con 25 mg·L⁻¹ de AG₃ cuando las yemas florales se encontraban en el estado coliflor o S-8 no afectó significativamente el número de

días para que el fruto madurara después de la cosecha. La aplicación de AG_3 aumentó significativamente la longitud del brote 30 días después del tratamiento. En Nayarit es necesario buscar estrategias para modificar la época de floración y cosecha del aguacate 'Hass' con el propósito de obtener el mayor volumen de cosecha en los meses en donde el aguacate tiene su precio más alto, antes de que el estado de Michoacán alcance el pico máximo de cosecha. El objetivo de esta investigación fue probar la eficacia de las aplicaciones foliares de AG_3 en diferente etapa fenológica sobre la fecha de floración y cosecha (Lovatt, 2004).

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del huerto en estudio. Esta investigación se desarrolló en dos huertos comerciales de aguacate 'Hass' de 16 años de edad, en el estado de Nayarit. El huerto "Alberto" se localizó en Venustiano Carranza, Mpio. de Tepic ($21^{\circ} 32' N$, $104^{\circ} 59' W$; 900 msnm; precipitación media anual de 1,300 mm; temperatura media anual de $21^{\circ} C$). El huerto "Bernabé" se situó en Xalisco, Mpio. de Xalisco ($21^{\circ} 26' N$, $104^{\circ} 55' W$; 1,100 msnm; precipitación media anual de 1,185 mm; temperatura media anual de $21.7^{\circ} C$). En los dos huertos los árboles estaban injertados sobre portainjertos criollos originados por semilla, establecidos a 8×8 m y no disponían de riego.

Tratamientos. Se evaluó el tratamiento con AG_3 en 10 árboles. Se probó la eficacia del AG_3 como acelerador del desarrollo y maduración del fruto. Se evaluó un sólo tratamiento que consistió en dos aplicaciones de $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de AG_3 , una el 15 de julio y la otra el 31 de julio (la longitud del fruto fue de 7 cm y 7.6 cm, respectivamente). Para esclarecer si había un efecto del surfactante sobre la respuesta del aguacate al tratamiento con AG_3 , los árboles control no recibieron ningún tratamiento. Los tratamientos fueron aplicados entre las 8:00 y 10:00 A.M. con una aspersora motorizada de mochila. Para lograr un buen cubrimiento de la copa del árbol se usaron 10 ± 1 L de solución (pH 5.5) por árbol. A todos los tratamientos (incluyendo al control) se les agregó $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ del surfactante Silwet L-77^{MR} (Loveladd industries INC., Greeley, CO, USA).

Aspectos estudiados

Fecha de floración. Fue evaluado el desarrollo de inflorescencias a intervalos quincenales en todos los árboles del experimento durante los meses de noviembre a marzo (plena floración). Se cuantificaron los días transcurridos desde la aplicación del primer tratamiento (15 julio) a la presencia en el árbol de 100 inflorescencias en antesis o S-11, según la escala visual de Salazar-García et al. (1998).

Contenido de materia seca en el mesocarpio del fruto. Se cuantificó el tiempo transcurrido desde la aplicación del primer tratamiento (julio) hasta que el mesocarpio (pulpa) del fruto alcanzó la madurez legal, establecida en al menos 21.5% de materia seca. A intervalos quincenales, en cada tratamiento se colectaron dos frutos de la parte suroeste de la copa de cada árbol, la más expuesta al sol en la latitud en la que se realizó el trabajo. La materia seca fue determinada en 10 g de peso fresco del mesocarpio obtenido de la parte media del fruto, secándose en un horno de aire forzado a una temperatura de 70 °C hasta peso constante. Si en alguna fecha de muestreo la materia seca del mesocarpio había pasado del 21.5%, se utilizó el análisis de regresión Stepwise para determinar el día exacto en que se alcanzó la madurez legal.

Crecimiento del fruto. Se marcaron cinco frutos en cada uno de los 10 árboles y se les midió la longitud a intervalos mensuales a partir de la primera aplicación de AG₃ (15 julio) y hasta que se realizó la cosecha del fruto.

Análisis estadístico. Se usó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones (árboles) por huerto. Para la comparación de medias se empleó la prueba de la diferencia mínima significativa ($P = 0.05$).

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Fecha de antesis

Ninguna de las aplicaciones con ácido giberélico (GA₃) evaluados afectó significativamente la fecha de antesis (S-11).

Crecimiento del fruto y acumulación de materia seca

Al momento de la primera aplicación de AG₃ (15 julio), la longitud del fruto en los árboles experimentales fue muy similar y varió de 7 a 7.1 cm. Las mediciones posteriores de la longitud del fruto, realizadas en agosto, septiembre y octubre, mostraron un incremento en la longitud del fruto. Sin embargo, no se encontró un efecto significativo de las aplicaciones de AG₃. Las aplicaciones de AG₃ afectaron significativamente la longitud del fruto a partir del 30 octubre y dicho efecto se mantuvo hasta la fecha de cosecha normal (30 noviembre); la longitud de los frutos tratados con AG₃ fue 0.4 cm mayor a la de los frutos de los árboles Control (**Figura 1**). El efecto de la aplicación de AG₃ sobre la acumulación de la materia seca fue muy notorio. Al momento de la primera aplicación de AG₃ los frutos presentaron un contenido de materia seca de 16%. Los frutos tratados con AG₃ mostraron una mayor velocidad de acumulación de materia seca, de tal manera que para el 30 septiembre los frutos tratados con AG₃ ya habían alcanzado la madurez legal ($\geq 21.5\%$ de materia seca) (**Figura 1**).

Los frutos de los árboles Control alcanzaron un contenido similar de materia seca un mes después (30 oct.). Una o dos aspersiones foliares con AG₃ (50 mg L⁻¹), aproximadamente cuatro meses (julio) antes de la fecha esperada de cosecha (noviembre), acortó el tiempo para que los frutos de aguacate 'Hass' alcanzaran la madurez legal de 24.8 a 28.2 días. El hecho que los productores de aguacate puedan cosechar casi cuatro semanas más temprano incrementará hasta en 50% su ingreso, debido a que será más alto el precio de venta de fruto. Esta es la primera vez que se informa sobre un biorregulador vegetal (AG₃) que acelera el tiempo en que el fruto de aguacate 'Hass' alcanza su madurez legal. Estos hallazgos son una contribución importante tanto para el conocimiento hortícola como sobre la fisiología reproductiva del aguacate. Los resultados demostraron que la estimulación del desarrollo del fruto es una estrategia alternativa al enfoque generalizado de adelantar la fecha de floración para obtener una maduración temprana del fruto y consecuentemente una cosecha temprana. Ninguno de las aplicaciones con AG₃ evaluados afectó el desarrollo de la inflorescencia o la intensidad de floración en ningún huerto o año de evaluación. El efecto significativo de la doble aspersión foliar

de AG₃ sobre la velocidad de crecimiento del fruto sólo se observó después de octubre. El Control no recibió tratamiento. Las barras representan el error estándar. Aunque climatérico, el fruto de aguacate es único en el sentido de que no madura mientras está adherido al árbol. Por lo tanto, la acumulación de materia seca por el fruto ocurre antes e independientemente del proceso de maduración. Es por esto que la madurez legal del fruto de aguacate está basada en el contenido de materia seca del mesocarpio (pulpa). El AG₃ es conocido por su habilidad para retardar la maduración, ablandamiento y la senescencia de muchos frutos. Por ejemplo, la aplicación de AG₃ retardó el ennegrecimiento de la cáscara del fruto de aguacate 'Hass' cosechado tardíamente (Salazar-García y Lovatt, 2000). El efecto del AG₃ sobre frutos de aguacate en desarrollo es parecido a su efecto en otros tejidos en desarrollo-estimulación del crecimiento e incremento de la biomasa.

En el aguacate, el AG₃ aparentemente incrementó la fuerza de la demanda, lo que resultó en la acumulación de biomasa observada y en el incremento en la velocidad de crecimiento registrada en los frutos tratados con AG₃, particularmente del 30 octubre y hasta la cosecha el 30 noviembre (**Figura 1**). Las dosis de AG₃ evaluadas en el presente estudio se basaron en dosis probadas previamente en California (Garner y Lovatt, 2002; Salazar-García y Lovatt, 1999, 2000).

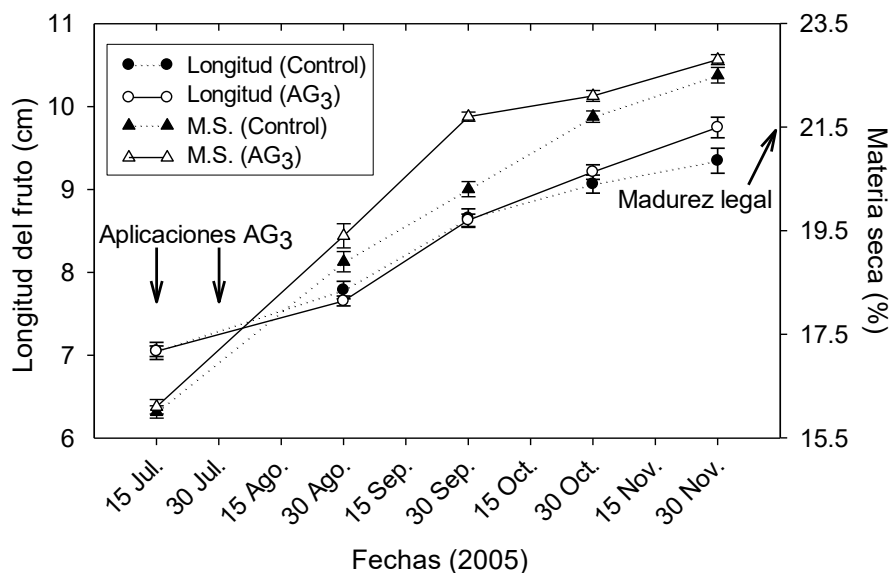


Figura 1. Crecimiento del fruto (longitud) y contenido de materia seca en el mesocarpio (m.s.) en respuesta a la aplicación de 50 mg·L⁻¹ de AG₃ el 15 y 31 julio.

CONCLUSIONES

Ninguno de los tratamientos a base de AG₃ afectó la fecha de antesis. Una o dos aspersiones al follaje con AG₃ en dosis de 50 mg·L⁻¹ realizada aproximadamente cuatro meses (julio) antes de la cosecha esperada (noviembre), adelantó de 24.8 a 28.2 días la madurez legal del fruto ($\geq 21.5\%$ de materia seca del mesocarpio), comparado con los frutos de los árboles no tratados (Control).

LITERATURA CITADA

- Aguilera-Montañez, J.L.; Salazar-García, S. 1991. The avocado industry in Michoacán México. South African Avocado Growers' Assn. 14:94-97.
https://www.avocadosource.com/journals/saaga/saaga_1991/saaga_1991_pg_94-97.pdf
- Garner, L.C.; Lovatt, C.J. 2002. Prohexadione calcium and gibberellin₃ affect vegetative growth and development of the 'Hass' avocado. Proc. 29th Ann. Mtg. of the Plant Growth Reg. Soc. Amer. 1:99.

- https://lovattresearch.ucr.edu/sites/default/files/2019-2/tech_garner_et_at_2010.pdf
- Guardiola, J.L.; Agustín, M; García-Marí, F. 1977. Gibberellic acid and flower bud development in sweet orange. Proc. Int. Soc. Citricult. 2:696-699.
https://www.researchgate.net/publication/264433239_Gibberellic_acid_and_flower_bud_development_in_sweet_orange
- Iwahori, S.; Oohata, J.T. 1981. Control of flowering of Satsuma mandarins (*Citrus unshiu* Marc) with gibberellin. Proc. Int. Soc. Citricult. 1:247-249.
https://eurekamag.com/research/001/058/001058343.php?srsId=AfmBOorPD1jeLU9j_3U2U6Vx81iVzmX2e3__bx5feaiKo09Y7fOqVXwt
- Kachru, R.B.; Singh, R.N.; Chacko, E.K. 1972. Inhibition of flowering in *Mangifera indica* L. by gibberellic acid. Acta Hort. 24:206-209.
<https://eurekamag.com/research/014/527/014527340.php?srsId=AfmBOorV7jhstFXTpA8p0EdFtCxfvXkwPKBGMF44shy9FM27fBbPclh>
- Lovatt, C.J. 2004. Use of plant growth regulators to increase fruit set, fruit size and yield and to manipulate vegetative and floral shoot growth. California Avocado Research Symposium, Riverside, California, 30 Oct. University of California, Riverside and California Avocado Commission. pp. 96-107.
https://www.californiaavocadogrowers.com/sites/default/files/Use_of_Plant_Growth_Regulators_to_Increase_Fruit_Set-Fruit-Size-and-Yield-and-Manipulate-Vegetative-and-Floral-Shoot-Growth-2004.pdf
- Nir, I.; Goren, R.; Leshem, B. 1972. Effects of water stress, gibberellic acid and 2-chloroethyltrimethylammoniumchloride (CCC) on flower differentiation in 'Eureka' lemon trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97:774-778.
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1950746>
- Nunez-Elisea, R.; Davenport, T.L. 1991. Flowering of 'Keitt' mango in response to deblossoming and gibberellic acid. Proc. Fla. State Hort. Soc. 104:41-43.
<https://journals.flvc.org/fshs/article/download/104744/100636/0>
- Salazar-García, S.; Lovatt, C.J. 1998. GA₃ application alters flowering phenology of the 'Hass' avocado. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123:791-797.
http://www.avocadosource.com/journals/ashs/ASHS_1998_123_PG_791-797.pdf

- Salazar-García, S.; Lovatt, C.J. 1999. Winter trunk injections of gibberellic acid altered the fate of 'Hass' avocado buds: Effects on inflorescence type, number and rate of development. J. Hort. Sci. & Biotech. 74:69-73.
https://lovattresearch.ucr.edu/sites/default/files/2019-12/tech_salazar_lovatt_1999.pdf
- Salazar-García, S.; Lovatt, C.J. 2000. Use of GA₃ to manipulate flowering and yield of 'Hass' avocado. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125:25-30.
http://www.avocadosource.com/journals/ashs/ASHS_2000_125_1_PG_25-30.pdf
- Salazar-García, S.; Lord, E.M.; Lovatt, C.J. 1998. Inflorescence and flower development of the 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.) during "on" and "off" crop years. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123:537-544.
https://lovattresearch.ucr.edu/sites/default/files/2019-12/tech_salazar_et_al_1998.pdf
- Schroeder, C.A. 1944. The avocado inflorescence. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 28:39-40.
http://www.avocadosource.com/CAS_Yearbooks/CAS_29_1944/CAS_1944_PG_039-040.pdf
- Sedgley, M. 1990. Flowering of deciduous perennial fruit crops. Hort. Rev. 12:223-264.
https://www.researchgate.net/publication/229584240_Flowering_of_Deciduous_Perennial_Fruit_Crops

EFICIENCIA DE RETENCIÓN DE SUELO EN DOS ESPECIES COMO BARRERAS VIVAS PARA CAFETALES DE LADERA

Rolando M. Tlaxcala-Méndez^{1*}, M. de Carmen Pablo-Mendoza², Martín Aquino-Ramírez³, Rosalío López-Morgado⁴, Eileen Salinas-Cruz⁵

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental El Palmar¹, Campo Experimental Ixtacuaco², Campo Experimental Edzná³, Sitio Experimental Teocelo⁴ y Campo Experimental Centro de Chiapas⁵.

RESUMEN

La pérdida de suelo tiene múltiples impactos negativos en los agroecosistemas por lo que es una necesidad proponer alternativas, sencillas, económicas y de fácil adopción para los productores. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la eficiencia en la retención de suelo de dos materiales vegetativos establecidos como barreras vivas en un monocultivo bajo sombra especializada de café bajo condiciones de ladera. Para ello, se estableció un experimento bajo el diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 3 x 2 con cuatro repeticiones para un total de 24 unidades experimentales (UE), donde el factor A fue la variedad de plátano con tres niveles (manzano, enano gigante y roatán) y el factor B fue la especie de barrera viva (*Calathea lutea* y *Renealmia mexicana*). En cada UE plantaron seis individuos de plátano (6 x 6 m) y una línea de barrera viva, colocada en la parte inferior de la UE. Además, en cada UE se colocaron dos sitios con varillas de referencia (SVR), uno en la parte central de la UE para medir la lámina de suelo erosionado (mm) y otro sobre la línea de barrera viva para medir la lámina de suelo acumulado (mm). Los resultados sugieren que la lámina de suelo erosionado no presenta diferencias entre los tratamientos ($p > 0.05$) teniendo un valor promedio de 2.1 mm. Por el contrario, en cuanto a la lámina de suelo acumulado se obtuvieron diferencias altamente significativas debido al tipo de especie empleado como barrera viva ($p < 0.001$), en este tenor, *Calathea lutea* es más eficiente reteniendo 2.55 mm en comparación con *Renealmia mexicana* con 1.56 mm. La especie de *Calathea lutea* puede ser una alternativa viable para establecer barreras vivas en cafetales de ladera con la finalidad de proteger y conservar los suelos.

Palabras clave: *Calathea lutea*; *Renealmia mexicana*, prueba de Shapiro-Wilk, prueba de Bartlett

ABSTRACT

Soil loss has multiple negative impacts on agroecosystems, so it is necessary to propose alternatives that are simple, economical and easy for producers to adopt. Therefore, the objective of this study was to evaluate the soil retention efficiency of two vegetative materials established as living barriers in a specialized shaded coffee monoculture under hillside conditions. For this purpose, an experiment was established under the randomized complete block design with a 3 x 2 factorial arrangement with four repetitions for a total of 24 experimental units (EU), where factor A was the banana variety with three levels (apple, giant dwarf and roatan) and factor B was the specie of living barrier (*Calathea lutea* and *Renealmia mexicana*). In each EU they planted six banana individuals (6 x 6 m) and a line of living barrier, placed at the bottom of the EU. In addition, two sites with benchmark rods (SBR) were placed in each EU, one in the central part of the EU to measure the eroded soil layer (mm) and another on the live barrier line to measure the accumulated soil layer (mm). The results suggest that the eroded soil layer does not present differences between the treatments ($p > 0.05$) having an average value of 2.1 mm. On the contrary, regarding the layer of soil retained, highly significant differences were obtained due to the type of species used as a living barrier ($p < 0.001$). In this regard, *Calathea lutea* is more efficient at retaining 2.55 mm compared to *Renealmia mexicana* with 1.56 mm. The *Calathea lutea* species may be a viable alternative for establishing living barriers in hillside coffee plantations in order to protect and conserve soils.

Keywords: *Calathea lutea*; *Renealmia mexicana*, shapiro-wilk test, Bartlett tes

INTRODUCCIÓN

Los sistemas agroforestales de café (SAFC) bajo sombra están más disturbados que los bosques y menos alterados que los cultivos anuales, por lo que se esperan perdidas de suelo de magnitud intermedia en estos (Pérez-Nieto *et al.*, 2012). Los SAFC de ladera son vulnerables a los impactos del cambio climático debido a los cambios en los patrones de precipitación, en este sentido, la disminución en las

frecuencias y al aumento en las intensidades de las precipitaciones sumado a la ausencia de prácticas de conservación y mejoramiento de suelos favorecen el proceso de la degradación erosiva del suelo (López, 2017; Palominos-Rizzo, 2022). Se estima que las pérdidas de suelo en el cultivo de café se encuentra entre un rango de 6 a 30 t ha⁻¹ año⁻¹ y de este suelo se calcula una pérdida de 0.6 a 3 t ha⁻¹ año⁻¹ de materia orgánica (Hincapié y Ramírez, 2010). Si bien es cierto, la erosión laminar del suelo podría ser silenciosa e imperceptible en corto plazo para el ser humano, también podría ser más rápida que la formación misma del suelo, disminuyendo la fertilidad y consecuentemente la productividad del cultivo (Vásquez y Tapia, 2011).

Un sistema de manejo de la tierra que conserve el suelo debe de reducir el impacto de la lluvia y el escurrimiento superficial, disminuyendo la pérdida de suelo y de nutrimentos (Pérez-Nieto *et al.*, 2012). En este sentido, las barreras vivas son prácticas efectivas en la conservación del suelo y agua, y consisten en el establecimiento de hileras de plantas perennes o semi-perennes y de crecimiento denso, los cuales están orientadas perpendicularmente a la pendiente o en curvas a nivel, es recomendable plantar los individuos de forma cercana (15 a 30 cm) para formar una barrera continua, con ello se logra disminuir la velocidad del agua de escorrentía, actuando como filtros vivos semipermeables atrapando sedimentos que transporta el agua (Andrade y Rodríguez, 2002).

Por otro lado, uno de los métodos más sencillos para cuantificar la eficiencia de las prácticas de conservación y recuperación de suelos es instalando sitios con varillas de referencia (SVR) también conocidos como “benchmark rods” (Castillo *et al.*, 2022; Weeb *et al.*, 2024), los SVR permiten medir tanto la erosión como la sedimentación, su efectividad y precisión ha sido valida en varios estudios, teniendo las ventajas de ser de bajo costo con mediciones directas y simples (Vásquez y Tapia, 2011). Adicionalmente, para determinar la eficiencia de las barreras vivas se recomienda considerar la evaluación de variables como la edad, altura, densidad, cobertura, sobrevivencia y brotación (Weeb *et al.*, 2024).

La finalidad del presente trabajo fue validar una alternativa sencilla, económica y de fácil adopción para los productores de café, quienes en la mayoría carecen de recursos o simplemente no están motivados con el uso de prácticas de conservación de suelo y agua (Andrade y Rodríguez, 2002). Así el objetivo de este trabajo, fue evaluar el desempeño en la retención de suelo de dos materiales vegetativos empleados como barreras vivas en un monocultivo bajo sombra especializada de café bajo condiciones de ladera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

En agosto de 2023 se estableció un experimento que consistió en intercalar plátanos y barreras vivas en un monocultivo bajo sombra especializada de café arábica de 9 años de edad con 32% de pendiente, ubicado en la localidad de Coapa Pinopa, Zongolica, Veracruz (18°37'36.71"N y 96°55'57.19"O), a una altitud de 1,200 m. El clima es semicálido húmedo con lluvias todo el año (ACf), temperaturas de 14 a 26° C, precipitaciones de 2,400 a 3,100 mm, la fisiografía es de sierra de cumbres tendidas con suelos Luvisoles y Acrisoles (INEGI, 2009).

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 3 x 2 con cuatro repeticiones, para un total de 24 unidades experimentales (UE). El factor A es la variedad de plátano con tres niveles (roatán, manzano y enano gigante), el factor B es la especie de barrera viva con dos niveles (*Calathea lutea* y *Renealmia mexicana*). Los bloques se conformaron en sentido perpendicular al gradiente de variabilidad de la pendiente del terreno. Cada UE tiene una superficie de 352 m² y está conformada 70 cafetos, seis individuos de plátano (6 x 6 m) y una línea de barrera viva de 14 m de longitud colocada en la parte inferior de la UE, la distancia de siembra entre rizomas fue de 35 cm para formar cada barrera.

Instalación de sitios con varillas de referencia (SVR)

En mayo de 2024, previo al inicio del periodo de lluvias, se colocaron SVR en el experimento, para ello, en cada UE se colocaron dos SVR, uno para medir la lámina de suelo erosionado en el centro de la UE y otro para medir la lámina de suelo

sedimentado sobre la barrera viva. Las varillas empleadas en los SVR tienen una longitud de 40 cm y fueron enterradas 20 cm en el suelo, además, se les pintó una marca color naranja de 5 cm en la parte superior como referencia para las lecturas posteriores, quedando libres 15 cm de distancia entre la base de las varillas a ras del suelo y la marca de referencia (Figura 1).



Figura 1.- A) SVR rectangular para medir la lámina de suelo erosionado y B) SVR lineal para medir la lámina de suelo retenido sobre las barreras vivas.

Toma de datos de la lámina de suelo erosionado y retenido

Las mediciones en los SVR se realizaron colocando un flexómetro digital al costado de cada varilla, expresándose las lecturas en milímetros y finalmente se promediaron los valores para cada SVR.

Para extrapolar el suelo erosionado en ton ha^{-1} se empleó la siguiente ecuación (Vásquez y Tapia, 2011):

$$P_s = h \times DAP \times 10 \quad (1)$$

Dónde: P_s es la pérdida de suelo erosionado (ton ha^{-1}); h es la lámina de suelo erosionado y DAP es la densidad aparente del suelo (gr cm^{-3}).

Análisis estadístico de los datos

Se empleó el modelo estadístico factorial en un diseño de bloques completos al azar:

$$y_{ijk} = \mu + \beta_i + \alpha_j + \delta_k + \alpha\delta_{jk} + \varepsilon_{ijk} \quad (2)$$

Donde y_{ijk} es la ijk ésima observación en el i -ésimo bloque que contiene el j -ésimo nivel del factor A y el k -ésimo nivel del factor B; μ es la media general; β_i es el efecto del i -ésimo bloque; α_j es el efecto del j -ésimo nivel del factor A; δ_k es el efecto del k -

ésimo nivel del factor B; $\alpha\delta_{jk}$ es la interacción del j-ésimo nivel del factor A con el k-ésimo nivel del factor B; y ε_{ijk} es el error aleatorio NID (0, σ^2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la lámina de suelo erosionado

El análisis de varianza (ANOVA) factorial para la variable respuesta de la lámina de suelo erosionado (mm) (Cuadro 1) no mostró diferencias significativas en los factores y en la interacción, a una probabilidad de rechazo de $p \leq 0.05$. La uniformidad en el estrato superior conformada por las variedades de plátano (Factor A) no diferenció los valores de la lámina de suelo erosionado. Las barreras (Factor B) no presentaron efectos significativos ya que se ubicaron en la parte baja de la UE para cuantificar la retención de suelo. En promedio, la lámina de suelo erosionado fue de 2.1 mm equivalente a 22.44 t ha⁻¹.

Cuadro 1. ANOVA del DBCA con arreglo factorial 3 x 2 para la variable respuesta erosión.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Valor de p
Bloque	3	0.2446	0.0815	2.153	0.136
Factor A	2	0.1508	0.0754	1.992	0.171
Factor B	1	0.0938	0.0937	2.476	0.136
Factor A X B	2	0.0625	0.0312	0.825	0.457
Residuales	15	0.5679	0.0378		

Se cumplió con el supuesto de normalidad comprobado con la prueba de Shapiro-Wilk (<50 observaciones) ($W=0.950$, $p=0.284$). De igual forma, mediante la prueba de Bartlett se demostró la homogeneidad de varianzas en el Bloque ($\chi^2=2.481$, $p=0.478$), Factor A ($\chi^2 = 0.027$, P-valor = 0.986), Factor B ($\chi^2=0.0005$, $p= 0.981$) e interacción ($\chi^2=1.3862$, $p=0.925$), el método grafico corrobora el cumplimiento de los supuestos (Figura 2).

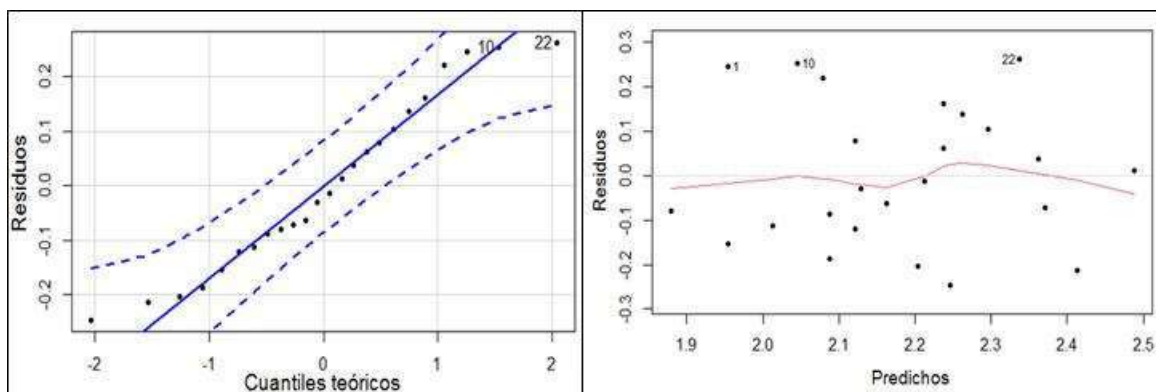


Figura 2.- Prueba grafica de A) normalidad y B) homogeneidad de varianzas.

Análisis de la lámina de suelo retenido

En el análisis de varianza (ANOVA) factorial en la variable respuesta de la lámina de suelo acumulado sobre las barreras vivas indicó diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) en el Factor B, por lo tanto, el tipo de especie empleado como barrera viva tiene un efecto significativo para acumular suelo erosionado. Por el contrario, no se presentaron diferencias significativas en el Factor A, es decir la variedad de plátano no influyó en la acumulación de sedimentos ($p > 0.05$), de la misma manera las interacciones no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$) (Cuadro 2). La especie de *Calathea lutea* tiene la capacidad de generar una mayor cantidad de brotes en comparación a *Renealmia mexicana*, permitiéndole formar barreras vivas densas teniendo mayor efecto en la retención de suelo erosionado durante los escurrimientos.

Cuadro 2.- ANOVA del DBCA con arreglo factorial 3 x 2 para la variable respuesta sedimentación.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Valor de p
Bloque	3	2.462	0.821	2.761	0.078
Factor A	2	1.213	0.607	2.041	0.164
Factor B	1	5.802	5.802	19.52	0.0004
Factor A X B	2	0.003	0.002	0.006	0.994
Residuales	15	4.458	0.297		

Adicionalmente, la prueba de Shapiro-Wilk (<50 observaciones) mostró normalidad en los residuos del modelo ($W=0.988$, $p=0.991$). Por otra parte, la prueba de Bartlett indicó homogeneidad de varianzas en el Bloque ($\chi^2=3.672$, $p=0.299$, Factor A

($\chi^2=0.738$, $p=0.691$), Factor B ($\chi^2=0.314$, $p=0.574$) e interacción ($\chi^2=3.081$, $p=0.687$). El método gráfico corroboró el cumplimiento de los supuestos (Figura 3).

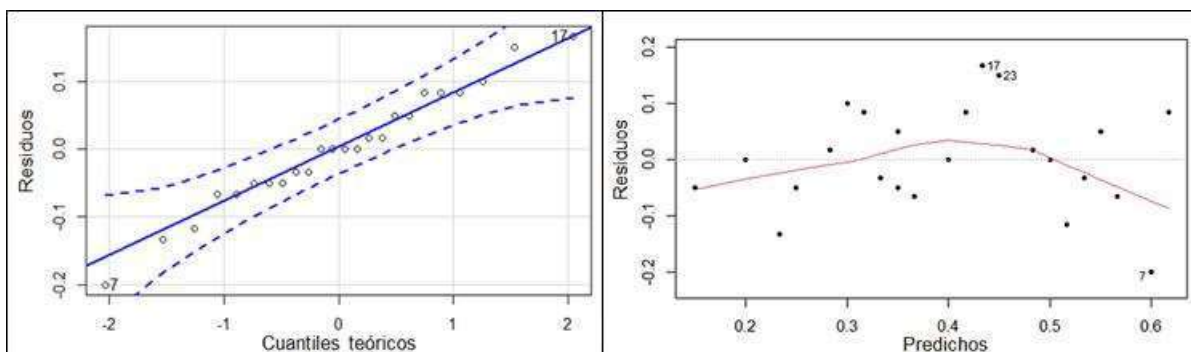


Figura 3.- Prueba grafica de A) normalidad y B) homogeneidad de varianzas.

La prueba de comparación de medias de Tukey indica que en las barreras vivas de *Calathea lutea* acumularon una lámina de suelo sedimentado de 2.55 mm en promedio, mientras que las barreras vivas de *Renealmia mexicana* acumularon en promedio de 1.56 mm (Figura 4), la diferencia mínima significativa fue de 0.474 mm. La validación de barreras vivas con especies vegetales que muestren buen desempeño en la reducción de pérdidas de suelo es importante (Andrade y Rodríguez, 2002), en este sentido, las barreras vivas de *Calathea lutea* son una práctica viable que puede solucionar las pérdidas de suelo en los SAFC de ladera, además, se observó que presenta nula agresividad con los cultivos principales y alta generación de brotes permitiendo formar barreras densas para una mayor retención de suelo.

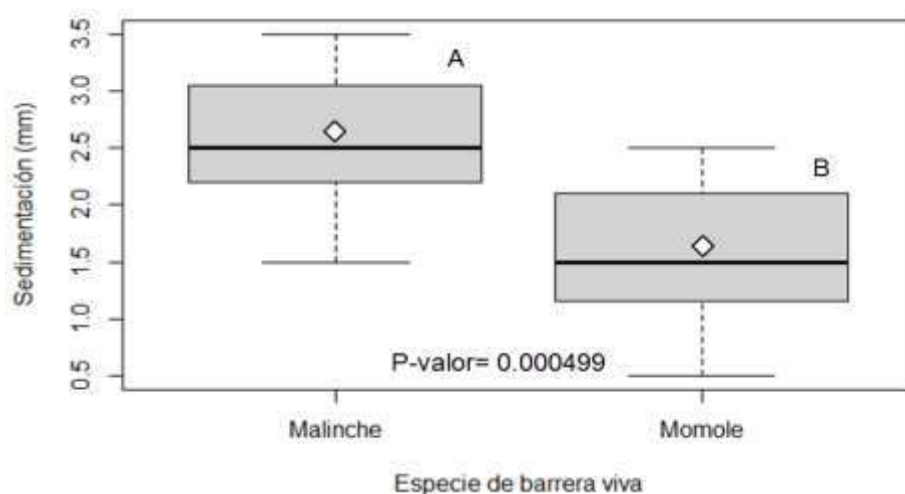


Figura 4.- Lamina de suelo acumulado sobre las barreras vivas

CONCLUSIONES

1.- La lamina de suelo erosionado fue de 2.1 mm equivalente a 22.4 ton ha⁻¹. 2.- Las barreras vivas conformadas por la especie de *Calathea lutea* acumularon 2.55 mm de suelo presentando diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) con las barreras vivas de *Renealmia mexicana* con un valor 1.56 mm de suelo retenido, la diferencia mínima significativa fue de 0.474 mm. 3.- La especie de malinche puede ser una alternativa viable para establecer barreras vivas en cafetales de ladera con la finalidad de proteger y conservar los suelos. 4.- Se recomienda continuar con la toma de datos en los SVR en un periodo de tiempo mayor, para continuar evaluando el desempeño de las barreras vivas.

AGRADECIMIENTOS

Al INIFAP por el apoyo para la realización del proyecto SIGI No. 13405036178 titulado “Evaluación de la producción y rentabilidad financiera de un sistema agroforestal de *Coffea arabica* L.-*Musa* sp. con barreras vivas en la región de Zongolica, Veracruz” y al productor cooperante Sr. Félix Tepole Pérez.

LITERATURA CITADA

- Andrade, O. D. C., & Rodríguez, O. S. (2002). Evaluación de la eficiencia de barreras vivas como sistemas de conservación de suelos en ladera. *Bioagro*, 14(3), 123-133.
- Castillo, J. A., MacKenzie, R., Manahan, J. R., & Castillo, J. (2022). Monitoring the sediment surface elevation change across a chronosequence of restored stands of tropical mangroves and their contemporary carbon sequestration in soil pool. *Forests*, 13(2), 241.
- Hincapié, E., & Ramírez, F. A. (2010). Riesgo a la erosión en suelos de ladera de la zona cafetera. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).
- López G., J., M. (2017). Erosión hídrica en suelos de laderas cultivadas con café sin sombra, en Copán Honduras. *Revista Ciencia y Tecnología*, 135-151.

- Pérez-Nieto, J., Valdés-Velarde, E., & Ordaz -Chaparro, V. M. (2012). Cobertura vegetal y erosión del suelo en sistemas agroforestales de café bajo sombra. *Terra Latinoamericana*, 30(3), 249-259.
- Palominos-Rizzo, T., Villatoro-Sánchez, M., Alvarado-Hernández, A., Cortés-Granados, V., & Paguada-Pérez, D. (2022). Dinámica temporal de erosión del suelo en café (*Coffea arabica*), Llano Brenes, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 49736-49736.
- Vásquez, A., & Tapia, M. (2011). Cuantificación de la erosión hídrica superficial en las laderas semiáridas de la Sierra Peruana. *Revista Ingeniería UC*, 18(3), 42-50.
- Webb, N. P., Edwards, B. L., Heller, A., McCord, S. E., Schallner, J. W., Treminio, R. S., ... & Houdeshell, C. A. (2024). Establishing quantitative benchmarks for soil erosion and ecological monitoring, assessment, and management. *Ecological Indicators*, 159, 111661.

EL APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL EN EMPRESAS DE ECONOMÍA CIRCULAR CON ENFOQUE DE RESPONSABILIDAD SOCIAL

Israel Servín Gómez¹, María Concepción González Cuevas¹, Luis Felipe Noriega Román¹, Dolores Guadalupe Álvarez Orozco¹, Trixie Lizbeth Ramírez Suarez²

¹TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato

²Estudiante de Ingeniería en Gestión Empresarial TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. Autor de correspondencia:

israel.sg@roque.tecnm

RESUMEN

El aprendizaje organizacional es un proceso continuo mediante el cual las organizaciones adquieren, desarrollan y aplican conocimiento para adaptarse y mejorar su desempeño. Este proceso involucra tanto a los individuos como a los grupos, y se refleja en la capacidad organizacional para innovar y enfrentar desafíos cambiantes. El aprendizaje puede ser de primer orden (ajustes menores dentro de un marco existente) o de segundo orden (transformación profunda de normas y procesos). Factores clave como la cultura organizacional, el liderazgo, la comunicación interna y la infraestructura tecnológica facilitan o dificultan este aprendizaje. Organizaciones que fomentan una cultura de aprendizaje continuo logran ventajas competitivas sostenibles al mejorar la toma de decisiones, la resolución de problemas y la innovación. El concepto ha evolucionado desde una perspectiva individual hacia un enfoque sistémico, reconociendo que el conocimiento colectivo y la colaboración son esenciales para el éxito organizacional a largo plazo.

Palabras clave Aprendizaje, capacitación, disciplina, procesos, experiencia

ABSTRACT

Organizational learning is a continuous process by which organizations acquire, develop, and apply knowledge to adapt and improve their performance. This process involves both individuals and groups, and is reflected in the organizational capacity to innovate and meet changing challenges. Learning can be first-order (minor

adjustments within an existing framework) or second-order (deep transformation of norms and processes). Key factors such as organizational culture, leadership, internal communication, and technological infrastructure facilitate or hinder this learning. Organizations that foster a culture of continuous learning achieve sustainable competitive advantages by improving decision making, problem solving, and innovation. The concept has evolved from an individual perspective to a systemic approach, recognizing that collective knowledge and collaboration are essential for long-term organizational success.

Keywords *Learning, training, discipline, processes, experience*

INTRODUCCIÓN

El aprender a aprender en las organizaciones empresariales, es la ruta para la innovación en las formas de hacer las cosas. Una organización que aprende sobre si misma tiene una curva de desarrollo en menor tiempo, que aquella que su nivel de inteligencia parte de un inicio con la sustitución de colaboradores o rotación interna. El aprendizaje a partir de lo interno es necesario para aprovechar lo oportunidades del ambiente y de los mercados.

El aprendizaje organizacional es un proceso fundamental para el éxito y la sostenibilidad de cualquier organización en un entorno empresarial cada vez más dinámico y competitivo. Este concepto hace referencia a la capacidad de las organizaciones para adquirir, transformar y aplicar conocimiento de manera efectiva, con el fin de adaptarse, innovar y mejorar continuamente.

En un mundo caracterizado por cambios constantes, globalización y avances tecnológicos, las organizaciones deben ser capaces de aprender de sus experiencias pasadas, de sus errores y éxitos, y de su entorno, para tomar decisiones más informadas y acertadas.

El aprendizaje organizacional es crucial en un entorno donde la innovación y la adaptabilidad son esenciales para el éxito a largo plazo. Las organizaciones que logran implementar un proceso efectivo de aprendizaje pueden no solo optimizar

sus recursos y capacidades, sino también posicionarse como líderes en sus respectivos sectores. Sin embargo, muchos estudios han señalado que, aunque la mayoría de las empresas reconocen la importancia del aprendizaje, pocas logran integrarlo de manera efectiva en su cultura organizacional. Esta desconexión entre la teoría y la práctica del aprendizaje organizacional justifica la necesidad de investigar cómo las organizaciones pueden mejorar su capacidad para aprender de manera sistemática y transformadora.

El objetivo del presente estudio consiste en investigar los factores que influyen en la efectividad del aprendizaje organizacional en las empresas, con el fin de identificar estrategias que faciliten la integración del aprendizaje continuo en las prácticas organizacionales.

Con lo anterior se puede analizar los elementos clave que componen el proceso de aprendizaje organizacional, tales como la cultura organizacional, el liderazgo y las estructuras de comunicación. En una primera etapa hay que identificar los obstáculos que impiden un aprendizaje organizacional efectivo en las organizaciones y conocer el desempeño y la competitividad empresarial.

A pesar de la relevancia del aprendizaje organizacional en el desarrollo y sostenibilidad de las empresas, muchas organizaciones enfrentan dificultades para integrar el aprendizaje como un proceso continuo y sistemático. Las barreras culturales, la falta de infraestructura adecuada para compartir conocimiento, y la resistencia al cambio son solo algunos de los factores que obstaculizan el establecimiento de un sistema efectivo de aprendizaje organizacional. Esta situación plantea el problema de cómo las organizaciones pueden superar estos desafíos y fomentar una cultura que permita el aprendizaje constante y la innovación.

¿Cómo pueden las organizaciones optimizar sus procesos de aprendizaje organizacional para mejorar su desempeño, adaptabilidad e innovación en un entorno empresarial dinámico?

Se plantea la hipótesis de que las organizaciones que implementan un enfoque integral de aprendizaje organizacional, que promueva la colaboración, el pensamiento sistémico y la reflexión continua a todos los niveles, son más capaces de adaptarse a los cambios del mercado, mejorar su competitividad y fomentar una cultura de innovación. Además, se considera que la presencia de un liderazgo comprometido con el aprendizaje y el desarrollo de capacidades organizacionales facilita significativamente este proceso.

El aprendizaje organizacional como herramienta de la administración debe ser llevada al desarrollo interno de la organización. Varios de los procesos realizados en las empresas no son documentados o registrados, especificadas y tampoco se le da relevancia al aprendizaje en las capacitaciones otorgadas por la empresa o estudios autodidactas de la persona que tiene el conocimiento.

El estudio y el análisis de las formas de aprendizaje se deben de tomar en cuenta para el diseño de la capacitación como también tomar en cuenta los factores que rodean el desempeño del trabajador. Cabe mencionar el diseño de esta capacitación debe tomar en cuenta que el trabajador debe seguir las tareas descritas en su puesto de trabajo con eficiencia y eficacia. Y el segundo punto que toma mayor relevancia es ¿Cómo se puede transferir el conocimiento que tienen los empleados con más antigüedad en la organización a los nuevos integrantes de la misma?

Los puntos críticos son, el desarrollo de las competencias de los trabajadores para que ellos mismos logren diseñar o mejorar los procesos y que la interacción de factores externos e internos fluya con naturalidad y la transferencia de esos conocimientos a los nuevos integrantes.

Marco Teórico

El aprendizaje organizacional es un concepto clave en los estudios de administración, cuyo propósito fundamental es explicar cómo las organizaciones adquieren, distribuyen y utilizan el conocimiento para mejorar su desempeño y

capacidad de adaptación. Según Argyris y Schön (1978), el aprendizaje organizacional es el proceso mediante el cual las organizaciones desarrollan nuevas capacidades y modifican sus patrones de acción a partir de la experiencia.

El aprendizaje organizacional ha sido conceptualizado desde varias perspectivas. Senge (1990), uno de los teóricos más influyentes en este campo, define el aprendizaje organizacional como un proceso continuo en el que las organizaciones y sus miembros desarrollan capacidades para comprender mejor su entorno y actuar de manera más efectiva en él. En su obra *La Quinta Disciplina*, Senge destaca que las organizaciones deben ser vistas como sistemas vivos, capaces de adaptarse, aprender y evolucionar.

Por otro lado, Nonaka y Takeuchi (1995), en su enfoque del conocimiento organizacional, distinguen entre dos tipos de conocimiento cruciales para el aprendizaje: el conocimiento explícito (codificado y formalizado) y el conocimiento tácito (personal y basado en la experiencia). Para que el aprendizaje organizacional sea efectivo, sostienen que es necesario facilitar la conversión de ambos tipos de conocimiento a través de procesos de socialización, externalización, combinación e internalización (modelo SECI).

El aprendizaje organizacional se puede clasificar en dos tipos principales: aprendizaje de primer orden (o *single-loop learning*) y aprendizaje de segundo orden (o *double-loop learning*). El primero se refiere a los ajustes que se hacen dentro de los marcos de referencia y estrategias existentes, sin cuestionar las normas subyacentes que guían las decisiones. Según Argyris y Schön (1978), el aprendizaje de primer orden es más superficial, pues se enfoca en la corrección de errores sin desafiar las estructuras o supuestos fundamentales. En contraste, el aprendizaje de segundo orden implica una reflexión profunda sobre los principios y supuestos que rigen la acción organizacional, lo que puede dar lugar a cambios más transformadores en la forma en que la organización opera y se relaciona con su entorno.

El aprendizaje organizacional está influenciado por diversos factores internos y externos que afectan la capacidad de una organización para aprender. La cultura organizacional juega un papel fundamental, ya que una cultura que valore la apertura, la experimentación y la reflexión es más propensa a fomentar el aprendizaje continuo (Schein, 2010).

Un aspecto central en la implementación efectiva del aprendizaje organizacional es el flujo de información y la comunicación dentro de la organización. En este sentido, Huber (1991) destaca la importancia de la memoria organizacional, entendida como la capacidad de una organización para almacenar y recuperar conocimientos a lo largo del tiempo.

Existen varias barreras que dificultan el aprendizaje organizacional efectivo. Entre ellas, se encuentran las resistencias al cambio, que son comunes cuando las personas dentro de la organización se sienten amenazadas por nuevas ideas o procesos (Kotter, 1996). También la falta de comunicación y de mecanismos de retroalimentación puede limitar la capacidad de aprendizaje, al evitar que la información fluya adecuadamente entre los miembros de la organización. La falta de tiempo y recursos para dedicar al aprendizaje y la capacitación también es un obstáculo importante, especialmente en contextos de presión por resultados inmediatos (Garvin, 1993).

El aprendizaje organizacional tiene un impacto directo en la competitividad y sostenibilidad a largo plazo de las empresas. Organizaciones que logran integrar el aprendizaje en sus estrategias son más innovadoras y ágiles frente a los cambios del mercado. Además, el aprendizaje organizacional promueve la innovación continua, ya que la creación de nuevo conocimiento facilita la generación de productos y servicios diferenciados. Según Cohen y Levinthal (1990), las organizaciones con alta capacidad de absorción de conocimiento son capaces de identificar y aprovechar nuevas oportunidades, lo que les proporciona una ventaja competitiva sustancial.

MATERIALES Y METODOS

Este estudio adopta un enfoque cualitativo, basado en la teoría fundamentada para explorar el fenómeno del aprendizaje organizacional en empresas de diversos sectores. La teoría fundamentada es un enfoque inductivo que busca generar teorías o conceptos directamente a partir de los datos, en lugar de probar hipótesis preexistentes. Este enfoque es particularmente útil cuando el conocimiento sobre un tema es limitado o cuando se busca desarrollar una comprensión profunda de los procesos y comportamientos humanos dentro de un contexto específico (Charmaz, 2014).

El propósito de esta investigación es comprender cómo se lleva a cabo el aprendizaje organizacional en diferentes empresas, identificar los procesos clave involucrados, y determinar los factores que facilitan o dificultan dicho aprendizaje. Para lograr este objetivo, la teoría fundamentada permitirá extraer patrones y construir una teoría que explique los fenómenos observados, basándose en datos empíricos recolectados a través de entrevistas semi-estructuradas y la observación directa.

El estudio se centrará en una muestra en el sector empresarial. La selección de participantes se basará en el criterio de que tengan experiencia o involucramiento en procesos de aprendizaje organizacional, ya sea en su capacidad de facilitadores, gestores o participantes en los mismos. Se buscará una diversidad de perspectivas en cuanto a jerarquía organizacional y tipo de industria, con el fin de obtener una visión amplia y comprensiva del fenómeno. El número de participantes será determinado mediante muestreo teórico, una técnica común en la teoría fundamentada que se ajusta a medida que emergen categorías y patrones en los datos. La recolección de datos se realizará utilizando entrevistas semi-estructuradas. La guía de entrevistas incluirá preguntas abiertas que permitan a los participantes reflexionar sobre sus experiencias y opiniones, generando datos ricos y detallados.

El proceso de recolección de datos se llevará a cabo en tres etapas:

Fase inicial (exploratoria): En esta fase se realizarán entrevistas iniciales con un pequeño número de participantes para familiarizarse con el contexto y las dinámicas

organizacionales. La información recabada en esta fase se utilizará para ajustar y refinar la guía de entrevistas para las etapas siguientes.

Fase de recolección central: En esta fase, se llevarán a cabo entrevistas a un mayor número de participantes.

Fase de saturación de datos: El muestreo y la recolección de datos continuarán hasta alcanzar la saturación teórica, es decir, hasta que los datos adicionales no ofrezcan nueva información significativa respecto al fenómeno estudiado (Strauss & Corbin, 1998).

El análisis de los datos se realizará mediante el proceso de codificación propio de la teoría fundamentada.

Para asegurar la validación y fiabilidad de los resultados, se utilizarán varias estrategias, como la triangulación de datos en función de las categorías emergentes.

RESULTADOS

En el presente estudio cualitativo sobre el aprendizaje organizacional, se ha explorado en profundidad cómo las organizaciones de diferentes sectores gestionan y fomentan procesos de aprendizaje, con el objetivo de identificar los factores que facilitan o dificultan la adquisición y aplicación de conocimientos dentro de sus estructuras. Utilizando el enfoque metodológico de la teoría fundamentada, los datos se han recolectado a través de entrevistas semi-estructuradas. Los resultados presentados a continuación emergen de un análisis riguroso de los patrones y categorías identificados a partir de las experiencias y percepciones de los participantes, tanto en niveles operativos como estratégicos. Este análisis ha revelado las principales barreras, recursos y prácticas que influyen en la efectividad del aprendizaje organizacional, así como las estrategias implementadas por las organizaciones para superar los desafíos relacionados con la gestión del conocimiento y la innovación.

A través de los hallazgos obtenidos, se busca no solo ofrecer una visión clara de cómo se lleva a cabo el aprendizaje organizacional, sino también proporcionar recomendaciones prácticas que puedan ser aplicadas en diferentes contextos empresariales para fortalecer las capacidades de aprendizaje continuo. Los resultados que a continuación se exponen permitirán contribuir a la discusión sobre la importancia del aprendizaje organizacional en el desarrollo y sostenibilidad de las empresas en un entorno dinámico y competitivo. La tabla 1, se presentan las categorías emergentes de las entrevistas realizadas a profundidad, con su definición contextual, el ejemplo y la referencia al informante respetando la confidencialidad.

Tabla 1 Categorías emergentes

Categoría	Definición	Ejemplo	Referencia
Principio de delegación.	Atribuir responsabilidades.	"Ser un gerente"	E.1 (R3-4)
Motivación.	La gestión de incentivos.	"Pagos de horas extras"	E.1 (R7-8-9)
Aprendizaje.	Forma de transmisión de conocimiento.	"si, pero el manual que se da te dice las actividades que desempeñarás."	E1 (R12-13)
Capacitación.	Forma de transmisión del conocimiento.	"si, constantemente, pero solo cuando hay un rediseño."	E1 (R14-15)
Aprendizaje.	Experiencia personal.	"Aprendes a manejar los nervios de las personas."	E1(R18-19)
Trabajo en equipo.	Forma de motivación.	Las personas normalmente cuando ven que sus opiniones son tomadas en cuentas se da una especie de motivación.	E1(R21-22)
Ambiente laboral.	Políticas y procesos.	"El entorno lo manejamos nosotros"	E1(R-24)
Manuales de puesto.	Forma de transmisión de conocimiento.	"si, porque por eso existen los manuales."	E1(R25-26)
Disciplina.	Evaluación del puesto.	"Además de una periódica evaluación o revisión que de manifiesto a fin de evitar problemas de las relaciones."	E1(R28-29)

Nota: Elaboración propia

El siguiente paso consistió en la clasificación de las categorías emergentes en función de su profundidad, respecto del tema del aprendizaje organizacional, Tabla 2.

Tabla 2 Clasificación de las categorías

Categoría núcleo	Categoría	Sub categoría	Sub categoría
Aprendizaje	Manuales de puesto	de Trabajo en equipo	Disciplina
	Capacitación	Motivación	Ambiente laboral
	Principio de delegación		

Nota: elaboración propia

Los resultados de la primera encuesta nos arrojan al aprendizaje como categoría núcleo, así como en consecuencia las formas de aprendizaje en la organización como lo son los manuales de puesto, capacitación y principio de delegación, Tabla 3.

Tabla 3 Categoría Núcleo Aprendizaje

Ambiente laboral.	Cooperación propia	"Buena, siempre se maneja un ambiente de confianza para que las personas se puedan desenvolver y así aporten para la mejora."	E2(R1-2)
Reconocimiento.	Evaluación del puesto.	"Reconociendo sus esfuerzos y sus acciones"	E2(R3)
Disciplina.	Mejora continua.	"Ya que todos los días son diferentes y todos los días hay oportunidad de aprender cosas nuevas y enriquecer procesos."	E2(R4-5)
Capacitación.	Mejora continua.	"Si, se capacita a la gente a veces previa."	E2(R6)
Valores.	Experiencia personal.	"Aprendí la importancia de la puntualidad, la paciencia y la tolerancia."	E2(R7)
Disciplina.	Experiencia personal.	"Si, sobre todo la parte de la organización y la puntualidad, hay detalles en mi vida laboral que me han enseñado que sin estas dos."	E2(R9-10)
Flexibilidad	Cooperación propia	"Siempre estamos abiertos a propuestas y a cambios. Y a reconocer y agradecer el desempeño ajeno."	E2(R11-12)
Trabajo en equipo.	Mejora continua.	"Se trasmite de boca en boca y de manera vivencial."	E2(R13)
Aprendizaje.	Mejora continua.	"Si, el aprendizaje organizacional es vital para la vida de las personas y las empresas."	E2(R14-15)
Reconocimiento.	Experiencia personal.	"El aprendizaje organizacional mejora tus procesos reduce los tiempos y maximiza los resultados."	E2(R16-17)

Nota: elaboración propia.

DISCUSIÓN

Con la tabla de categorías 1,2 y 3 ya referidas se concluye que la flexibilidad en el empleo (sea encargado, empleado, empresario o emprendedor) el aprendizaje llega cuando se puede “opinar” o “aportar” y de esa manera los trabajos en equipo pueden

tener ideas creativas, diferentes innovadoras que fluyan a beneficio de la organización y la eficiencia y eficacia del equipo multidisciplinario.

Los manuales de puesto son muy útiles para mantener una disciplina constante y un registro útil de las actividades que se desarrollan dentro de la organización dando espacio a la mejora continua.

Los valores en combinación con la disciplina, la flexibilidad con el aprendizaje sostuvo que la **hipótesis afirmativa** se hace evidente con las sub-categorías anteriores; como lo son la:

- Motivación
- Principio de delegación
- Reconocimiento

Los trabajadores, empresarios o emprendedores que han aplicado la flexibilidad para el aprendizaje, denotan un alto índice de motivación, emprendimiento y ganas de trabajar en equipo con el fin de mejorar la organización.

La flexibilidad es causa aprendizaje y de ellos se deriva el principio de delegación, trabajo en equipo, la motivación y los valores

En consecuencia, “ambiente laboral” positivo en el trabajo en equipo y “reconocimiento” en la motivación.

LITERATURA CITADA

- Argyris, C., & Schön, D. A. (1978). *Organizational learning: A theory of action perspective*. Addison-Wesley.
- Charmaz, K. (2014). *Constructing grounded theory* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Strauss, A., & Corbin, J. (1998). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128-152. <https://doi.org/10.2307/2393553>
- Garvin, D. A. (1993). Building a learning organization. *Harvard Business Review*, 71(4), 78-91.

- Huber, G. P. (1991). Organizational learning: The contributing processes and the literature. *Organization Science*, 2(1), 88-115.
<https://doi.org/10.1287/orsc.2.1.88>
- Kotter, J. P. (1996). *Leading change*. Harvard Business Review Press.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation*. Oxford University Press.
- Schein, E. H. (2010). *Organizational culture and leadership* (4th ed.). Wiley.
- Senge, P. M. (1990). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization*. Doubleday. 4o mini.

EL COEFICIENTE DE CULTIVO “KC”, COMO HERRAMIENTA PARA NUTRICION EN FRESA

Luis Febronio Díaz-Espino¹, Talina Olivia Martínez-Martínez¹, Luis Eduardo Cossío-Vargas¹, Villalobos Reyes Salvador¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, km 6.5., Carr. Celaya-San Miguel de Allende 38110, Celaya Guanajuato, México. [✉]autor de correspondencia: diaz.luis086@gmail.com

RESUMEN

En el cultivo de trigo existe una estrecha relación con los calendarios de riego, volúmenes de agua y dosis de fertilizante, en especial con nitrógeno, por lo que se hizo necesario una herramienta para calcular las dosis de fertilización empleando los valores del “Kc”, que se calcula con la formula NPK y $ET_c = K_c * ET_r$, donde ET_c es la evapotranspiración del cultivo (mm de agua), el K_c es el coeficiente de cultivo (adimensional) y ET_r es la evapotranspiración de referencia (mm de agua), pero en lugar de ET_c , y ET_r se emplean los kilogramos de nutrimento, ya sea de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K). Esta herramienta solo fue experimental hasta el año 2013 y que se utilizó para producción comercial de fresa, para corregir el desorden de nutrición en siembras comerciales en la localidad de Luis Moya, Zacatecas, México, donde las dosis de N llegaron hasta valores de 700 unidades, 500 de P y 900 de K. Solo se utilizó el “Kc”, para el elemento N y se dejó la recomendación de INIFAP para P y K 150-150 (Dávalos *et al.*, 2016). Se encontró que los mejores tratamientos N-P-K fueron 140-150-300, 280-120-60 y 190-71-207-84 Ca-13 Mg. Estos resultados contribuyen a los fundamentos para la producción de fresa bajo sistemas de fertilización.

Palabras clave: Fresa, Kc, fertilidad, Nitrógeno, Fósforo, Potasio.

ABSTRACT

In wheat cultivation there is a close relationship with irrigation schedules, water volumes and fertilizer doses, especially with nitrogen, then it was necessary to calculate the fertilization doses used the values of "Kc", which is calculated with the

formula NPK y $ET_c = K_c * ET_r$, where ET_c is the crop evapotranspiration (mm of water), K_c is the crop coefficient (dimensionless) and ET_r is the reference evapotranspiration (mm of water), but in this work ET_c and ET_r are kilograms of nutrient, either Nitrogen (N), Phosphorus (P) and Potassium (K). This tool was only experimental until 2013, after was used for commercial strawberry production to correct nutritional disorders in commercial crops in Luis Moya, Zacatecas, Mexico, where N doses reached values of 700 units, 500 of P and 900 of K. Only the " K_c " was used for the N element and the INIFAP recommendation for P and K was 150-150 (Dávalos *et al.*, 2016). It was found that the best N-P-K treatments were 140-150-300, 280-120-60 and 190-71-207-84 Ca-13 Mg. These results contribute to the foundations for strawberry production under fertilization systems.

Keywords: *Strawberry, K_c , fertility, Nitrogen, Phosphorus, Potassium.*

INTRODUCCIÓN

Para el manejo del cultivo de fresa es fundamental considerar el manejo de fertilización basados en el nivel de la fertilidad inicial en el suelo y también el aporte a través del agua de riego, ya que también el agua subterránea puede aportar nutrimentos para el cultivo (Díaz y Dávalos, 2015). Los fertilizantes de origen sintético u orgánico aportan nutrientes que influyen en el metabolismo de las plantas como iones o moléculas que finalmente se reflejan en el rendimiento y la calidad de los frutos (Tagliavini *et al.*, 2005); sin embargo, su uso indiscriminado puede contribuir contaminación de suelo y agua, aumento de la salinidad del suelo y agotamiento de recursos minerales (Klodd *et al.*, 2024). Una de herramienta adaptada para el cálculo de fertilización se aplicó en el Valle de Mexicali para trigo, donde se empezó a trabajar con los valores del " K_c " como una herramienta para calcular las dosis de fertilización NPK. Este tipo de instrumentos permite determinar el uso eficiente de la fertilización bajo sistemas de producción controladas y a campo abierto. Por otra parte, el manejo de plagas tanto insectos como patógenos influye en las características de producción y de calidad de los frutos, la tendencia actual es el uso de productos amigables al medio ambiente y que actúen con eficiencia sobre los problemas fitosanitarios (Díaz y Dávalos, 2015). El objetivo de este trabajo

fue determinar la dosis de NPK empleando el factor Kc para la producción de fresa bajo un esquema de agricultura protegida.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se llevó a cabo en condiciones de invernadero en el Campo Agrícola Experimental Bajío (20.5989°, -101.3406°), durante los ciclos 2023, 2024., iniciándose en la primera semana del mes de enero. Para realizar la fase experimental, se generaron plantas a partir de plántulas de la variedad San Andrea en greña (a raíz desnuda) traídas de campo de Tarandacuao, Guanajuato y Maravatío, Michoacán. El trasplante se realizó en macetas de capacidad de 4 L que previamente se desinfectaron en hipoclorito al 5%, posteriormente se llenaron con 3 L de sustrato compuesto con 1.47 kg de tezontle, 0.188 kg de peat moss y 0.15 kg de fibra de coco. La raíz de la planta se sumergió en una solución de 15 L de una solución compuesta de Agrygent® (0.2g L⁻¹, ingrediente activo: sulfato de gentamicina y clorhidrato de oxitetraciclina), Benomyl® (0.2 g L⁻¹, ingrediente activo: benomilo) y Tecto® (0.1 g L⁻¹, ingrediente activo: tiabendazol). En una primera fase de adaptación de los estolones (30 días aproximadamente) la nutrición fue basada en una solución nutritiva suave NPK (A) (Cuadro 1) y una solución quelatada con elementos menores y algunos mayores (B) (Cuadro 2).

Cuadro 1. Solución nutritiva suave A, para nutrición de plantas de fresa. Ciclo Primavera-verano, 2023. CEBAJ-INIFAP.

Solución concentrada a para 10 L de agua.	Peso en gramos
Fosfato monoamónico	340
Nitrato de calcio	2080

Cuadro 2. Solución nutritiva suave B, para nutrición de plantas de fresa. Ciclo Primavera-Verano, 2023. CEBAJ-INIFAP.

Elemento base quelatada para 6 L de agua	ppm
Magnesio	43.2
Nitrógeno	38.9
Fosforo	3.56
Boro	5.5
Cobre	15
Fierro	2
Manganeso	6.4
Molibdeno	546

Para evitar clorosis en las plantas los tratamientos que se aplicaron se indican en los Cuadros 3 y 4. Los riegos de las soluciones se realizaron cada tercer día, aproximadamente 300 cc diarios por maceta durante todo el ciclo de producción.

Cuadro 3. Solución nutritiva artesanal biológica, para nutrición de plantas de fresa. Ciclo Primavera-Verano, 2023. CEBAJ-INIFAP.

Elemento	Concentración %
Nitrógeno	10
Fosforo	3
Potasio	4
Algas	32
Activador fisiológico	8
Enzimas	10
Nutrientes	10
Humus	10
Aminoácidos	10
Microorganismos	10
Guano	10

Cuadro 4. Solución nutritiva foliar de Bayfolan®, para nutrición de plantas de fresa. Ciclo Primavera-Verano, 2023. CEBAJ-INIFAP.

Elemento	Concentración %
Nitrógeno	11.478
Fosforo	8
Potasio	6
Boro	0.036
Cobre	0.040
Fierro	0.050
Molibdeno	0.005
Zinc	0.080
Clorhidrato de tiamina	0.004
Azufre	0.230
Calcio	0.025
Cobalto	0.002
Manganeso	0.036
Magnesio	0.025
Acidoindol acético	0.003

El control de plagas se realizó aplicando fungicidas e insecticidas en función de la aparición de hongos o insectos, estos productos como Benomilo® (2 g L⁻¹), Captan® (2 g L⁻¹), Tiofanato metílico® (2 g L⁻¹), Forum® (1 g L⁻¹), Agrygent® (2 g L⁻¹) y Abamectina® (2 g L⁻¹).

Los tratamientos experimentales se diseñaron de acuerdo con la Matriz Experimental Plan Puebla I (1975) (Cuadro 5), la distribución de las dosis mensuales/semanales fue basándose en el Kc de la fresa en su ciclo de producción (Cuadro 6), que se obtuvieron por el programa Raspawin (2013).

Cuadro 5. Tratamientos experimentales de nutrición al sustrato con plantas nuevas de fresa. Ciclo Primavera-Verano, 2023-2024. CEBAJ-INIFAP.

Tratamiento	NPK
T1	280-120-60
T2	280-150-150
T3	210-200-300
T4	280-200-300
T5	140-200-250
T6	280-300-300
T7	210-200-200
T8	140-200-300
T9	140-150-300
T10	60-60-60
T11	170-71-207-Ca 87- Mg 13

Cuadro 6. Valores de Kc para fresa, Ciclo Primavera-Verano, 2023-2024. CEBAJ-INIFAP (Raspawin 2013).

Mes	Kc
Septiembre	0.61
Octubre	0.79
Noviembre	0.91
Diciembre	0.98
Enero	1

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 7 se muestra el mejor tratamiento N-P-K (140-150-300) con relación al efecto del “Kc” sobre la dosis mensual y diaria para los elementos Nitrógeno,

Fósforo y Potasio en la base de 60 mil plantas por hectárea, por lo que se tendrá que hacer un ajuste si se incrementa la densidad de población. Nótese que al aplicar esta herramienta las desviaciones de la cantidad calculada sobre la recomendación total no son significativas y esto permite la aplicación de los nutrientes en la fertirrigación de manera diaria o en espacios de cada tercer día o de otra forma según la consideración del técnico que está manejando el cultivo según el contenido porcentual de la humedad en el suelo y el aspecto de estrés en la planta.

Cuadro 7. Valores de dosificación diarias de los nutrientes de Nitrógeno, Fósforo y Potasio por cálculo del “Kc” para fresa. Tratamiento 140-150-300. Ciclo Primavera-Verano, 2023. CEAJ-INIFAP.

MES	Nitrógeno	Fósforo Dosis/planta/día/gramo	Potasio
1	0.047	0.051	0.102
Septiembre	0.014	0.015	0.030
Octubre	0.009	0.010	0.020
Noviembre	0.005	0.006	0.012
Diciembre	0.000	0.000	0.000
Enero	0.000	0.000	0.000
Febrero	0.000	0.000	0.000
Marzo	0.000	0.000	0.000
Abril	0.000	0.000	0.000
Mayo	0.000	0.000	0.000

El análisis estadístico sobre los rendimientos indicó que no existió diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (Figura 1), sin embargo, esto no significa que se escoja cualquier dosis de nutrición de una forma indiscriminada, ya que el análisis sobre la confianza y residualidad negativa de medias mostró que los mejores tratamientos N-P- K son: 140-150-300, 280-120-60 y 190-71-207-84 Ca-13 Mg. Dado los límites de confianza y valores residuales se escogió como el tratamiento sobresaliente al 140-150-300, con 26 g /planta en promedio de veinte cortes de frutilla de fresa.

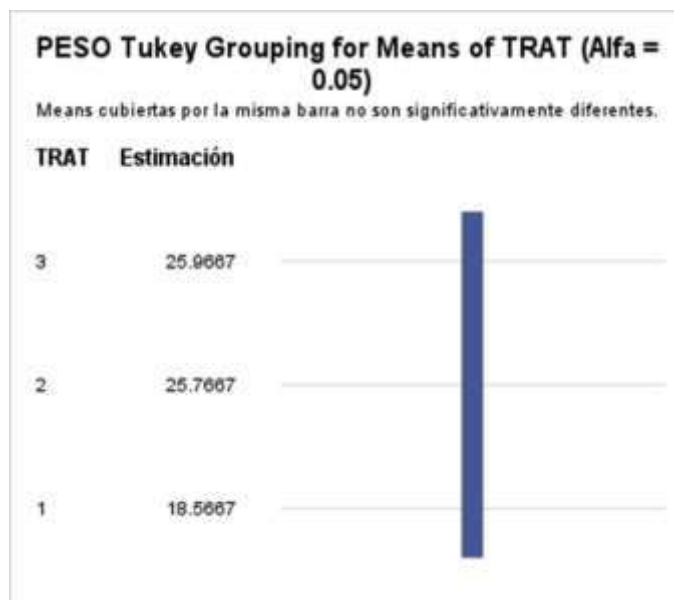


Figura 1. Estimación de rendimiento por tratamiento experimental.

En la Figura 2 se muestra la respuesta del rendimiento de fresa en función de la aplicación de Nitrógeno, se observará que entre 140 y 210, kilogramos/ha no existen diferencia y el umbral es de 210 kg, a partir de ahí se reduce la producción (Figura 2). Para el caso de fósforo, la mejor dosis es de 150 kg/ha, y de ahí en adelante existirá reducción en el rendimiento. Para Potasio, también se observa que a partir de 150 kg/ha la producción de frutilla desciende.

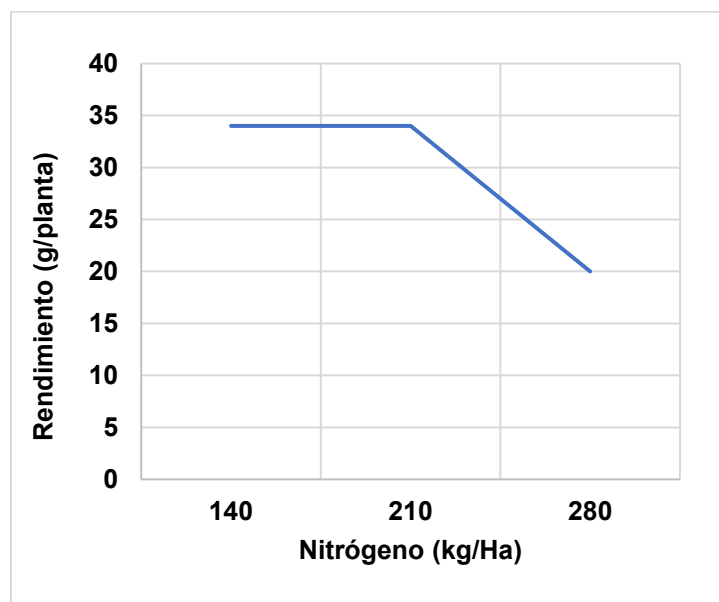


Figura 2. Efecto de la dosis de Nitrógeno en el rendimiento de fresa

Dado lo anterior se puede establecer que agregar más nutrimentos de lo requerido no se traduce en un aumento del rendimiento, sino que se pueden obtener reacciones adversas que se reflejan no solo en la producción de la frutilla, sino también en su calidad (Díaz *et al.*, 2017).

También es muy importante aclarar, que para emitir una recomendación de nutrición no es una tarea fácil, ya que hay que tener un control muy estricto en las enfermedades abióticas y bióticas que se presentan en el ciclo de la planta, se refiere esto al control de plagas y enfermedades de la planta, las de carácter biótico, como virosis, bacterias y hongos en este caso principalmente *Fusarium* spp, utilizando productos como mayamagic y *Neopestaloptiosis* sp utilizando la aplicación de Trichodermas (Olivares *et al.*, 2023) y plagas chupadoras como chinches y ácaros, utilizando abamectina (Bújanos *et al.*, 2018) y productos orgánicos como lixiviados de chicalote (Villalobos 2023) y en el caso de abióticas principalmente deficiencias causadas por elementos menores (Díaz *et al.*, 2017).

CONCLUSIONES

Es claro que la obtención de la recomendación de fertilización 140-150-300, sustituye la recomendación para fresa de utilizar N-P-K, 280120-60, sin embargo, es necesario continuar la investigación para afinar la información sobre fósforo y potasio y elementos menores. Es necesario validar esta información en campo y generar una ficha técnica. Es importante promover el cultivo de fresa en agricultura sin suelo dada las condiciones de contaminación por agroquímicos y reciclamiento del agua de riego en la agricultura de campo.

LITERATURA CITADA

Bújanos, M. R., Marín, J. A., González. P. E., Villalobos, R. S., y Díaz. E. L.F. 2018. Manejo de Artrópodos-Plaga del cultivo de la fresa en la Región de El Bajío, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Centro, Campo Experimental Bajío Celaya, Guanajuato, México Folleto Técnico Núm. 12. https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content?/=4162

- Dávalos-González, P.A., R. Aguilar-García, L.F. Díaz Espino, A.E. Jofre-Garfias, L.A. Mariscal-Amaro, R. Bujanos-Muñiz, E. Lozoya-Gloria y M.G. López-Pérez. 2016. Tecnología para cultivar fresa en el estado de Guanajuato. Estudio San Quintín. 2010. <http://estudiosanquintin.blogspot.mx/>.
- Díaz, E. L.F., Dávalos, G. P. A. 2015. Tecnología de producción de fresas mexicanas en el estado de Guanajuato. Campo Agrícola Experimental Bajío. INIFAP. México. <https://www.researchgate.net/publication/381974792>
- Díaz, E.L. F., Dávalos, G. P. A., Jofre, y Garfias, A. E., Martínez, M. T. O. 2017. Fresa, Deficiencias y Síntomas Nutricionales “Una Guía Visual Para Fertilizar”. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Centro, Campo Experimental Bajío Celaya, Guanajuato, México. Folleto Técnico Núm. 36. <https://www.academia.edu/35313082/>
- Klodd A., Rosen C. y Tepe E. 2024. Manejo de nutrientes de fresa. Universidad de Minnesota. <https://es.extension.umn.edu/cultivo-de-fresas/manejo-de-nutrientes-de-fresa>).
- Raspawin. 2013. Programa para cálculo de riego. Departamento de irrigación Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, México. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/download/3084/6012/32086>.
- SAS. 2009. User's Guide of SAS (Statistical Analysis System) Version 9. SAS Institute Inc. Ninth Edition. Cary, North Carolina, USA. 550 p. https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/sasdoc_91/stat_ug_7313.pdf.
- Olivares-Rodríguez, G., Martínez-Martínez, O., Angeles-Nuñez, J.G., Díaz-Espino, L.F., Zarate, C. J. y Mondragón-Rojas, F.J. 2023. Evaluación de la inhibición in vitro del crecimiento de *Neopestalotiopsis* sp. Empleando cepas de *Trichoderma* sp. Revista tecnológica CEA. 8(23). <https://www.revistatecnologicacea.mx/revistas/revista23.pdf>.
- Pomares, F. 2008. La fertilización y la fertirrigación, programas de nutrición, influencia sobre la programación. Actas de Horticultura. 50, 133-143.

- Turrent, F. A., Laird, R.J. 1975. La matriz experimental Plan Puebla, para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. Escritos sobre la metodología de la investigación en productividad de agrosistemas. Colegio de Postgraduados, Chapingo.
- Villalobos, R. S. comunicación verbal. Campo Agrícola Experimental, del Bajío. CIR-CENTRO-INIFAP. Celaya, Gto. México

EL POSICIONAMIENTO DE LA CADENA AGROALIMENTARIA PORCINA COMO ELEMENTO DE GESTION DE LA INNOVACION

Gerardo Barrera Camacho^{1*}; Oswaldo Barrera Torres²; Maricruz Calderón
González²

¹Campo Experimental Uruapan-INIFAP, Av. Latinoamericana #1101, Col. Revolución Uruapan
Michoacán. C. P. 60150; ²Investigadores PSP.

*Autor de correspondencia: barrera.gerardo@inifap.gob.mx

RESUMEN

El sector agroalimentario en el mundo se ha transformado sustentado en la gestión tecnológica ante un entorno complejo y competitivo; la tecnología *per se* no es clave de productividad y competitividad, sino su capacidad de gestionarla, alinearla y armonizarla a sus funciones estratégicas. Las instituciones públicas, han incorporado este concepto como elemento estratégico que oriente su Misión. El objetivo fue posicionar la cadena, para derivar acciones a seguir y contribuir al logro del objetivo alimentario nacional. Se actualizó el posicionamiento al 2023 de 31 Estados, a partir del trabajo realizado en 2017, con base en la matriz conformada por los ejes: *Socioeconómico* y *Competitividad*, que dimensionan cuatro cuadrantes: I). Alta prioridad, II). De impulso, III). Sostenimiento y IV). Mantenimiento. El resultado fue de 27 Estados en Mantenimiento, dos en Impulso (Sonora y Yucatán) y dos de Sostenimiento (Guerrero y Tamaulipas). Los de Sostenimiento, requieren intervención gubernamental para que subsista por su importancia Socioeconómica. Por su parte, el Impulso necesita acciones de benchmarking en tecnología e innovación. La categoría de Mantenimiento, presentó un rango grande entre las UP, señalando el reto para fomentar su movilidad a Impulso. En conclusión se aportan opciones que demandan una gestión en innovación y tecnología y un benchmarking para fomentar la movilidad y/o mantener la cadena en su posicionamiento. Es necesario analizar los componentes del posicionamiento e identificar las causas de su situación y disponer de un Plan de Investigación, transferencia y difusión tecnológica.

Palabras clave: Instituciones públicas, Plan de investigación, Benchmarking.

ABSTRACT

The agri-food sector in the world has been transformed based on technological management in a complex and competitive environment; technology per se is not the key to productivity and competitiveness, but rather its ability to manage, align and harmonize it with its strategic functions. Public institutions have incorporated this concept as a strategic element that guides their Mission. The objective of the work was to position the pork agri-food chain, to derive actions to follow and contribute to the achievement of the national food objective. The positioning of 31 States was updated to 2023, based on the work carried out in 2017, based on the matrix made up of the axes: Socioeconomic and Competitiveness, which dimension four quadrants: I). High priority, II). Impulse, III). Sustenance and IV). Maintenance. The resulting positioning was 27 States in Maintenance, two in Impulse (Sonora and Yucatán) and two in Sustenance (Guerrero and Tamaulipas). Sustained pig farming requires government intervention to survive due to its socioeconomic importance. Regarding Impulse requires benchmarking actions in technology and innovation. The Maintenance category presented a large range among the UPs, which indicates the challenge to promote its mobility to Impulse. In conclusion, options are provided that demand management in innovation and technology and benchmarking to promote mobility and/or maintain the chain in its positioning. It is necessary to analyze the components of the positioning, to identify the causes of its situation and as a result have a Research, transfer and technological diffusion Plan.

Keywords: Public institutions, Research Plan, Benchmarking.

INTRODUCCION

Desde hace varias décadas las instituciones públicas han incorporado el concepto de la gestión de la tecnología e innovación como elemento estratégico que oriente su Misión y función social para el desarrollo sustentable agropecuario y forestal del país. La porcicultura en el país es una actividad importante, pues su producción de carne en canal en 2021, cita Zeferino García T. A. (2023), fue de 1'693,006.40 t procedente de Jalisco, Sonora, Puebla, Yucatán y Veracruz como los mayores

productores, esta carne es la segunda con mayor consumo nacional per cápita con 17.9 kg, después de pollo. Aunado que se exporta principalmente en canal y paletas, principalmente a Japón, China, Estados Unidos de América y Corea del Sur.

El sector agroalimentario en el mundo, señala Barrera C. G (2017), se ha transformado sustentado en la gestión tecnológica basada en demanda de innovación expresada en agendas de investigación y transferencia de tecnología como respuesta al empuje de demanda por alimentos e insumos, sin descuidar el desarrollo sustentable. Lo anterior, resalta con lo expresado por Terán Bustamante A, Dávila Aragón G, Castañón Ibarra R. (2019) y Terán Bustamante A, *et al* (2019), que las empresas se encuentran ante un entorno muy complejo y competitivo en la que la tecnología es un factor clave para su productividad y competitividad; por lo que, su gestión aporta su capacidad de mejorar sus procesos, de crear nuevos productos y/o servicios para entrar en nuevos mercados. Remarcando que para competir en mejores condiciones no es la tecnología *per se*, sino su capacidad para gestionarla, alinearla y armonizarla con sus funciones estratégicas, sin olvidar su entorno.

Con relación a la gestión pública, Rodríguez *et al.*, (2017), mencionan que a nivel mundial ha tenido una serie de transformaciones. Además, subraya que la innovación es un concepto con amplio desarrollo desde los años 50, principalmente el término y su vinculación a la empresa, y que es necesario eliminar la premisa común que sucede exclusivamente en el sector privado; por lo tanto, la innovación ha adquirido relevancia en este sector. Bajo este contexto, Dombrowski *et al.*, (2018) remarca que no es posible centrarse únicamente en una estrategia de competencia genérica debido a la situación dinámica de nuevos mercados; en consecuencia, las diferentes ofertas de productos deben reaccionar con estrategias específicas de mercado y de producto. Así que, factores estratégicos de éxito son indispensables, los cuales definen objetivos multidimensionales que precisan su posicionamiento. Sin embargo, Muñoz-Rodríguez y Altamirano-Cárdenas. (2008) señalaron que la pérdida de competitividad del sector agroalimentario mexicano, el deterioro de los

recursos naturales y la persistencia de la pobreza en el medio rural, difícilmente será superada si no se trasmuta del modelo lineal de innovación como enfoque adoptado y resaltan que la innovación es un proceso social en que múltiples actores o nodos, cada uno con diferentes recursos, capacidades y habilidades, que interactúan y co-desarrollan nuevos conocimientos con gran potencial para generar cambios creadores de riqueza.

Ante lo anterior, el sistema nacional de innovación y tecnología, instituciones públicas y privadas tienen el reto de contribuir con conocimiento y tecnología al desarrollo sustentable del país y derivar estrategias en el marco de la gestión de las mismas, Por lo que, el objetivo del trabajo fue conocer el posicionamiento de la cadena agroalimentaria porcina con base a sus factores determinantes, para que de ahí se deriven las acciones a seguir y contribuir al logro del objetivo nacional alimentario. Este tipo de trabajos se han realizado para orientar acciones prioritarias con fines de desarrollo, tal es el caso de UKaid y USAID. (2023) quienes priorizaron cadenas de valor, resaltando que proporciona la ruta para apoyar los esfuerzos para aumentar los ingresos de los agricultores, mejorar su autosuficiencia y su progreso de la subsistencia a insertarse a la producción comercial.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio.

Se parte del trabajo realizado por Barrera (2017), el cual posicionó y priorizó las cadenas agrícolas y pecuarias de cada entidad federativa del país. El presente trabajo sólo considera lo relacionado a porcinos y se actualiza su posicionamiento y prioridad. Se considera a Ghezán *et al.*, (1999), quienes enfatizan por el cambio de la orientación de la actividad productiva y del proceso de innovación tecnológica de empuje tecnológico “technology push” a uno de demanda tecnológica “demand pull”, lo que implica transformar el modelo de investigación de las instituciones de generación de tecnología.

El posicionamiento de la cadena.

El criterio adoptado es de las interrelaciones con los eslabones de la cadena: proveedores de insumos, transformación, servicios agropecuarios, distribución y consumo final. Se basa en la matriz conformada por dos ejes: **Socioeconómicos** (0-100) y **Competitividad** (0-100), los cuales dimensionan cuatro cuadrantes, como se muestra en la figura 1, **I**). Alta prioridad, **II**). De impulso, **III**). Sostenimiento y **IV**). Mantenimiento.

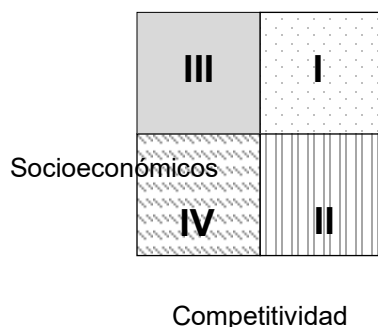


Figura 1. Matriz de posicionamiento

El eje Socioeconómico comprende: 1). Tamaño (valor de la producción, unidades de producción, número de productores, empleos generados), 2). Dinamismo (tendencia del valor, evolución de precios reales, evolución del empleo), 3). Especialización (coeficiente de especialización (Nal.), concentración estatal/país). En tanto Competitividad de 1). Productividad (rendimiento productivo, valor de la producción/ jornales o mano de obra), 2). Desempeño comercial (valor de las exportaciones estatales (estado/nacional), importaciones/consumo nacional y balanza comercial; estos componentes comprenden toda la cadena. La valoración de los componentes de los respectivos ejes son: *Socioeconómico* ($\Sigma 100$), Tamaño (30), Dinamismo (40) y Especialización (30); *Competitividad* ($\Sigma 100$), Productividad

(45) y Desempeño comercial (45). Las variables que forman los componentes toman valores con base a tres tipos: de tendencia (T), aportación y/participación (P) y de asignación (A), esta última con base a la percepción de “juicio de experto” de acuerdo con Valéria M, *et al* (2020), señala que “percepción”, se usa como acto cognitivo y acto moral; es decir, cómo se ve/interpreta o juzga la realidad: este trabajo apuesta, que el conocimiento técnico científico quien valora sea objetivo. La participación de expertos tanto de productividad, de mercados, transformación y sustentabilidad tecnológica fue por medio de GOOGLE Forms con preguntas sobre el impacto ambiental y capacidad resiliente de la tecnología utilizada en la producción e industrialización en la cadena agroalimentaria. Los datos provienen de fuentes de información secundarias como lo es SADER-SIAP, INEGI, Banco de México, Secretaria de Economía, Sistemas de información comercial, Censos ganaderos, OCDE, FAO, trabajos académicos y científicos del 2020 a 2023. El tratamiento de la tendencia (T) se estimó con regresión lineal categorizándola con base al valor de β_0 en creciente, decreciente o constante y se realiza un análisis estadístico de las unidades de producción (UP) porcícolas a nivel nacional y entre estados con el software SPSS de IBM. Con respecto a la P se realizaron los cálculos con una hoja Excel.

RESULTADOS Y DISCUSION

Fue posible posicionar la cadena porcina para cada entidad federativa, a excepción de Baja California. La capacidad para realizar esta tarea radicó en la disponibilidad de información, se atendió la cadena de valor en la serie de actividades que emprende desde productor hasta a nivel consumidor. Así como, su entorno macroeconómico, integración de la cadena y de mercado exterior. La respuesta para la valoración de expertos, respondieron 28 expertos de 36, lo que implica un porcentaje del 77 por ciento. Las categorías de posicionamiento se resumen en el cuadro 1, siendo 27 estados en Mantenimiento, 2 a Impulso y 2 de Sostenimiento.

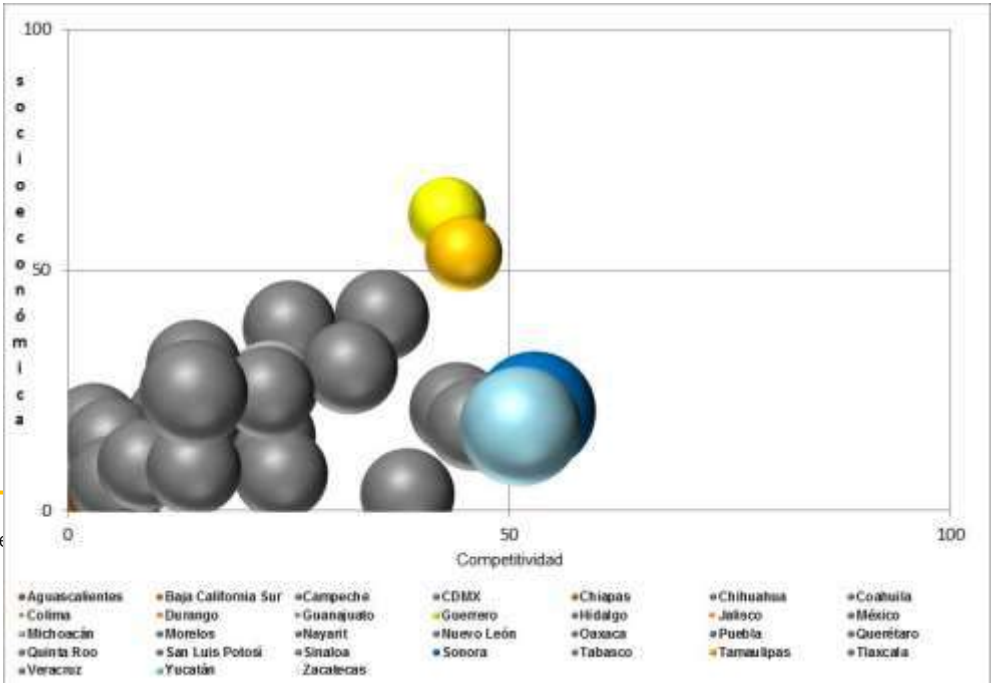
La mayor aglutinación del posicionamiento en Mantenimiento, es resultado de la situación del principal problema que enfrentó el sector porcícola mexicana a inicios de 2024, es el tema comercial, ya que la sobreoferta de carne de cerdo de Estados la

envía a nuestro mercado. Además, la crisis del 2023, de precios bajos del cerdo, altos costos operativos y exportaciones reducidas, se conjugaron con lo que enfrentaron el 2020 y 2021 y, posteriormente, granos básicos caros por el conflicto bélico entre Rusia y Ucrania, (Hernández, 2024).

Cuadro 1. Resumen por categoría del posicionamiento de la cadena porcícola, 2024.

Posicionamiento	Estados	
	Número	Nombre
Impulso	2	 Sonora,  Yucatán
Mantenimiento	27	 Resto de Estados
Sostenimiento	2	 Guerrero,  Tamaulipas

En la Figura 1, se aprecia la aglomeración de la categoría de posicionamiento señalada anteriormente y proporciona una idea de que eje, socioeconómico y competitividad, es el que domina para ello. La porcicultura de Sostenimiento, requiere intervención gubernamental para que subsista por su importancia Socioeconómica en Guerrero y Tamaulipas. Por su parte, el Impulso que requiere Sonora y Yucatán son acciones de benchmarking en tecnología e innovación, atienda el sistema de ciencia, para contribuir a colocarlos en estratégicos, cuadrante I, de alta importancia socioeconómica y competitividad.



El análisis de dispersión de datos agrupados, posicionamiento de Mantenimiento, los 31 datos, Estados, fueron válidos con un rango de 58.93 y 50.03 del eje Socioeconómico y Competitividad respectivamente, lo que indican una dispersión grande entre la porcicultura en los estados, tal que los valores mínimos y máximos para los Ejes referidos son 2.66 y 61.59 para Socioeconómico y 2.82 y 52.85 para Competitividad.

Cuadro 2. Análisis estadístico de rango de dispersión para % por raza de porcinos a nivel nacional y dentro de los estados del posicionamiento de la cadena porcícola, 2024.

Posicionamiento	Raza					
	Corrientes o criollos (CC)		Cruza de corrientes con fino (CcF)		Finos o de raza especializada (FE)	
	Nacional	En Estado	Nacional	En Estado	Nacional	En Estado
Mantenimiento						
Rango	11.01	46.81	13.46	19.37	10.39	31.81
Mínimo	0.12	7.60	0.28	37.12	0.19	12.34
Máximo	11.13	54.41	13.74	56.49	10.58	44.15
Sostenimiento						

Guerrero	19.31	47.78	10.40	3975	9.27	19.06
Tamaulipas	0.96	38.49	0.77	47.70	0.53	17.43
Impulso						
Sonora	1.45	43.89	0.67	31.17	1.14	28.68
Yucatán	1.45	29.20	1.69	39.95	2.84	36.16

Fuente: Cálculos propios con base a datos de INEGI, 2023.

Con relación al tipo de raza genética porcícola que explotan en la UP, el cuadro 2 presenta los estadísticos estimados. A nivel nacional se aprecia una dispersión alta para las tres genéticas porcícolas empleadas por porcicultores. En tanto que entre los estados la dispersión más alta la presenta la raza CC con un rango de 46.61, 26.91 y 15 para la Raza CcF y la raza FE respectivamente. Lo anterior implica que la genética porcícola manejada es la CcF a nivel nacional y entre los estados la CC se manifiesta en los índices productivos porcícola y explica en parte la situación reflejada en la matriz de posicionamiento de la cadena y visualiza, en parte, el impacto que puede tener la gestión de la tecnología e innovación para atender su demanda tecnológica. Con respecto al posicionamiento de Impulso y Sostenimiento, el cuadro 2 contempla que para el primero a nivel nacional domina la raza CC con 47.78 y 38.49 en Guerrero y Tamaulipas respectivamente; así como en Impulso en Sonora con 43.89. Yucatán con 39.95 de CcF y de raza FE con 36.16; sin embargo, se percibe que la Raza CC es también importante. Es común que la raza seleccionada se caracterice por elevado número de crías por parto, un corto intervalo generacional y la elevada heredabilidad de los caracteres de interés productivo, lo que se manifiesta en variables reproductivas, morfológicas y de calidad de canal y en consecuencia mayor rentabilidad económica.

CONCLUSIONES

El posicionamiento estratégico de la Cadena porcícola aporta opciones en los componentes de los ejes, que demandan una gestión en innovación y tecnología y,

por lo tanto, un benchmarking a atender para fomentar la movilidad y/o mantener la cadena en su posicionamiento, sin olvidar su alta dispersión de las UP.

La estructura productiva y condiciones de la cadena porcícola se manifiesta en el mayor número de Estados en condiciones de Mantenimiento.

Es necesario analizar los componentes del apasionamiento, para identificar las causas de su situación y como resultado disponer de un Plan de Investigación, transferencia y difusión tecnológica.

AGRADECIMIENTOS

Al INIFAP por el apoyo financiero del proyecto Posicionamiento Estratégico de Cadenas Agroalimentarias/Agroindustriales.

LITERATURA CITADA

Barrera, C. G. 2017. Posicionamiento de Cadenas Agroalimentarias/Agroindustriales en México: “Soporte metodológico para el diseño y elaboración de Planes Estratégicos Estatales 2017”. Informe Final Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Documento Interno sin publicar. 150 p.

Dombrowskia Uwe, Krenkela Philipp, Wullbrandta Jonas. 2018. Strategic Positioning of Production within the Generic Competitive Strategies. Procedia CIRP 72 1196–1201. 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems. Available online at www.sciencedirect.com Published by Elsevier B.V. Peer-review under responsibility of the scientific committee of the 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems.

Ghezán, G., S. Brieva y L. Iriarte. 1999. Análisis Prospectivo de la Demanda Tecnológica en el Sistema Agroindustrial. La Haya, Países Bajos: Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional (ISNAR). 85 p. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/14816>

- Hernández Cárdenas, H. 2024. Os, una ventana a 2024, el trabajo en sinergia y la crisis del sector; los temas en el primer "Porkast" de ADM. Porcicultura febrero. <https://www.porcicultura.com/destacado/la-porcicultura-mexicana-los-retos-una-ventana-a-2024-el-trabajo-en-sinergia-y-la-crisis-del-sector-los-temas-en-el-primer-porkast-de-adm>
- IBM, s. a. SPSS STATISTICS 28 Brief Guide. 90 p. https://www.ibm.com/docs/en/SSLVMB_28.0.0/pdf/IBM_SPSS_Statistics_Brief_Guide.pdf
- INEGI. 2023. Censo Agropecuario (CA). Información económica, Tabulados de Unidades de Producción Agropecuaria. <https://www.inegi.org.mx/programas/ca/2022/#tabulados>
- Terán Bustamante A, Dávila Aragón G, Castañón Ibarra R. 2019. Gestión de la tecnología e innovación: un Modelo de Redes Bayesianas. Econ: teor. práct no.50 México. <https://doi.org/10.24275/etypuam/ne/502019/teran>
- Muñoz-Rodríguez, Manrribio; Altamirano-Cárdenas, J. Reyes. 2008. MODELOS DE INNOVACIÓN EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO MEXICANO Agricultura, Sociedad y Desarrollo 5 (2), 185-211.
- Rodríguez Fernández O. S., Cerda y Meneses H. S. 2017. INNOVACIÓN EN LA GESTIÓN PÚBLICA. EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA Y SU MODELO DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN. GESTION de la INNOVACION para la COMPETITIVIDAD. XVII Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica ALTEC 2017. PAPER 245. Octubre de 2017. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.uam.mx/altec2017/pdfs/ALTEC_2017_paper_245.pdf](https://www.uam.mx/altec2017/pdfs/ALTEC_2017_paper_245.pdf). www.elsevier.com/locate/procedia, 2212-8271 © 2018 The Authors. 10.1016/j.procir.2018.03.007
- UKaid and USAID. 2023. Agricultural Value Chains Strategic Positioning Paper. Livelihoods and Resilience Sector Working Group. 27 p. Disponible en <https://reliefweb.int/report/uganda/livelihoods-and-resilience-sector-working-group-agricultural-value-chains-strategic-positioning-paper>

- Valéria M, Suzana U, Edneusa L S, Geisly K. 2020. Environmental Perception: Notes on Transdisciplinary Approach. Sci J Biol & Life Sci. 1(2). SJBLS.MS.ID.000511. <http://dx.doi.org/10.33552/SJBLS.2020.01.000511>. <https://irispublishers.com/sjbls/fulltext/environmental-perception-notes-on-transdisciplinary-approach.ID.000511.php>
- Zeferino García T. A. 2023. PESTE PORCINA AFRICANA 2010-2022: ESTUDIO DE REVISION. UNAM, TESIS MÉDICA VETERINARIA ZOOTENISTA. Ciudad Universitaria, CD. MX. 109 p. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000839133/3/0839133.pdf>

EMERGENCIA DE PLÁNTULAS EN CAMPO Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE MAÍZ

Rocío E. Hernández Caldera¹; Miguel A. Avila Perches¹; Alfredo J. Gámez Vázquez¹; Mirna Bobadilla Melendez¹; José R. A. Dorantes González¹; J. José García Rodríguez

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y pecuarias.

hernandez.rocio@inifap.gob.mx

RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) es de gran importancia económica a nivel mundial. En México, es el cultivo más importante desde el punto de vista alimenticio, económico, industrial y social. La emergencia y establecimiento de un cultivo en campo es un parámetro importante clave para la producción y está relacionado con la calidad de semilla. La calidad fisiológica está determinada por la germinación y el vigor de la semilla características que determinan el potencial para una emergencia rápida y uniforme de plántulas en campo. El objetivo de este trabajo es conocer la asociación de las características de calidad física y fisiológica con el comportamiento de la emergencia en campo en progenitores de maíz para contribuir al desarrollo de tecnología de progenitores para la producción de semilla. Se evaluaron tres híbridos trilineales, sus líneas endogámicas y sus cruza simples progenitoras en 2018 y 2019 en la localidad de Coatlinchán, Estado de México, en el ciclo de primavera-verano, bajo condiciones de riego. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. En campo se evaluó el índice de velocidad de emergencia (IVE) y la emergencia total (ET); bajo condiciones de laboratorio se evaluó la calidad física (peso de mil semillas, PMS y peso hectolítrico, PH) y fisiológica con las pruebas de germinación estándar (GE), germinación y peso seco de plántula después de envejecimiento acelerado, GEA y PSPEA respectivamente, así como germinación y peso seco de plántula después de prueba de frío, GPF y PSPF respectivamente. Como resultado, las variables con mayor correlación con la ET fueron el IVE, PV, PMS y GE. La correlación de Pearson y el análisis de

componentes principales presentaron resultados similares en relación a la correlación de las variables.

Palabras clave: *Zea mays*, progenitores, emergencia, calidad física, calidad fisiológica.

ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L.) is of great economic importance worldwide. In Mexico, It is the most important crop from a nutritional, economic, industrial and social point of view. The emergence and establishment of a crop in the field is an important key parameter for production and is related to seed quality. Physiological quality is determined by germination and seed vigor, characteristics that determine the potential for rapid and uniform emergence of seedlings in the field. The objective of this work is to know the magnitude or association of physical and physiological quality characteristics with the behavior of field emergence in corn parents to contribute to the development of parent technology for seed production. Three hybrids three-way, their inbred lines and their simple parental crosses were evaluated in 2018 and 2019 in the town of Coatlinchán, Estado de México in the spring-summer cycle, under irrigation conditions. A randomized complete block experimental design with three repetitions was used. In the field, the emergence velocity index (EVI) and total emergency (TE) were evaluated; under laboratory conditions, physical quality (weight of one thousand seeds, WTS and hectolitic weight, HW) and physiological quality were evaluated with the tests of standard germination (SG), germination and dry weight of seedling after accelerated aging, GEA and DWSAA respectively, as well as germination and dry weight of seedling after cold test, GCT and DWSCT respectively. As a result, the variables with the highest correlation with TE were EVI, HW, WTS, and SG. Pearson's correlation and principal component analysis presented similar results in relation to the correlation of the variables.

Keywords: *Zea mays*, parents, emergence, physical quality, physiological quality.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales económicamente más importantes en el mundo, en México es la base de la alimentación; por lo que su producción es prioridad para el país. En la producción de cualquier cultivo la calidad de semillas es un parámetro importante relacionado a la velocidad y establecimiento exitoso de plántulas en campo aspecto clave y prioritario para la producción de grano de maíz; el vigor de la semilla es una característica que determina el potencial para una emergencia uniforme de las plántulas y el establecimiento de cultivos; la emergencia total en campo dependerá de la germinación de plántulas normales, basado en la prueba de germinación realizada a la semilla bajo condiciones ambientales ideales de humedad, luz y temperatura; prueba estandarizada base para la comercialización de semillas pero ineficiente bajo condiciones de campo, por las condiciones diferentes de los factores. Por estos aspectos las pruebas de vigor son muy importantes, porque están relacionadas con el comportamiento bajo estrés simulando las diferentes condiciones ambientales adversas que se presentan en el campo. Existen métodos muy utilizados para medir la relación estadística entre dos variables como las correlaciones de Pearson que se han utilizado en variables de calidad fisiológica (Caiubi Pereira *et al.*, 2019) y los Análisis de Componentes Principales que son eficientes para medir esta correlación entre variables (Fernández-Chuairey *et al.*, 2022). La información sobre la correlación entre variables de calidad física y fisiológica de semilla con la emergencia en campo es escasa utilizando progenitores e híbridos para que los obtentores y productores de semilla utilicen para lograr buenos rendimientos del cultivo, por tal razón el objetivo de este trabajo es determinar la correlación de los caracteres de calidad fisiológica y física e identificar los que están más asociados con la emergencia en campo y comparar las metodologías de correlación de Pearson y componentes principales.

MATERIALES Y MÉTODOS

En 2018 y 2019, se evaluaron tres híbridos trilineales y sus progenitores: H-70 (M-55, M-54, M-55xM-54, CML-242), H-66 (M-43, M-44, M-43xM-44, M-52) y H-44 (M-47, M-46, M-47xM-46, M-48); en total se incluyeron 3 híbridos, 9 líneas

endogámicas y 3 cruza simples; en el Campo Experimental Valle de México, en la localidad de Coatlinchán, Estado de México. El suelo de la localidad es tipo franco arenoso presenta un contenido de N y P moderadamente alto; materia orgánica moderadamente alta. La siembra se realizó en el ciclo primavera-verano el 11 mayo en 2018 y 9 de mayo en 2019, la densidad de población fue de 65,000 plantas por ha, se fertilizó con la fórmula 150-70-00 (NPK). Los ensayos se condujeron bajo condiciones de riego en los dos años de estudio; el control de plagas se realizó de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, la unidad experimental fue de cuatro surcos de 5 m de largo, y 0.86 m de distancia entre surcos, la parcela útil fueron los dos surcos centrales. Los datos en porcentaje se transformaron mediante la función de arcoseno $\sqrt[2]{x}$.

Las variables evaluadas fueron: 1) índice de velocidad de emergencia (IVE). Se llevaron a cabo conteos diarios del número de plántulas emergidas por surco, de los 8 a los 15 días después del establecimiento del experimento y se calculó de acuerdo con la fórmula de Maguire (1962); 2) Emergencia total (ET), se consideró el último conteo (15 días después del establecimiento del experimento) total de plántulas emergidas entre el número total de semillas sembradas y se expresó en porcentaje.

En la calidad fisiológica 1) Germinación estándar (GE) se realizó de acuerdo a las recomendaciones de la ISTA (2005); excepto que se utilizaron cuatro repeticiones de 25 semillas por parcela experimental; en las tres pruebas se usó el método entre papel, los rollos se ubicaron en un cuarto de germinación, a una temperatura de 25 °C. Siete días después se evaluó la germinación, determinando las plántulas normales con base en aquellas que tenían raíz, coleóptilo y hojas bien desarrolladas, sanas y sin malformaciones; y se expresó en porcentaje. 2) Prueba de frío (GPF), se utilizó la metodología mencionada en la germinación estándar, sólo que inicialmente los rollos se colocaron en un refrigerador por 7 días a 10 °C (Burris y Navratil, 1979), transcurrido este tiempo, se colocaron en el cuarto de germinación, a una temperatura de 25 °C por 7 días y se evaluó la germinación. 3). Envejecimiento acelerado (GEA), se realizó con la modificación a la prueba original

propuesta por Rincón (1989). Las semillas se sometieron a temperatura de $42^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y 100% de humedad relativa durante 48 h, en una cámara germinadora; después se colocaron en el cuarto de germinación, a una temperatura de 25°C por 7 días y se evaluó la germinación. 4. Peso seco de plántula, al final de la prueba de la germinación estándar (PSPGE), prueba fría (PSPPF) y envejecimiento acelerado (PSPEA), se evaluó el peso seco de plántula, el cual se obtuvo utilizando la parte aérea de las plántulas normales, se colocaron en bolsas de papel perforadas a 40°C por 72 hrs.

Para la calidad física se determinó el peso de mil semillas (PMS) en gramos, de acuerdo a la ISTA (2005); el peso hectolítrico (PH) se determinó en una báscula marca OHAUS® y se expresó en kg hL^{-1} .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de correlación de Pearson se observó que los rasgos mostraron una correlación positiva significativa con la ET y IVE a excepción de la GEA (Cuadro 1); GE no presentó correlación significativa con PMS y PH; y PH no presentó correlación con GEA, así como GEA con PSPEA. Las variables que mostraron una mayor correlación con la ET fueron el IVE ($r=0.95$), PH ($r=0.75$), PMS ($r=0.67$), variables de calidad física; y con GE ($r=0.64$); y en la GPF ($r=60$). Hinkle *et al.* (2003) considera que existe una fuerte relación lineal entre dos variables con valores superiores a 0.8; sin embargo, también se consideran como valores aceptables 0.6 y 0.7 (Gonçalves *et al.*, 2017). Pérez- Mendoza *et al.* (2006) reporta un comportamiento similar donde el peso de 1000 semillas y la velocidad de emergencia fueron dos de los principales parámetros que explicaron el comportamiento en campo. El IVE presentó tendencia similar, su mayor correlación fue con PH ($r=0.78$), PMS ($r=0.61$), variables de calidad física; y con GE ($r=0.71$) y en GPF ($r=62$). En relación a la variable de germinación estándar resultados contrastantes han sido reportados por Caiubi Pereira *et al.* (2019) quien afirma que las condiciones de esta prueba difícilmente se dan en campo. En relación a la prueba de frío comparándola con la de envejecimiento acelerado, Lovato *et al.* (2005) encontró resultados con el mismo comportamiento, la prueba de frío tuvo

una mejor correlación con la germinación en campo en relación al envejecimiento acelerado. Sin embargo, varios autores mencionan que el comportamiento de campo depende del potencial genético de las variedades (Pérez-Mendoza *et al.*, 2006).

Cuadro 1 Matriz de coeficientes de correlación simple (r) de las variables de calidad fisiológica y física de progenitores e híbridos de maíz. 2018-2019.

Variables	ET	IVE	PMS	PH	GE	PSPGE	GPF	PSPF	GEA	PSPEA
ET	1.00									
IVE	0.95**	1.00								
PMS	0.67**	0.61**	1.00							
PH	0.75**	0.78**	0.57*	1.00						
GE	0.64**	0.71**	0.40ns	0.51ns	1.00					
PSPGE	0.52*	0.57*	0.67**	0.57*	0.67**	1.00				
GPF	0.60*	0.59*	0.62**	0.69**	0.72**	0.78**	1.00			
PSPF	0.58*	0.62**	0.70**	0.69**	0.64**	0.90**	0.83**	1.00		
GEA	0.48ns	0.46ns	0.59*	0.44ns	0.68**	0.71**	0.79**	0.72**	1.00	
PSPEA	0.46ns	0.55*	0.59*	0.62**	0.58*	0.85**	0.58*	0.75**	0.37ns	1.00

*, **, ns: $p < 0.05$, $p < 0.01$ y $p > 0.05$, respectivamente. ET: emergencia total, IVE: índice de velocidad de emergencia, PMS: peso de mil semillas, PH: Peso hectolítrico, GE: porcentaje de germinación estándar, PSPGE: peso seco de plántula en la prueba de germinación estándar, GPF: porcentaje de germinación en la prueba de frío, PSPPF: peso seco de plántulas en la prueba de frío, GEA: porcentaje de germinación en la prueba de envejecimiento acelerado, PSPEA: peso seco de plántula en la prueba de envejecimiento acelerado.

En el análisis de componentes principales (Cuadro 2), se observó que el CP1 explica el 68 % y el CP2 el 11 % de la variabilidad total de los datos originales; por lo que en conjunto explican el 79% de la variabilidad total medida de las variables. Con base en el valor absoluto de los vectores propios se determinó la importancia de las variables dentro de cada componente; el PSPPF en el componente 1 y ET en el componente 2, fueron las variables con mayor ponderación en cada uno de los componentes (0.3489 y 0.5248 respectivamente), variables no correlacionadas. La variable de PSPPF (0.3489) está correlacionada con PSPGE (0.3393) y GPF (0.3374) sobresaliendo en el CP1 con los mayores valores característicos positivos;

mientras que en el CP2 las variables de ET (0.5248) e IVE (0.4968) por lo que las variables de calidad fisiológicas sobresalen en ambos componentes.

En la Figura 1, se presenta el biplot para el CP1 y CP2, donde se observan 3 grupos; en el cuadrante I las variables de calidad fisiológica IVE y ET, presentan una fuerte asociación directa; seguida del PH que fue la variable que más se asoció con la ET después del IVE; sin embargo no se agrupó con otras variables; la variable de calidad física PMS ubicada en el cuadrante I presenta una fuerte asociación con la variable de calidad fisiológica GE ubicada en el cuadrante IV. Las variables de calidad fisiológica GPF y PSPPF aparecen muy cerca una de la otra, formando el tercer grupo, en el cuadrante IV; en el resto de las variables no se observa una relación lineal directa significativa.

Cuadro 2 Análisis de componentes principales de las variables de calidad física y fisiológica de semilla de maíz. Coatlinchán, Estado de México, 2018-2019.

Variables	Componentes	
	CP1	CP2
ET	0.3095	0.5248
IVE	0.3187	0.4968
PMS	0.2995	0.0243
PH	0.3094	0.3276
GE	0.3059	-0.0335
PSPGE	0.3393	-0.3463
GPF	0.3374	-0.2070
PSPPF	0.3489	-0.2401
GEA	0.2916	-0.3543
PSPEA	0.2966	-0.1508
Valor propio	6.8214	1.0548
% de varianza acumulada	68	79
Nombre del componente	Peso seco de plántula después de prueba fría	Emergencia Total

ET: emergencia total, IVE: índice de velocidad de emergencia, PMS: peso de mil semillas, PH: Peso hectolítrico, GE: porcentaje de germinación con la prueba de germinación estándar, PSPGE: peso seco de plántula en la prueba de germinación estándar, GPF: porcentaje de germinación en la prueba de frío, PSPF: peso seco de plántulas en la prueba de frío, GEA: porcentaje de germinación en la prueba de envejecimiento acelerado, PSPEA: peso seco de plántula en la prueba de envejecimiento acelerado.

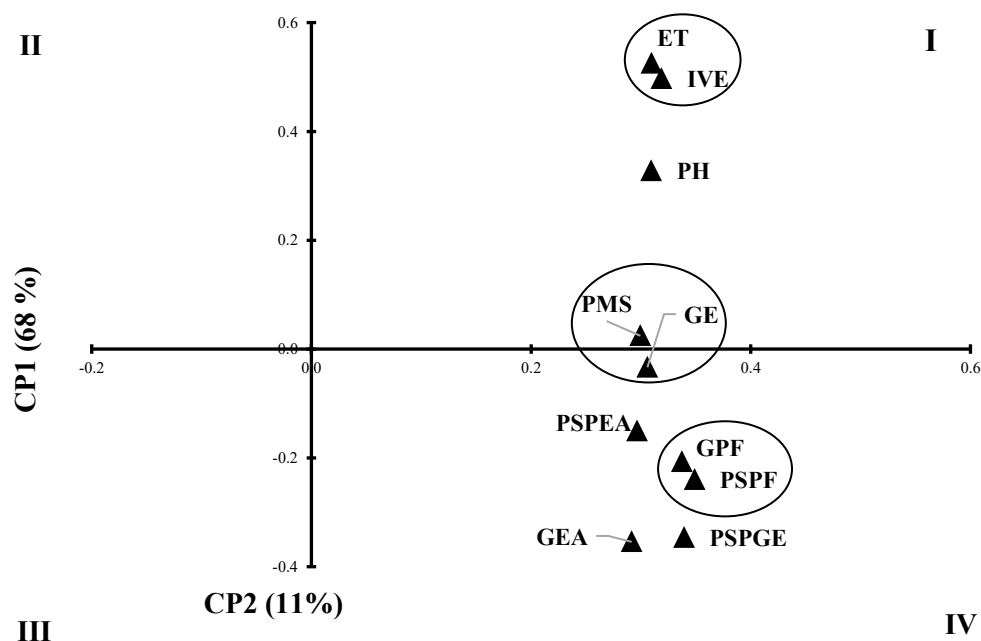


Figura 1 Análisis de componentes principales de correlación de variables de calidad fisiológica y física en semilla de maíz. 2018-2019.

CONCLUSIONES

Con la metodología de Pearson, las variables que mostraron mayor correlación con la emergencia total en campo, fueron el índice de velocidad de emergencia, peso hectolítrico, peso de mil semillas y germinación estándar; con el análisis de componentes principales emergencia total y el índice de velocidad de emergencia mantuvieron una estrecha correlación, seguida por el peso hectolítrico. El peso de mil semillas se asoció con el porcentaje de germinación estándar. Las dos metodologías presentaron resultados muy similares en la correlación de las variables de calidad física y fisiológica con la emergencia total en campo.

LITERATURA CITADA

Burris, J.S. and Navratil, R.J. (1979). Relationship between laboratory cold-test methods and field emergence in maize inbreds. *Agronomy Journal*, 71 (6), 985-988. <https://doi.org/10.2134/agronj1979.00021962007100060023x>

- Caiubi Pereira, L., Vinis Correia L., Ferber P. H., Pereira Cristiane R., Cavaliere Mantera T., Dos Santos R. F., Lucca Braccini A. (2019). Correlation between physiological tests and field emergence in treated corn seeds. *Plant, Soil and Environment* 65 (12), 569-573. <http://dx.doi.org/10.17221/565/2019-PSE>
- Gonçalves, N.R., Cicero S.M., Abud H.F. (2017). Seedling image analysis and traditional tests to evaluate onion seed vigor. *Journal of Seed Science*. 39 (3), 216–223. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v39n3160444>
- Hinkle, D.E., Wiersma W., Jurs S.G. (2003). Applied Statistics for the Behavioral Sciences. 5th Edition. Boston, Houghton Mifflin.
- ISTA, (International Seed Testing Association) (2005). International rules for seed testing. Zurich. Switzerland.
- Lovato, A., Noli E., Lovato A.F.S. (2005). The relationship between three cold test temperatures, accelerated ageing test and field emergence of maize seed. *Seed Science and Technology*. 33 (1), 249–253. <https://doi.org/10.15258/sst.2005.33.1.26>
- Maguire, J. D. (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergences and vigor. *Crop Science* 2(2), 176-177. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- Pérez Mendoza, C., Hernández Livera A., González Cossio F.V., García de los Santos G., Carballo Carballo A., Vásquez Rojas T.R. y Tovar Gómez M.R. (2006). Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura Técnica de México*. 32 (3), 341-352.
- Rincón, S. F. (1989). Deterioro de la semilla de maíz (*Zea mays* L.) y su relación con las condiciones de almacenamiento. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Estado de México. 105 p.

EMISIONES DE ÓXIDO NITROSO POR EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE TRIGO

Edgar Adrián Olivares Arreola¹, Aurelio Báez Pérez^{2*} y Sergio Gómez Rosales³ y Juan Carlos Raya Pérez, Oscar Arath Grageda Cabrera²

¹TECNM-Roque, Km.8 carretera. Celaya-Juventino Rosas. CP 38110, Celaya, Gto.; ²INIFAP, Campo Experimental Bajío, km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, CP.38110, Celaya, Gto.; ³INIFAP, CENID Fisiología, Km. 1, Carretera a Colón, Col. Ajuchitlán Colón, CP 76280, Querétaro. *Autor para correspondencia: baez.aurelio@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se efectuó un estudio para evaluar las emisiones de N₂O y la producción de trigo de invierno por efecto de la fertilización química y orgánica. El ensayo se estableció el 18 de enero del 2024, en fecha de siembra tardía. Se sembró trigo variedad Alondra F2014 en surcos de 0.75 cm de ancho a doble hilera. Se aplicaron tres riegos: a los 0, 35 y 75 días después de la siembra. Se evaluaron los siguientes tratamientos de fertilización: (1) testigo, sin aplicación de fertilizantes; (2) 260 unidades ha⁻¹ de N, a partir de urea; (3) 130 unidades ha⁻¹ de N + 1.05 t ha⁻¹ de composta de porcino; (4) 2.1 t ha⁻¹ de composta de porcino. El experimento fue en bloques al azar con tres repeticiones. Las mediciones de flujo de N₂O se efectuaron semanalmente mediante cámaras de PVC estáticas: una por unidad experimental. Las muestras de gases se midieron en un cromatógrafo de gases. Se estimaron los componentes de rendimiento para evaluar la producción de trigo. El tratamiento químico (2) tuvo la mayor disponibilidad de N inorgánico (N-NO₃ + N-NH₄) (NI) disponible para las plantas (69.1 a 145.7 mg kg⁻¹) a lo largo del ciclo de cultivo; por lo tanto, el mayor flujo de N₂O a la atmósfera (4119 a 5835 g ha⁻¹). En contraste el tratamiento testigo tuvo el menor contenido de NI (48.05 a 65.19 mg kg⁻¹ de suelo) y menor flujo de N₂O (3266 a 3912 g ha⁻¹). La producción de trigo alcanzó 3.0 t ha⁻¹ en el tratamiento 2, y 0.9 t ha⁻¹ en el tratamiento testigo. La aplicación de composta en el tratamiento 4 tuvo un flujo de N₂O semejante (p<0.05) al de tratamiento testigo.

Palabras clave: Gases de efecto invernadero, cereales, cambio climático.

ABSTRACT

A study was conducted to evaluate N_2O emissions and winter wheat production due to the effect of chemical and organic fertilization. The trial was established on January 18, 2024, on a late sowing date. Alondra F2014 wheat variety was sown in 0.75 cm wide furrows in double rows. Three irrigations were applied: at 0, 35 and 75 days after sowing. The following fertilization treatments were evaluated: (1) control, without application of fertilizers; (2) 260 units ha^{-1} of N, from urea; (3) 130 units ha^{-1} of N + 1.05 t ha^{-1} of porcine compost; (4) 2.1 t ha^{-1} of porcine compost. The experiment was in randomized blocks with three replications. N_2O flow measurements were made weekly using static PVC chambers: one per experimental unit. Gas samples were measured in a gas chromatograph. Yield components were estimated to evaluate wheat production. Chemical treatment (2) had the highest availability of inorganic N ($N-NO_3 + N-NH_4$) (NI) available to plants (69.1 to 145.7 mg kg^{-1}) throughout the crop cycle; therefore, the highest N_2O flux to the atmosphere (4119 to 5835 g ha^{-1}). In contrast, the control treatment had the lowest NI content (48.05 to 65.19 mg kg^{-1} of soil) and lowest N_2O flux (3266 to 3912 g ha^{-1}). Wheat production reached 3.0 t ha^{-1} in treatment 2, and 0.9 t ha^{-1} in the control treatment. Compost application in treatment 4 had a similar N_2O flux ($p < 0.05$) to that of the control treatment.

Keywords: Greenhouse gases, cereals, climate change.

INTRODUCCIÓN

En la agricultura los fertilizantes químicos, especialmente los nitrogenados, es esencial; sin embargo, su uso excesivo, en las últimas décadas, ha ocasionado graves problemas de contaminación ambiental, aumento en los costos de producción y deterioro de los suelos. Uno de efectos negativos al ambiente ocasionado por el uso de fertilizantes nitrogenados en el sector agrícola, es el aumento en las emisiones de N_2O , gas de efecto invernadero que contribuye con la problemática actual del cambio climático global. Si bien actualmente se conocen una multitud de procesos del suelo que producen N_2O (Butterbach-Bahl *et al.* 2013),

los procesos microbianos de nitrificación y desnitrificación bacteriana son responsables de la mayoría de las emisiones (Wrage-Mönnig et al. 2018). La concentración de este gas de efecto invernadero en la atmósfera es cerca de alrededor de 336 ppm, y se estima que 40 % de las emisiones actuales son de origen antropogénico. En producción de trigo han efectuado muchos estudios con el objetivo de evaluar la mejor dosis de fertilización nitrogenada (Ali, Mohy-Ud-Din y Ali, 2003; López-Bellido y López-Bellido, 2001), y los factores que limita el rendimiento y su respuesta en la absorción del N (Garabet *et al.*, 1998).

La dosis óptima de este elemento depende del nivel de producción real que se puede llegar a obtener (Westerman *et al.*, 1994). Los requerimientos de nitrógeno por el trigo son altos; se estima que por cada tonelada de grano que se produce en una hectárea, las plantas requieren 26 kg N t⁻¹ de grano. Para las condiciones del Bajío, donde se pueden producir más de 9 t ha⁻¹, se requieren más de 200 kg de nitrógeno. Es una demanda muy alta si se considera que la eficiencia de aprovechamiento del cultivo varía entre 40 y 70%. Por otra parte, Raun y Johnson (1999) estiman esta eficiencia en 33 % y han demostrado pérdidas del 20 a 50% del fertilizante nitrogenado en trigo, atribuidas a los efectos combinados de desnitrificación, volatilización y lixiviación. El momento y la forma de aplicación de N en el terreno de cultivo son críticos para la eficiencia de absorción por las plantas. La reserva natural de nitrógeno que pueden contener los suelos agrícolas difícilmente es suficiente para un nivel de producción alto. La aplicación de fertilizantes químicos u orgánicos al suelo contribuyen de manera importante con el suministro de este nutriente disponible para los cultivos. El objetivo de este estudio fue evaluar las emisiones de N₂O a la atmósfera por efecto y de la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos en la producción de trigo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el INIFAP, Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato. Se evaluó el efecto de la fertilización composta de porcino y su combinación con urea en las emisiones de N₂O y la producción de trigo de invierno. Los tratamientos se describen en el Cuadro 1. El experimento se estableció en

bloques al azar con tres repeticiones. Las unidades experimentales constaron de 6 surcos de 0.75 m de ancho por 13 m de longitud, es decir, 58.5 m². La comparación de medias se analizó por el método de Tukey con un $\alpha = 0.05$.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos

Tratamiento	Composta (t ha ⁻¹)	N unidades ha ⁻¹
1	0	0
2	0	260
3	1.05	130
4	2.10	0

Suelo

El suelo fue de textura franco arenosa (48 % de arena), de pH de 7.2 y muy bajo contenido de materia orgánica (1 %) y alto contenido de K, Ca y Mg. El contenido de P extractable fue mediano (19.2 mg kg⁻¹) y el de N inorgánico (N-NO₃ + N-NH₄) fue elevado (56.7 mg kg⁻¹), que se explica por cultivo previo de frijol. La composta tuvo 216 mg kg⁻¹ de N inorgánico, 0.73 % de N total, 1.35 % de P₂O₅ y 1.36 % de K.

Manejo agronómico

Se sembró trigo variedad Alondra F14 el 18 de enero, en fecha tardía. En surcos de 0.75 m de ancho a doble hilera. Se aplicaron solamente tres riegos: a los 0, 30 y 60 días después de la siembra. Para el establecimiento de los tratamientos se aplicó urea, como fuente de fertilización nitrogenada, y composta como abono orgánico. La fertilización química se aplicó en dos fracciones: la mitad a la siembra y la otra mitad después de la escarda, previo a la aplicación del segundo riego. Para el control de malezas se aplicó el herbicida Everest (Flucarbazona de sodio) para control de hoja angosta y 2-4D para control de hoja ancha.

Mediciones de N₂O

Se efectuaron en cámaras de flujo estático (Matson *et al.*, 1996) de seis pulgadas diámetro y 19 cm de altura (3447.7 mL). Se colocó una cámara por unidad experimental en el centro sobre bordo del surco. Las mediciones se realizaron una vez por semana a lo largo del ciclo de cultivo. El procedimiento consistió en

recolectar muestras de gases a los 0, 10, 20 y 30 minutos, mediante jeringas de 20 cm³, las cuales se introdujeron en el septo de cada cámara. Se efectuó una acción de bombeo con la misma jeringa para mezclar el aire contenido al interior de la cámara. Las muestras de gases fueron trasvasadas en viales color ámbar de 14 mL, los cuales fueron previamente sellados y despresurizados. Las muestras de se analizaron en un cromatógrafo de gases (Shimatzu Modelo GC-2014 Greenhouse gas Analyzer) especialmente configurado para medir N₂O. El cromatógrafo se calibró con una muestra de gas certificada (estándar) (Scotty Analyzed Gases, USA) de 1 ppm de N₂O. Como control de calidad interno se utilizó un estándar de N₂O de 0.540 ppm de concentración. La ecuación utilizada para evaluar la emisión de N₂O fue:

$$N_2O = \left(\frac{\alpha \times V \times WA \times 60}{A \times MV_{corr}} \right)$$

Donde:

α : pendiente de la recta de concentración vs tiempo obtenido en cada muestreo (ppmv min⁻¹)

V: volumen del espacio superior de la cámara (L),

WA: masa del N en N₂O (28.0), 60= conversión de horas a minutos

A: área de superficie del suelo cubierta por la cámara (m²)

MV_{corr}: volumen molecular estándar corregido por temperatura y presión de la localidad.

Las unidades de flujo en hr⁻¹ y m⁻² se cambiaron a flujo día⁻¹ ha⁻¹ (g N₂O-N ha⁻¹ d⁻¹). Se efectuó el cálculo del nivel de flujo diario promedio en cada tratamiento, mientras que la concentración de N₂O acumulada se estimó a partir de la siguiente ecuación:

$$C_B = C_A + \left(\frac{D_A + D_B}{2} \right) * (B - A)$$

Dónde:

CA: emisión de gases acumulada en el día A anterior al día B

DA: flujo diario de gas en el día A

DB: flujo diario de gas en el día B

A/B: Número día

Humedad del suelo y medición de N inorgánico

Al momento de efectuar el muestreo para medir las emisiones de N_2O en campo, también se evaluó la humedad gravimétrica que había en el campo. Antes de efectuar el secado de las muestras de suelo se consideró una submuestra húmeda de 9 g para determinar el contenido de N inorgánico ($N-NO_3 + N-H_4$). Este procedimiento se efectuó mediante el método de Kjeldahl (Jackson, 1976).

Temperatura y precipitación

Las condiciones de temperatura y precipitación de enero a junio de 2024 se observan en la Figura 1. El invierno fue muy cálido, la temperatura mínima extrema fue de 1.9 °C y se presentó el 4 de enero, posteriormente la temperatura no descendió por debajo de 4 °C. Por el contrario, la temperatura máxima extrema fue de 38.7 °C; sin embargo, frecuentemente sobrepasaron los 35 °C, temperatura que puede estresar el cultivo. La precipitación durante este periodo de tiempo sumó 17.2 mm, con 2 aguaceros que sumaron 15 mm el 16 y 17 de febrero.

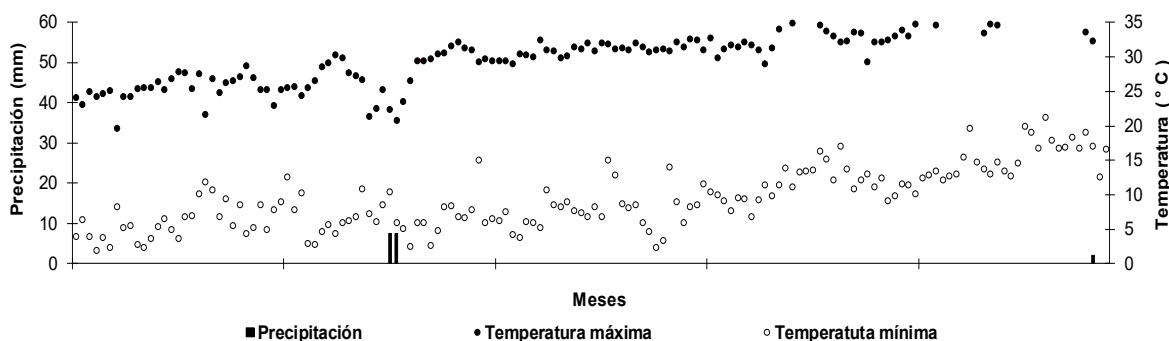


Figura 1. Temperaturas mínimas, máximas y precipitación

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de N inorgánico del suelo ($N-NO_3 + N-NH_4$) (NI), a lo largo del ciclo del cultivo, mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) por efecto de los tratamientos. Con la aplicación de 260 unidades ha^{-1} de urea (tratamiento 2) hubo la mayor disponibilidad de NI para las plantas, entre 69.1 y 145.7 $mg\ kg^{-1}$. Se observa que los picos más

altos se encontraron al momento de la aplicación de los fertilizantes químicos (Figura 2). En contraste, el tratamiento testigo sin aplicación de fertilizantes, tuvo el menor contenido de NI disponible, entre 48.05 y 65.19 mg kg⁻¹. Por otra parte, la aplicación de composta en el tratamiento 4 tuvo un flujo de N₂O semejante ($p < 0.05$) al que hubo en el tratamiento testigo (Figura 2). Lo anterior muestra que no hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) en la disponibilidad de NI del suelo por la aplicación de composta. Sin embargo, es importante señalar tampoco satisface las necesidades de N de cultivos como trigo, como se explicará más adelante. Estos resultados son congruentes con lo reportado por (Millar *et al.*, 2018) en estudios efectuados en Sonora.

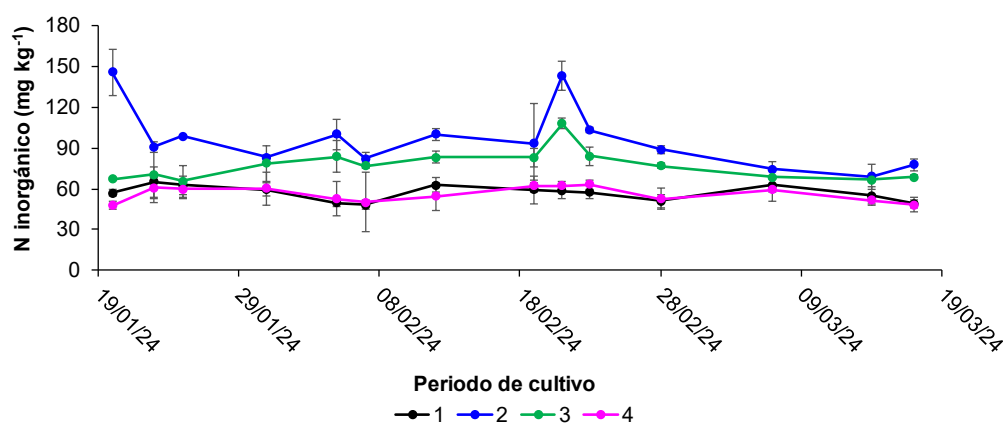


Figura 2. Contenido de NI a lo largo del ciclo de cultivo.

Las emisiones de N₂O alcanzaron, en promedio, entre 4119 a 5835 g ha⁻¹ en el tratamiento 2, donde éstas fueron mayores. En contraste en el tratamiento testigo el flujo de este gas fluctuó, en promedio, entre 3266 a 3912 g ha⁻¹ (Figura 3). Por otra parte, los niveles de flujo que hubo en el tratamiento 4, con la aplicación de 2.1 t ha⁻¹ de composta, fueron semejantes a las que hubo en el tratamiento testigo (1) (Figura 3). El flujo promedio por tratamiento de N₂O del suelo, variable dependiente, tuvo una estrecha relación con el contenido promedio de NI ($R^2 = 0.98$), variable independiente (Figura 4). El efecto en el flujo de este gas de efecto invernadero está dado por las dosis de fertilización química y aumentaron en función de las dosis de

fertilización química. Los niveles del flujo de N_2O fueron mayores a lo reportado por Millar *et al.* (2018) en los tratamientos con aplicación de urea.

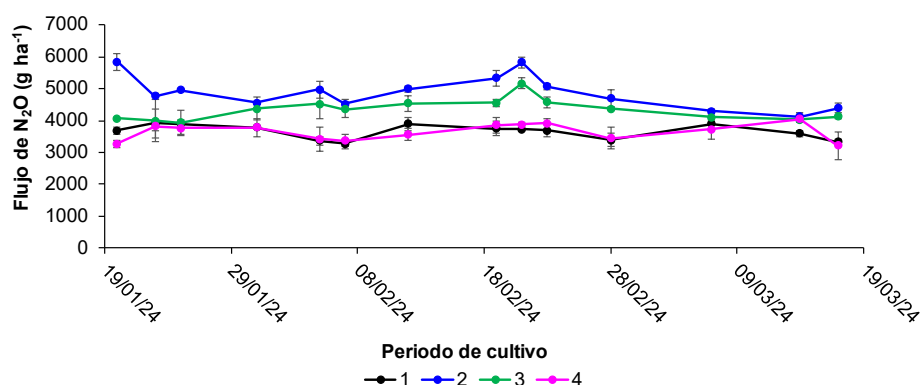


Figura 3. Flujo de N_2O a lo largo del ciclo de cultivo.

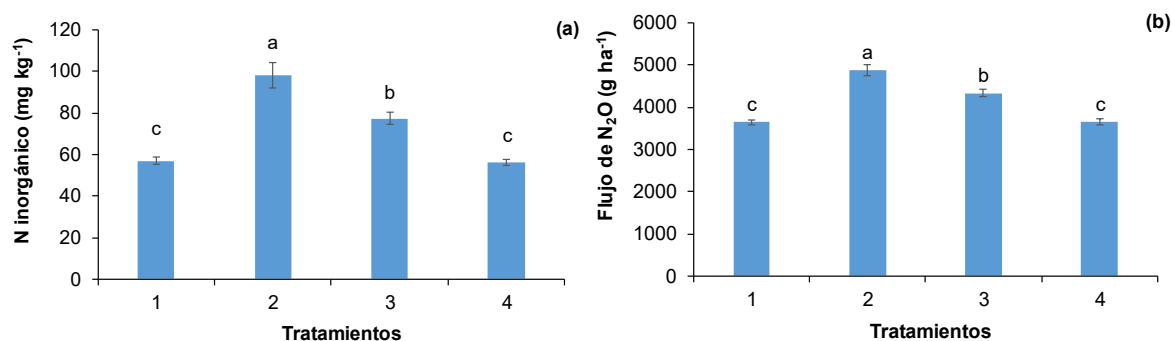


Figura 4. (a) Contenido promedio de NI del suelo (b) Flujo promedio de N_2O .

Los resultados en la producción de trigo mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) por efecto de los tratamientos en número de espigas m^{-2} , altura de planta, peso de grano, biomasa aérea e índice de cosecha (Cuadro 2). El rendimiento más alto se observó en el tratamiento 2, con $3 t ha^{-1}$ de grano. El tratamiento 3, con fertilización combinada de con composta y urea, apenas alcanzó $1.4 t ha^{-1}$ de grano y fue estadísticamente semejante ($p < 0.05$) al tratamiento testigo y al tratamiento 4, con aplicación total de composta (cuadro 1). La disponibilidad de N fue el factor que influyó mayormente en la producción de trigo. La composta tuvo poca disponibilidad de NI, por lo cual muy poco N disponible para el cultivo; lo anterior de evidenció con

la estrecha correlación que tuvo la disponibilidad de N y peso de grano ($R^2=0.92$) (Figura 4). Las deficiencias de N se manifestaron en el desarrollo del cultivo, y por lo tanto en el crecimiento de las plantas, lo cual se evidenció al relacionar la altura de planta y peso de grano ($R^2=0.78$). El tipo de suelo, con alto contenido de arena, cerca de 50 %, limita el aprovechamiento del poco N disponible en los tratamientos con menor disposición de este elemento, además de las altas temperaturas que incidieron durante el periodo de cultivo (Figura 1), los rendimientos fueron bajos; sin embargo, la tendencia en la producción de grano es clara. Es necesario aumentar la dosis de composta, acompañada de un complemento de fertilización química, que favorezca una mayor disposición para el cultivo.

Cuadro 2. Resultados de componentes de rendimiento de trigo

Trat	Número			Altura planta cm	Materia seca	Peso grano t ha ⁻¹	Biomasa aérea	Índice cosecha
	plantas	tallos	espigas					
	m²							
1	253.8a	417.8a	416.9b	39.8ba	3.2a	0.9b	4.2b	0.22cb
2	267.1a	586.7a	586.7a	43.6a	5.0a	3.0a	8.0a	0.38a
3	270.7a	445.8a	512.0ba	41.4ba	3.9a	1.4b	5.2b	0.26b
4	247.1a	464.0a	462.7b	37.3b	3.8a	0.8b	4.6b	0.17c

CONCLUSIONES

La fertilización con urea favoreció las emisiones de N₂O, las cuales alcanzaron flujos mayores a 5800 g ha⁻¹ de N₂O en la producción de trigo de invierno. Aunque el uso de la composta no aumentó las emisiones de N₂O, con respecto al tratamiento testigo, tampoco satisfizo la demanda de N que requirió el trigo, aun con la combinación de la composta y urea.

AGRADECIMIENTOS

Al INIFAP por el financiamiento del presente estudio, a través del proyecto: Contribuciones tecnológicas para incrementar la eficiencia de reciclaje de minerales “de la granja a la tierra” usando opciones nutricionales y de manejo de estiércol en porcicultura.

LITERATURA CITADA

- Ali, L., Mohy-Ud-Din, Q., and, Ali, M. (2003). Effect of different doses of nitrogen fertilizar on the yield of wheat. *International Journal of Agriculture & Biology*, 5(4), 438-439.
- Butterbach-Bahl K., E.M. Baggs, M. Dannenmann, R. Kiese, S. Zechmeister-Boltenstern. 2013. Nitrous oxide emissions from soils: how well do we understand the processes and their controls? *Philos Trans R Soc B Biol Sci* 368:20130122. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0122>.
- Garabet, S., Wood, M., Ryan J., 1998. Nitrogen and water effects on wheat yield in Mediterranean-type climate. I. Growth wáter-use and nitrogen accumulation. *Field Crops Res.* 57, 309-318.
- Jackson, M. L. 1976. Análisis químico de suelos. 3a(Ed.). Trad. al español por Martínez, J. B. Omega. Barcelona, España. 282-283 pp.
- López-Bellido, R. J., and López-Bellido, L. (2001). Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean conditions: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. *Field Crops Research*, 71(1), 31-46.
- Matson, P. A.; Billow, C.; Hall, S. and, Zachariassen, J. 1996. Fertilization practices and soil variations control nitrogen oxide emissions from tropical sugar cane. *J. Geophys. Res.* 101(D13):18533-18545. Doi:10.1029/96JD01536.
- Millar, N.; Urea, A.; Kahmarka, K; Shcherbakd, I.; Robertson, G. P. and Ortiz-Monasterio, I. 2018. Nitrous oxide (N₂O) flux responds exponentially to nitrogen fertilizer in irrigated wheat in the Yaqui Valley, México. *Agric. Ecosyst. Environ.* 261:125-32. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.04.003>.
- Raun, W.R., and G.V. Johnson. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agron. J.* 91:357-363.
- Wrage-Monnig N., M.A. Horn, R. Well, C. Muller, G. Velthof, O. Oenema. 2018. The role of nitrifier denitrification in the production of nitrous oxide revisited. *Soil Biol Biochem* 123: A3–A16. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.03.020>.
- Westerman, R. L., Boman, R.K., Raun, W.R., Johnson, G. V., 1994. Ammonium and nitrate nitrogen in soil profiles of long-term Winter wheat fertilization experiments. *Agron. J.* 86, 94-99.

ENVEJECIMIENTO NATURAL Y ACELERADO DE MAICES AVANZADOS DEL ITR

Cesar Emilio Rico Ramirez¹, Luis P. Guevara Acevedo², Fernando Linares Gasca¹,
María Eugenia Gallardo Rodríguez², Ricardo Yáñez López², Berenice Rivera
Cortez²

¹Estudiante de ingeniería en agronomía TecNM-campus Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ²TecNM-campus Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ³Dirección General de Medio Ambiente de Celaya, Celaya Gto. ⁴Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESÚMEN

Este estudio se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico Nacional de México campus Roque, donde se evaluó el envejecimiento natural y acelerado en semillas de maíz “Roque 2021”. Se sembraron semillas envejecidas de manera natural por 5 años y por envejecimiento acelerado, expuestas a 60°C durante 24 h en camas de arena, y se midieron variables de crecimiento, biomasa y peso fresco y seco los 7 y 15 días después de la siembra. Para cada tratamiento, se realizaron conteos de emergencia y se midieron variables como longitud de raíz, longitud de plúmula, altura de la planta, peso seco y biomasa en tres bloques experimentales. Los resultados mostraron que el envejecimiento natural tuvo efectos significativos, con los valores más altos en longitud de raíz, plúmula y altura, además de peso seco y biomasa. Estos hallazgos fueron consistentes en diferentes análisis, mostrando que las plantas provenientes de semillas con envejecimiento natural presentaron un crecimiento y desarrollo superior al tratamiento de envejecimiento acelerado. En contraste, el envejecimiento acelerado no mostró impacto significativo en variables como peso fresco de la plúmula y biomasa de la raíz, lo que concuerda con estudios previos, que también reportaron una baja influencia del envejecimiento acelerado en la calidad fisiológica de las semillas de maíz. La comparación entre ambos tipos de envejecimiento resaltó que el envejecimiento natural, tras cinco años, favorece el desarrollo estructural y fisiológico de las plantas, mientras que el envejecimiento

acelerado, en cambio, reduce el vigor y rendimiento de las semillas. Este patrón fue consistente incluso al analizar la emergencia y crecimiento a los 15 días de la siembra, donde las semillas con envejecimiento natural mostraron mayores resultados en casi todas las variables evaluadas, como se evidencia en los valores obtenidos en altura, biomasa de la planta y peso seco de raíz y hojas.

Palabras clave. *Envejecimiento acelerado, Envejecimiento natural, Vigor, Plúmula, Biomasa*

ABSTRACT

This study was carried out at the Instituto Tecnológico Nacional de México campus Roque, where natural and accelerated aging was evaluated in “Roque 2021” corn seeds. Seeds aged naturally (for 5 years) and by accelerated aging (exposed to 60°C for 24 hours) were sown in sand beds, and growth, biomass, and fresh and dry weight variables were measured in different parts of the plant. For each treatment, emergence counts were made and variables such as root length, plumule length, plant height, dry weight and biomass were measured in three experimental blocks.

The results showed that natural aging had significant effects, with the highest values for root length, plumule and height, as well as dry weight and biomass. These findings were consistent across different analyses, showing that plants from naturally aged seeds showed superior growth and development to the accelerated aging treatment. In contrast, accelerated aging showed no significant impact on variables such as plumule fresh weight and root biomass, which is in agreement with previous studies, which also reported a low influence of accelerated aging on the physiological quality of maize seeds.

The comparison between both types of aging highlighted that natural aging, after five years, favors the structural and physiological development of the plants, while accelerated aging, on the other hand, reduces seed vigor and yield. This pattern was consistent even when analyzing emergence and growth 15 days after sowing, where the seeds with natural aging showed higher results in almost all the variables evaluated, as evidenced by the values obtained for height, plant biomass and root and leaf dry weight.

Keywords: *Accelerated aging, Natural aging, Vigor, Plumule, Biomass*

INTRODUCCIÓN

La propagación de plantas a través de semillas es de gran importancia, ya que juega un papel fundamental en la conservación de la diversidad genética de las especies. (Amador-Alfárez *et al.*, 2013). Los ensayos de germinación permiten evaluar la calidad de las semillas, lo que implica considerar aspectos genéticos, fitosanitarios, físicos y procesos fisiológicos que son esenciales para conservar su viabilidad y características de crecimiento posterior. (Copeland & McDonald, 2012). Los indicadores de calidad son la germinación y el vigor, los cuales dependen del genotipo y del manejo durante la producción y la postcosecha. (Flores-Hernández, 2004). Para el cultivo de maíz, la selección natural juega un papel crucial, ya que es el método más sencillo para obtener variedades mejoradas. Este proceso se basa en las características de la planta que se heredan de generación en generación, eliminando genes no deseados o combinaciones de genes (Cuenca Chaqui, 2013). Una semilla madura es aquella que se ha formado y desarrollado de tal modo que logró la máxima acumulación de reservas respecto a su peso seco para garantizar la emergencia vigorosa de una plántula después de la siembra. En contraste, las semillas inmaduras presentan una acumulación insuficiente de estas reservas, lo que reduce su capacidad para generar plántulas saludables y vigorosas, afectando directamente el rendimiento y la productividad del cultivo. (Dayal *et al.*, 2014). Mientras que el deterioro en semillas es irreversible e inevitable y la velocidad del proceso se puede controlar con técnicas adecuadas como la recolección, secado y almacenamiento. Las altas temperaturas y la humedad son factores que influyen en el progreso del deterioro durante el almacenamiento de la semilla (Pukacka *et al.*, 2009). Los cambios degenerativos internos ejercen también una gran influencia sobre el potencial de establecimiento de las semillas en campo, que se refleja posteriormente en el crecimiento y la productividad (Marcos, 2005), estos cambios no son tan evidentes en una prueba de germinación estándar, pero sí en alguna prueba de vigor, en la cual la semilla se somete a una o más condiciones adversas que le demandan el máximo potencial de expresión de crecimiento y desarrollo, y

donde el deterioro se manifiesta con mayor claridad a través de diversos indicadores como el porcentaje de germinación, la tasa de respiración, el peso seco y longitud de la plántula, conductividad eléctrica y pérdida de viabilidad de las semillas (Salinas *et al.*, 2001).

Siendo así el envejecimiento acelerado un método eficaz y ampliamente utilizado para evaluar el vigor de las semillas; ya que revela el impacto de condiciones adversas como el calor y la humedad en la germinación y el crecimiento de plántulas. (González Rodríguez *et al.*, 2014); su objetivo es optimizar la calidad genética y fisiológica del cultivo. (Vashisth & Nagarajan, 2009). Este proceso permite predecir cómo las semillas resistirán el almacenamiento prolongado. Las semillas con mayor vigor mantienen su capacidad para generar plántulas saludables, mientras que las de menor vigor pierden viabilidad rápidamente (Bewley *et al.*, 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en las camas de arena del Instituto Tecnológico Nacional de México campus Roque (TecNMR). Para ello se utilizó una semilla de maíz “Roque 2021” con envejecimiento natural de 5 años y con envejecimiento acelerado, sembradas en camas de arena. Para el proceso de envejecimiento acelerado, se colocaron 100 semillas en bandejas plásticas de 28x21x3 cm, cubiertas con una malla de alambre y llenadas de agua a la mitad de su capacidad y colocadas por 24 h a 60°C en la estufa (FELISA®). Para la siembra de cada tratamiento se establecieron 3 bloques experimentales y cada bloque con 25 semillas. Después de la siembra se procedió a realizar conteos diarios de porcentaje de emergencia; cuando se estandarizó la emergencia, se extrajeron 5 plantas de cada surco de cada tratamiento. Una vez hecha la toma, con ayuda de una regla de 30cm (BARRILITO®) se midió la longitud de raíz, longitud de plúmula y altura de la planta, se destazo la planta para medir el peso seco (raíz, semilla, plúmula y hojas) y se pesó con la balanza analítica (ADAM®), para en seguida colocarlas en bolsas de papel cartón e introducirlas a la estufa (FELISA®) previamente calentada a 70°C por 48 horas, cumplido el respectivo tiempo se pesó en peso seco. Repetir este

último proceso para el segundo muestreo a los 15 días para ambos tratamientos y pesar en seco y en fresco. Con los resultados de cada una de las variables, se realizó un análisis de varianza y cuando este presento diferencias ($p > 0.05$) se hizo una prueba de medias Tukey, todo ello mediante el programa SAS system(9.4)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza muestran que los tratamientos presentaron efecto altamente significativo al 99% de significancia en las variables ($Pr > Fr$) longitud de plúmula ($< 0.0001^{**}$), longitud de raíz (0.0007^{**}), peso seco de la planta ($< 0.0001^{**}$), peso seco de la plúmula (0.0012^{**}), peso seco de la hoja (0.0002^{**}), biomasa de la planta (0.0002^{**}), y biomasa de la hoja (< 0.0001). Los resultados observados en esta investigación para la longitud de raíz y peso seco hoja son similares a lo reportado por Magdaleno-Hernández *et al.*, (2020) quien muestra valores con diferencia significativa (< 0.0001) con envejecimiento acelerado en semilla de maíz. Mientras que para la longitud de plúmula y peso seco de la hoja son contrarios ($< 0.0001^{ns}$) a los reportados por Hernández, (2023) quien reporto que los tratamientos con envejecimiento acelerado en la evaluación del vigor de semilla de maíz no afectaron a la longitud de plúmula y peso seco de hojas de maíz.

Las variables altura (0.0107^{*}), peso fresco de la planta (0.0465^{*}), peso fresco de la raíz (0.0359^{*}), peso fresco de la semilla (0.0741^{*}), peso fresco de la hoja (0.0227^{*}), peso seco de la semilla (0.0184^{*}) y biomasa de la raíz (0.0306^{*}) resultaron con un efecto al 95 % de significancia en estas variables ($Pr > F$). Para este estudio los valores mostrados para la altura y peso fresco de la planta presentaron significativas, estos valores fueron diferentes a los observados por González *et al.*, (2014) quien en una investigación de envejecimiento acelerado sobre la calidad de semillas de maíz para producir germinados para forraje alternativo no presento diferencias ($p < 0.05$) para altura y peso fresco de planta.

Mientras que las variables peso fresco de la plúmula (0.2658^{ns}), peso seco de la raíz (0.9394^{ns}), biomasa de la semilla (0.4706^{ns}) y biomasa de la plúmula (0.1591^{ns}), no presentaron significancia, contrario a lo que observo Pérez *et al.*, (2007) quienes

mencionan que el peso seco de la raíz (0.11**) presentó alta significancia entre sus tratamientos en la calidad fisiológica en semillas de maíz con diferencias estructurales con envejecimiento natural.

Cuadro 1. Efecto del envejecimiento natural y acelerado de la semilla de maíz Roque 2021 en la calidad fisiológica de la semilla a los 7 días después de siembra.

N° Trat.	Tratamiento	Longitud Plúmula (cm)	Longitud Raíz (cm)	Altura (cm)	Peso Fresco Planta (g)	Peso Fresco Raíz (g)	Peso Fresco Hoja (g)	Peso Seco Planta (g)
1	Envejecimiento Natural	2.31 a	9.62 a	17.97 a	1.34 a	0.21 a	0.72 a	0.43 a
2	Envejecimiento Acelerado	1.30 b	6.27 b	13.98 b	1.08 b	0.08 b	0.47 b	0.22 b

Cuadro 2. Efecto del envejecimiento natural y acelerado de la semilla de maíz Roque 2021 en la calidad fisiológica de la semilla a los 7 días después de siembra.

N° Trat.	Tratamiento	Peso Seco Semilla (g)	Peso Seco Plúmula (g)	Peso Seco Hoja (g)	Biomasa Planta (g)	Biomasa Raíz (g)	Biomasa Plúmula (g)
1	Envejecimiento Natural	0.18 a	0.01 a	0.21 a	1.12 a	0.19 a	0.66 a
2	Envejecimiento Acelerado	0.13 b	0.007 b	0.06 b	0.64 b	0.06 b	0.26 b

En la Cuadro 1 y 2 se observa que el tratamiento de envejecimiento natural presento los mayores valores para todas las variables evaluadas como lo fue longitud de plúmula (2.31 cm), longitud de raíz (9.62 cm), altura (17.97 cm), peso fresco planta (1.34 gr), peso fresco de la raíz (0.21 gr), peso fresco hoja (0.72 gr), peso seco de la planta (0.43 gr), peso seco de la semilla (0.18 gr), peso seco de la plúmula (0.01 gr), peso seco de la hoja (0.21 gr), biomasa planta (1.12 gr), biomasa raíz (0.19 gr) y biomasa de la plúmula (0.66 gr), el envejecimiento natural a 5 años de la semilla de maíz variedad Roque 2021 presento los valores más altos, mientras que para el envejecimiento acelerado fue el que menores resultados presentó, siendo así el envejecimiento natural el mejor tratamiento para la semilla, esto para cuando se estandarizo la germinación. Esto mismo encontró Herrera-Corredor *et al.*, (2011),

en las variables biomasa de la raíz y hojas, con unos valores (17.29) y (223.81) siendo así el envejecimiento natural mejor para estas variables.

Los valores obtenidos 15 días después de la estandarización de la semilla con envejecimiento natural y acelerado de la variedad de maíz Roque 2021, presentaron efecto altamente significativo en las variables ($P > F$) longitud de plúmula ($<0.0001^{**}$), longitud de raíz (0.0005^{**}), altura (0.0068^{**}), peso fresco de la raíz (0.0019^{**}), peso seco de la planta (0.0004^{**}), peso seco de la raíz ($<0.0001^{**}$), peso seco de la plúmula ($<0.0001^{**}$), peso seco de las hojas (0.0019^{**}), biomasa de la planta (0.0001^{**}), biomas de la semilla ($<0.0001^{**}$), biomasa de las hojas ($<0.0001^{**}$). Para las variables de longitud de plúmula y peso seco de plúmula a comparación del autor Velázquez (2004) en el trabajo de comparación de la imbibición, germinación y vigor en nueve genotipos de maíz sostiene lo obtenido con alta significancia (13.9329^{**}) (720.0888^{**}) en envejecimiento acelerado.

Se observó efecto al 95 % de significancia de los tratamientos en las variables, el peso fresco de la semilla (0.0142^{*}), biomasa de la raíz (0.0585^{*}) y biomasa de la plúmula (0.0786^{*}); esto difiere con lo reportado por Estrada (2023), el cual nos dice que no presentó significancia con el valor de ($P > F$) (0.0001).

Mientras que para las variables de peso fresco de la planta (0.9519^{ns}), peso fresco de la plúmula (0.2515^{ns}), peso fresco de la hoja (0.5324^{ns}) y peso seco de la semilla (0.1216^{ns}) los tratamientos no tuvieron efecto sobre estas variables. El peso seco de la hoja coincide con lo reportado por Mendoza (2024) en su investigación en determinación del efecto de la inoculación con rizo bacterias sobre el rendimiento y caracteres morfo agronómicos en maíz morado al no presentar diferencias.

Cuadro 3. Efecto del envejecimiento natural y acelerado de la semilla de maíz Roque 2021 en la calidad fisiológica de la semilla a los 15 días después de siembra.

N° Trat.	Tratamiento	Peso Seco Planta (gr)	Peso Seco Raíz (gr)	Peso Seco Plúmula (gr)	Peso Seco Hoja (gr)	Biomasa Planta (gr)	Biomasa Semilla (gr)	Biomasa Hoja (gr)
1	Envejecimiento Natural	2.14 a	0.22 a	0.05 a	1.73 a	2.38 a	0.30 a	1.76 a
2	Envejecimiento Acelerado	1.10 b	0.08 b	0.01 b	0.89 b	1.31 b	0.13 b	0.71 b

Cuadro 4. Efecto del envejecimiento natural y acelerado de la semilla de maíz Roque 2021 en la calidad fisiológica de la semilla a los 7 días después de siembra.

N° Trat.	Tratamiento	Longitud Plúmula (cm)	Longitud Raíz (cm)	Altura (cm)	Peso Fresco Raíz (gr)	Peso Fresco Semilla (gr)
1	Envejecimiento Natural	1.34 a	22.59 a	38.73 a	0.59 a	0.40 a
2	Envejecimiento Acelerado	0.64 b	14.69 b	32.48 b	0.37 b	0.26 b

Mientras que a los 15 días (Cuadro 3 y 4), el envejecimiento natural siguió mostrando los mayores valores en todas las variables sobre el tratamiento de envejecimiento acelerado, como, longitud de plúmula (1.34 cm), longitud de raíz (22.59 cm), altura (38.73 cm), peso fresco de la raíz (0.59 gr), peso fresco de la semilla (0.40 gr), peso seco de la planta (2.14 gr), peso seco de la raíz (0.22 gr), peso seco de la hoja (1.73 gr), biomasa de la planta (2.38 gr), biomasa de la semilla (0.30 gr) y biomasa de la hoja (1.76 gr), como lo muestra el cuadro 3 y 4 demostrando la diferencia de valores entre ambos tratamientos de envejecimiento, siendo así el envejecimiento natural el mejor tratamiento sobre estas variables.

Chicaza y Quevedo (2022), reportan diferencian respecto a lo obtenido en este trabajo con unos valores de (10.15 cm) en la altura de la planta y peso seco de la planta (81.25 gr) a los 15 días con envejecimiento acelerado a 24 horas en la determinación de la calidad fisiológica de cinco genotipos de semillas de en condiciones de campo y laboratorio.

CONCLUSIONES

El envejecimiento natural en la semilla de maíz en la variedad Roque 2021 mostro mayor efectividad en las diferentes variables respecto al envejecimiento acelerado a 24 horas. Por lo que se descarta el envejecimiento acelerado para esta variedad por mostrar menor calidad fisiológica de la semilla.

LITERATURA CITADA

- Amador-Alfárez, K. A., Díaz-González, J., Loza-Cornejo, S., & Bivián-Castro, E. Y. (2013). Efecto de diferentes reguladores de crecimiento vegetal sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de dos especies de *Ferocactus* (Cactaceae). *Polibotánica*, 35, 109-131.
- Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, W. H. M., & Nonogaki, H. (2013). *Seeds. Physiology of Development, Germination and Dormancy* (3rd ed.). Springer Nature Switzerland.
- Chicaiza Gómez, D. A., & Quevedo Andino, H. B. (2022). Determinación de la calidad fisiológica de cinco genotipos de semillas de maíz (*zea mays*) en condiciones de campo y laboratorio (Bachelor's thesis, Ecuador: La Mana: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Copeland, L. O., & McDonald, M. F. (2012). *Principles of Seed Science and Technology*. (4th ed.). Springer Science, & Business Media.
- Cuenca Chaqui, C. G. (2013). Formación de una variedad experimental de maíz amarillo suave (*Zea mays* L.) tipo (Mishca) a partir de medios hermanos y

- hermanos completos. Tumbaco, Pichincha. (Tesis). Universidad Central del Ecuador, Quito, Pichincha, Ecuador
- Dayal, A., Rangare, N. R., Kumar, A., & Kumari, M. (2014). Effect of physiological maturity on seed quality of maize (*Zea mays* L.). *Forage Research*, 40(1), 1-6.
- Estrada Madrigal, Y. (2023). Efecto de bioproductos sobre la calidad fisiológica de semillas de dos variedades de maíz (*Zea mays* L.) (Doctoral dissertation, Universidad de Sancti Spíritus" José Martí Pérez").
- Flores Hernández, A. (2004). Introducción a la tecnología de las semillas. (1ra ed.). Universidad Autónoma de Chapingo.
- Gómez-Campo, C. (2006). Long term seed preservation: updated standards are urgent. *Monographs ETSIA*, Universidad Politécnica de Madrid, 168, 1-4.
- González Rodríguez, F., León Gómez, D., Borges Gómez, L., Pinzón López, L., Magaña Magaña, M., Sangines García, R., & Urrestarazu Gavilán, M. (2014). Envejecimiento acelerado sobre la calidad de semillas de maíz para producir germinados para forraje alternativo. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, (8), 1487-1493.
- Hernández, B.S. (2023). Evaluación del vigor de semilla de tres variedades de maíz para Valles Altos.
- Hernández, E. M., Hernández, A. M., Contreras, A. M., Saldaña, T. M., Velázquez, M. A. J., Escudero, J. S., & Cué, J. L. G. (2020). Evaluación de la calidad física y fisiológica de semilla de maíz nativo. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 17(3), 569-581.
- Herrera-Corredor, C., Carrillo-Castañeda, G., González-Hernández, V. A., Carrillo-Salazar, J. A., Peña-Valdivia, C. B., & García-Nava, J. R. (2011). Tratamientos químicos para recuperar la germinación en semillas de cebolla. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 17(SPE2), 63-72.

Marcos Filho, J. 2005. Fisiología de semillas de plantas cultivadas. FEALQ. ISBN: 978-85-64895-03-4

Mendoza, H. C. O. (2024). Determinación del efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado (*Zea mays* L.) Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica.

Pérez de la Cerda, F. D. J., Carballo Carballo, A., Santacruz Varela, A., Hernández Livera, A., & Molina Moreno, J. C. (2007). Calidad fisiológica en semillas de maíz con diferencias estructurales. *Agricultura técnica en México*, 33(1), 53-61.

Pukacka S., Ratajczak E., Kalemba E. 2009. Non-reducing sugar levels in beech (*fagus sylvatica*) seeds as related to withstanding desiccation and storage. *Journal of Plant Physiology* 166: 1381–1390.

Ramirez, C., González, J., & Gómez, J. (2016). Selección por vigor inicial de planta de maíz en vivero. *Ciencia y Tecnol. Agrop. México*, 4, 10-17.

Salinas A.R., Yoldjian A.M., Craviotto R.M., Bisaro V. 2001. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 36(2): 371–379.

Vashisth, A., & Nagarajan, S. (2009). Germination characteristics of seeds of maize (*Zea mays* L.) exposed to magnetic fields under accelerated ageing conditions. *Journal of Agricultural Physics*, 9, 55-58.

Velázquez, G. L. (2014). Comparación de la imbibición, germinación y vigor en nueve genotipos de maíz.

ESTABILIDAD DE RENDIMIENTO DE VARIEDADES EXPERIMENTALES DE SORGO PARA SINALOA

Ulises Aranda Lara^{1§}; Tomas Moreno Gallegos²; Jesús Asunción López Guzmán²;
Claudia María Melgoza Villagómez ³; Luis Alberto Hernández Espinal ⁴

¹Campo Experimental Río Bravo, INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61. Río Bravo, Tamaulipas. ²Campo Experimental Valle de Culiacán-INIFAP. Carretera Culiacán-El Dorado, Km. 17.5. C. P. 80000, Culiacán, Sinaloa, México. ³Sitio Experimental Valle de Santo Domingo-INIFAP. Carretera Transpeninsular Km. 208. Cd. Constitución, B. C. S. México. ⁴ Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 294. Paseo de La Juventud 264, Real. C. P. 23680. Cd. Constitución, Comondú, B.C.S. § Autor de correspondencia: aranda.ulises@inifap.gob.mx.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la estabilidad del rendimiento de 12 variedades de sorgo, en dos ambientes. Los experimentos se establecieron bajo condiciones de riego, en el ciclo agrícola otoño-invierno 2018/2019 y otoño-invierno 2019/2020 en el Campo Experimental Valle de Culiacán del INIFAP, Sinaloa. El manejo agronómico fue conforme al paquete para temporal recomendado por INIFAP. Se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, la unidad experimental constó de cuatro surcos de 5 metros de largo. Se estimó el rendimiento de grano en t ha⁻¹ ajustado al 14 % de humedad. El modelo GGE biplot se usó para el análisis de estabilidad fenotípica para rendimiento de grano. Los resultados indican que, bajo condiciones de riego; la variedad 4 tuvo un mayor rendimiento medio y estabilidad en los ambientes evaluados, seguido de 3, y la variedad 12.

Palabras clave: Rendimiento, variedad, estabilidad.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the stability of the yield of 12 varieties of sorghum, in two environments. The experiments were prepared under irrigation conditions, in the agricultural cycle-winter 2018/2019 and autumn-winter 2019/2020 at the Culiacán Valley Experimental Field of INIFAP, Sinaloa. The agronomic management was in accordance with the seasonal package recommended by

INIFAP. It was developed under a randomized complete block design with four repetitions, the experimental unit consisted of four furrows 5 meters long. Grain yield was estimated in t ha⁻¹ adjusted to 14% humidity. The GGE biplot model is used for the analysis of phenotypic stability for grain yield. The results indicate that, under irrigation conditions; variety 4 had a higher average yield and stability in the evaluated environments, followed by 3, and variety 12.

Keywords: *Yield, variety, stability.*

INTRODUCCIÓN

En México, en 2023 la superficie sembrada del cultivo de sorgo fue de un millón 506 mil hectáreas, con una producción de 4 millones 815 mil toneladas de grano y 3 millones 211 mil toneladas de forraje verde. El estado de Sinaloa ocupa el tercer lugar nacional tanto en superficie sembrada como en producción de grano de sorgo, en el año 2023 se sembraron 65, 919 ha, de esta superficie en promedio se siembra un 30 % de variedades comerciales de polinización libre el resto de híbridos comerciales, más del 60 % se cultivó bajo condiciones de temporal en el ciclo primavera-verano, con una producción de 296,455 t de sorgo grano y 136,586 t de sorgo forrajero (SIAP, 2024). Entre los principales problemas que enfrenta el cultivo de sorgo en el estado, son principalmente la siembra en condiciones de temporal en áreas dispersas, además la mala distribución y a la baja cantidad de lluvia, así como el escaso uso de prácticas de conservación y aprovechamiento de la humedad (Hernández et al., 2011). Una de las principales virtudes de este cultivo es su bajo requerimiento hídrico (Merrill et al., 2007). Aunado a los problemas que causan los factores bióticos se encuentran los elevados costos en su producción que se debe a los altos precios de semilla para siembra. Una alternativa ante esta problemática es generar variedades de polinización libre, esto facilita el incremento de semilla y reduce costos (Williams et al., 2021). El objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento de variedades experimentales y comerciales en el Estado de Sinaloa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se establecieron bajo condiciones de riego, en el ciclo agrícola otoño-invierno 2018/2019 y otoño-invierno 2019/2020, en el Campo Experimental Valle de Culiacán del INIFAP, localizado en el km 16.5, carretera Culiacán-Eldorado, en suelos de barrial, dentro del municipio de Culiacán Sinaloa, cuya localización se encuentra en las coordenadas geográficas de 24° 48' 30" de latitud norte y de 117° 24' 30" de longitud oeste, la altura sobre el nivel del mar es de 38 m. Los materiales de sorgo utilizados fueron nueve líneas avanzadas experimentales y tres variedades comerciales (Cuadro 1), formadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Se evaluó el rendimiento de las variedades en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, la unidad experimental constó de cuatro surcos de 5 metros de largo. El manejo del cultivo se realizó de acuerdo con las recomendaciones para el cultivo de sorgo en el centro de Sinaloa (Moreno y Hernández, 2011). Las variables evaluadas fueron rendimiento de grano (t ha⁻¹); La interpretación de la interacción IGA se realizó mediante el análisis de dispersión gráfica basado en el análisis de componentes principales (CP) con el modelo GGEbiplot (Yan et al., 2000). El análisis de varianza se realizó con el sistema SAS (SAS, 2006) mientras que para el modelo GGEbiplot y la prueba de Gollob (1968) se utilizó el programa GEA-R (Pacheco et al., 2015).

Cuadro 1. Material genético utilizado.

Numero de Variedad	Genealogía
1	BT09TB9 ⁺
2	BT09E8B ⁺
3	BT09E8R ⁺
4	BT09E8A ⁺
5	BT09E8AR ⁺
6	BT09E1GR ⁺
7	BT09E8R2 ⁺
8	BT09T5 ⁺
9	BT09T9R ⁺
10	VCS DIAMANTE*
11	GAVATERO 203*
12	COSTEÑO 201*

+Variedad Experimental, *Variedad Comercial

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se muestra el resultado de la interacción genotipo ambiente por el modelo GGE biplot para la variable rendimiento en dos ambientes. El modelo explicó el 99.9 % (29 % de ambientes, el 31.1 % de genotipos y el 39.80 % de la interacción genotipo ambiente)

El modelo explicó el 99.9 % de la interacción genotipo ambiente lo que justifica la aplicación de GGE biplot para la evaluación de variedades a través de ambientes ya que un valor aceptable es una proporción mayor a 75 % (Rodríguez et al., 2005, Williams et al., 2021).

Cuadro 2. Descomposición de la interacción genotipo ambiente mediante el análisis de componentes principales (CP) y pruebas de significancia.

Fuente	GL	SC	CM	% SS
AMB	1	50026670.22	50026670.22**	29.0
REP(AMB)	4	11340690.06	2835172.51	
VAR	11	53614556.94	4874050.63**	31.1
AMB*VAR	11	68578741.44	6234431.04**	39.8
PC1	11	68578741.44		100
PC2	11	0		0
Error	44	31548879.3	717020.0	
Total	71	215109537.9		

** $p \leq 0.01$. AMB: ambiente; VAR: variedad; REP: repeticiones; FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; %SS: porcentaje explicado; CP: componente principal.

La Figura 1 permite conocer el rendimiento medio y la estabilidad de las variedades. Las variedades 4, 3, y 12, tuvieron el mejor rendimiento medio. La estabilidad de los genotipos se representa de forma perpendicular (eje de las ordenadas) y los vectores de mayor longitud indican mayor interacción. La variedad 4 tuvo un mayor rendimiento medio y estabilidad en los ambientes evaluados, seguido de 3, y 12, según el modelo GGE biplot (Frutos et al., 2014).

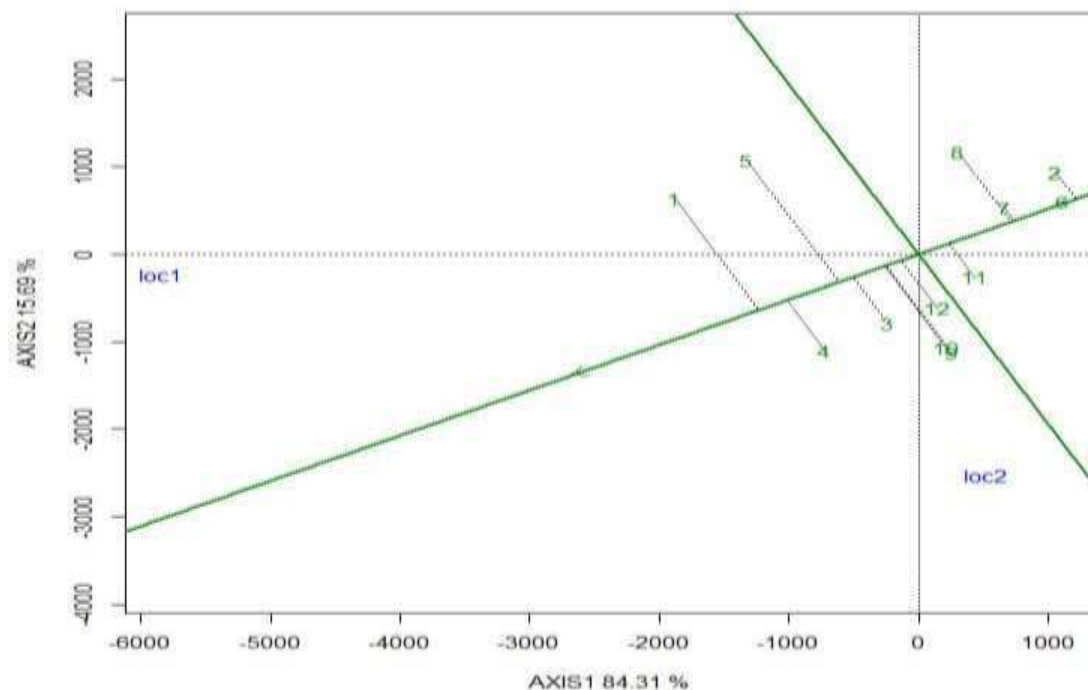


Figura 1. Estabilidad de 12 variedades de sorgo evaluados en 2 ambientes, representados en el Plano de Genotipo y Genotipo x Ambiente (GGE biplot), indicando el ordenamiento de variedades basados en el rendimiento medio y estabilidad obtenido para cada ambiente.

CONCLUSIONES

La variedad experimental BT09E8AB, presentó el mayor rendimiento medio y estabilidad en los ambientes evaluados.

LITERATURA CITADA

- Gollob, H. F. (1968). A statistical model which combines features of factor analytic and analysis of variances technique. *Psychometrik*, 33, 73-115. doi: 10.1007/BF02289676
- Hernández-Espinal L. A., T. Moreno-Gallegos, J. E. Reyes-Jiménez y A. Loaiza-Meza (2011) Perla-101: nueva variedad de sorgo para el estado de Sinaloa. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 2 (5), 779-784. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v2i5.1629>

- Merrill, S. D., Tanaka, D. L., Krupinsky, J. M., Liebig, M. A. and Hanson, J. D. (2007). Soil water depletion and recharge under ten crop species and applications to the principles of dynamic cropping systems. *Agronomy journal*, 99 (4): 931-938.
- Moreno, G. T, y L. A. Hernández-Espinal. 2011. Producción de semillas de sorgo de polinización libre. SAGARPA. INIFAP. CIRNO, CEVACU. Culiacán, Sinaloa, México. (Memoria de Capacitación). 1-24 p
- Pacheco, A., Vargas, M., Alvarado, G., Rodríguez, F., Crossa J & Burgueño, J. (2015). "GEA-R (Genotype X Environment Analysis with R for Windows) versión 2.0", <http://hdl.handle.net/11529/10203> International Maize Wheat Improvement Center.
- Rodríguez-Pérez, J. E., Sahagún-Castellanos, J., Villaseñor-Mir, H. E., Molina-Galán, J. D., & Martínez-Garza, Á. (2005). La interacción genotipo× ambiente en la caracterización de áreas temporales de producción de trigo. *Agrociencia*, 39(1), 51-64.
- SAS Institute.2006. Statistical Analysis System Release 9.3 ed. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- SIAP, 2024. Servicio de información agropecuaria y pesquera. Disponible en <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>.
- Tirado-Soto, C. S., Vásquez-Arce, V., Narro-León, L. A. (2019). Estabilidad de rendimiento y adaptabilidad de híbridos de maíz tolerantes a suelos ácidos en base a las características del análisis GGE biplot. XXII Reunión Latinoamericana del MAIZ, 11 (17), 50-63. doi: <http://dx.doi.org/10.18272/aci.v11i1.1081>
- Williams, A. H. Aranda, L. U. Arcos, C. G. Zavala, G. F. Rodríguez, V. M. del C. y Olivares, S. E. (2021). Potencial productivo de variedades experimentales de sorgo blanco para el sur de Tamaulipas. *Nova Scientia*. 13(26):1-19.
- Yan W., A. Hunt., Q. Sheng, and Z. Szlavncs (2000). Cultivar Evaluation and Mega-Environment Investigation Based on the GGE Biplot. *Crop Science*. 40 (3): 597-605. doi:10.2135/cropsci2000.403597x

ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE REPRODUCCIÓN DE *Prosopis laevigata* EN EL TecNM CAMPUS PURUÁNDIRO

Gloria Mariela Rico Vargas¹; Juan Esteban Trinidad Huerta²; Cristian Alexis Villegas Bedolla².

¹Egresada del Tecnológico Nacional de México campus Puruándiro, ²Docente investigador del Tecnológico Nacional de México campus Puruándiro. *Autor de correspondencia: juan.trinidad@puruandiro.tecnm.mx

RESUMEN

En años anteriores las poblaciones de *Prosopis laevigata* o mezquite blanco abarcaban grandes extensiones de terreno, mismas que se han visto disminuidas por el cambio de uso de suelo, establecimiento de cultivos agrícolas y la extracción del árbol para diferentes fines, como, leña, carbón o madera. Por esta razón se analiza una importante población de *Prosopis laevigata* que se encuentra entre los ejidos de San Martín, Godino y Tres Mezquites en el municipio de José Sixto Verduzco a fin de identificar las condiciones ecológicas de su desarrollo. Para lo cual se implementó un método de experimentación enfocado en la reproducción de la especie, analizando las condiciones edafoclimáticas en las que se desarrolla naturalmente, con el establecimiento germinativo de semillas sometidas a condiciones similares. El análisis en el desarrollo de las plántulas demostró la adaptabilidad que tiene la planta de mezquite a las diferentes condiciones edafoclimáticas, permitiendo un desarrollo óptimo que está directamente relacionado con la vitalidad de la semilla, alcanzando alturas de 23 a 28 cm de altura y 20 brotes en las plántulas más jóvenes. Además de obtener una media de humedad de 34%, con ayuda de un hidrómetro analizando la humedad relativa para estas muestras. Encontrando también la nula presencia de plagas y/o enfermedades durante las primeras etapas de desarrollo, acorde con la resistencia referida por distintos autores.

Palabras clave: Mezquite, conservación, restauración, reproducción, etnobotánica.

ABSTRACT

In previous years, the populations of *Prosopis laevigata* or white mesquite covered large areas of land, which have been reduced by the change in land use, the establishment of agricultural crops and the extraction of the tree for different purposes, such as firewood, charcoal or wood. For this reason, an important population of *Prosopis laevigata* found between the ejidos of San Martín, Godino and Tres Mezquites in the municipality of José Sixto Verduzco is analyzed in order to identify the ecological. For which an experimental method focused on the reproduction of the species was implemented, analyzing the edaphoclimatic conditions in which it naturally develops, with the germinative establishment of seeds subjected to similar conditions with proposals for the repopulation of the species. The analysis of the development of the seedlings demonstrated the adaptability of the mesquite plant to different soil and climate conditions, allowing optimal development that is directly related to the vitality of the seed, reaching heights of 23 to 28 cm in height and 20 sprouts. in the youngest seedlings. In addition to obtaining an average humidity of 34%, with the help of a hydrometer analyzing the relative humidity for these samples. Also finding the null presence of pests and/or diseases during the first stages of development, in accordance with the resistance reported by different authors.

Keywords: *Mesquite, conservation, restoration, reproduction, ethnobotany.*

INTRODUCCIÓN

Prosopis laevigata mejor conocido como mezquite es una especie encontrada principalmente en zonas áridas y semiáridas de México, que cuenta con gran valor ecológico, cultural y económico para la sociedad mexicana. En virtud de esto se le han atribuido una gran cantidad de usos y aplicaciones derivando en una significativa pérdida de poblaciones de la especie. Desde el punto de vista ecológico *Prosopis laevigata* es una especie de gran utilidad al prevenir procesos de desertificación y erosión por su alta capacidad de retención de suelo atribuible a su amplio sistema radicular, mejoramiento de fertilidad y estabilizar la salinidad del

suelo. Sin embargo, las poblaciones de mezquite se han visto gravemente disminuidas por una tala y aprovechamiento desmedido.

El mezquite (*Prosopis laevigata*) es un árbol con ramas espinosas, hojas minúsculas y flores acomodadas en racimos que atraen a las abejas, con frutos que son vainas largas y que, como planta nodriza, cumple con un importante papel en la riqueza de los suelos, al fijar nitrógeno atmosférico y permitir la recarga de agua en el manto freático (Paz, 2021).

El árbol de mezquite es una planta que ha desempeñado un papel de suma importancia para la historia y cultura de México, no solamente por la gran cantidad de usos que se le atribuyen, sino también por el gran significado que este ha tenido a lo largo del tiempo para ciertas poblaciones. Como menciona Elena Zamora en su libro “El Mesquite” (1935) “*el árbol de mesquite es testigo de la historia como tal- si pudiera hablar- qué no podría contar*”, en este escrito el mezquite no es el centro de discusión sino el punto de partida para tratar temas sociales sobre conflictos en Rio nubes y Rio Grande (Rodriguez, 2016).

Es una planta originaria de África (*Prosopis africana*), que se ha distribuido ampliamente adaptándose a diferentes condiciones edafoclimáticas, en la actualidad geográficamente puede ser encontrada en casi todo México, en áreas desérticas y semidesérticas. Descrito por Treviño I. & Villalón H. (2014) *Prosopis laevigata* es considerado como un recurso forestal maderable de importancia económica debido a que su madera es fuerte y durable, comúnmente utilizada para la fabricación de muebles, postes para cercos, como leña y para la elaboración de carbón. Las vainas y flores del mezquite son consumidas por el ganado doméstico y la fauna silvestre; es una fuente importante de néctar y polen para la producción de miel de abeja; las vainas y semillas se utilizan para elaborar una harina para consumo humano de excelente calidad.

Es una planta originaria de África (*Prosopis africana*), que se ha distribuido ampliamente adaptándose a diferentes condiciones edafoclimáticas, en la actualidad geográficamente puede ser encontrada en casi todo México, en áreas

desérticas y semidesérticas. Descrito por Treviño I. & Villalón H. (2014) *Prosopis laevis* es considerado como un recurso forestal maderable de importancia económica debido a que su madera es fuerte y durable, comúnmente utilizada para la fabricación de muebles, postes para cercos, como leña y para la elaboración de carbón. Las vainas y flores del mezquite son consumidas por el ganado doméstico y la fauna silvestre; es una fuente importante de néctar y polen para la producción de miel de abeja; las vainas y semillas se utilizan para elaborar una harina para consumo humano de excelente calidad. Desde el punto de vista ecológico, los mezquites son importantes en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, son hábitat para la fauna silvestre y para el funcionamiento de las cuencas hidrológicas, además de ser considerado un árbol con potencial ornamental del noreste de México. Los mezquites constituyen parte importante de la flora, alcanzando inclusive carácter predominante en ciertas regiones; han estado ligados con la vida del campesino mexicano desde tiempos remotos. Sometido a una acción antropogénica irracional desde la conquista española que ha deteriorado notablemente sus poblaciones naturales. Debido a los enormes beneficios que brinda el mezquite para el ser humano, ha sido sobreexplotado por lo que en consecuencia se ha reducido en gran medida, disminuyendo la importancia cultural y el cuidado que se le profesaba en la antigüedad, encontrándose en un grave estado de deforestación, debido a diferentes factores como el cambio de uso de suelo a áreas de cultivo y su desvalorización por erosión cultural (Treviño & Villalón 2014).

Debido a esto la finalidad de esta investigación es lograr definir las variables edafoclimáticas necesarias para la reproducción de *Prosopis laevis* analizando la presencia de plagas y enfermedades durante la siembra y reproducción de la especie. Lo anterior implementando una metodología documental y práctica, estableciendo un área para la reproducción de la especie, manejando y cuidando las condiciones necesarias para el desarrollo adecuado de las plántulas, así como la identificación de conocimientos previos para mejorar el aprovechamiento del árbol.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se determinó el área de ubicación de una población significativa de *Prosopis laevigata* en el municipio de José Sixto Verduzco en un área compartida por las localidades de San Martín, Godino y Tres Mezquites, siendo esta la zona en la que se concentran la mayor cantidad de mezquites en la región como se muestra en la figura 1.

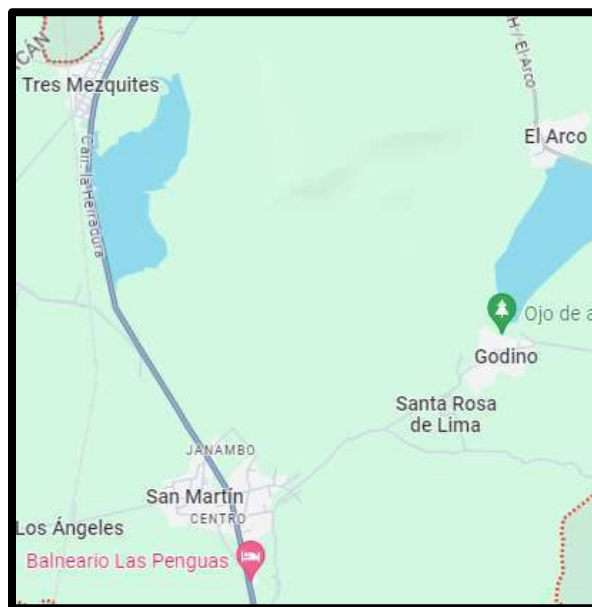


Figura 1. Localización de los ejidos San Martín, Godino y Tres Mezquites. Google maps (2024).

Según datos obtenidos del Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos; José Sixto Verduzco, Michoacán de Ocampo (2010), En el municipio de José Sixto Verduzco predomina un clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (97.40%) y templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (2.060%), con un rango de temperatura de 16 a 20°C y un rango de precipitaciones de 700 a 800mm; dominan los suelos vertisoles en una 92.32%, el principal uso de suelo es para la agricultura en 76.79%, en cuanto la vegetación predominante es de selva (16.14%) y pastizales (0.38%).

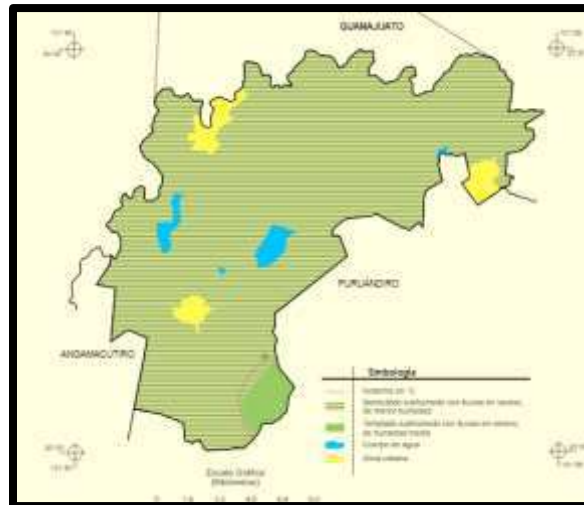


Figura 2 Clima en José Sixto Verduzco. Fuente. INEGI (2009).

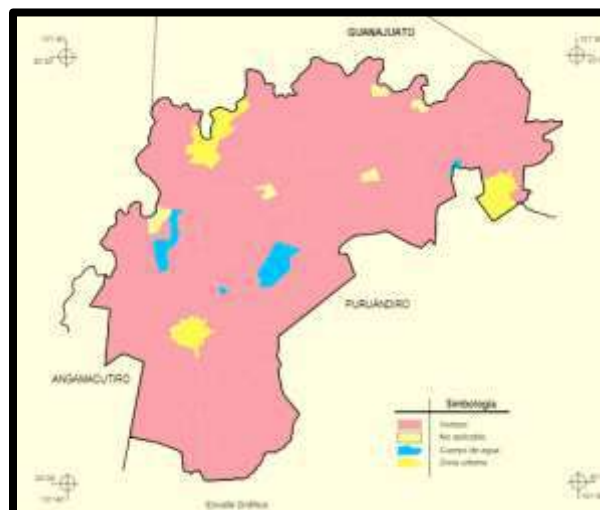


Figura 3 Suelos en José Sixto Verduzco. Fuente. INEGI (2009).

De acuerdo con un estudio realizado por el Departamento de Bioingeniería y Ciencias, Tecnológico de Monterrey, Campus Hidalgo sobre “Distribución potencial de *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd. M. C. Johnst) en el estado de Hidalgo, México”, son pocos los problemas que se esperan para la adaptación de *Prosopis laevigata* a distintos tipos de suelo, climas y condiciones de evapotranspiración. (Palacios, et al., 2021). Dado lo anterior se establecieron las condiciones de sustrato implementado para la germinación y reproducción de las semillas, al igual que se determinó la dinámica de riego que sería implementada, con las siguientes características: sustrato con 60% arena, 40% materia orgánica y

peat moss, alcanzando el potencial hídrico para su aplicación práctica. De acuerdo con datos obtenidos documentalmente, el árbol de mezquite es resistente a plagas y enfermedades, por lo cual para este se estableció un análisis a observación para identificar cualquier anomalía que se presentara en alguna de las partes de la plántula. Contando con antecedentes teóricos para la reproducción de *Prosopis laevigata* se pusieron en práctica para realizar la siembra de semillas y mantener el cuidado y análisis en las etapas de crecimiento de las plántulas para identificar alguna deficiencia o necesidad que presentara alguna de estas. Se obtuvieron las semillas recolectadas en las comunidades de Godino y Tres Mezquites durante periodos de fructificación pasados (2022 Y 2023).



Figura 4 Vainas de mezquite secas. (de los autores 2024)

Se sembraron las semillas en charolas de germinación de 26 cavidades teniendo un total de 104 semillas sembradas.



Figura 5 Proceso de germinación de semilla de mezquite. (de los autores 2024)

Se realizó también siembra en 32 bolsas de polietileno con 3 semillas cada una a una profundidad de 3 veces la dimensión de la semilla, con las mismas características de sustrato. Se les dio un acomodo de tresbolillo y se cubrieron con un plástico para mantener controladas las condiciones de luz, humedad y

temperatura. En todas las muestras de material biológico sembradas se monitorearon constantemente las condiciones de humedad, luz, temperatura; las condiciones fitosanitarias de las plántulas germinadas, así como la presencia de plagas y/o enfermedades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la gráfica 1 la altura media que alcanzaron las plántulas de *Prosopis laevigata* a diez semanas de la siembra es de 17.4 cm, presentando un crecimiento de 1 a 2 centímetros cada semana, exceptuando la semana 7 en la que se presentó un crecimiento de casi 3 centímetros, aprovechando las condiciones edafoclimáticas a las que fueron sometidas las muestras de estudio, alcanzando un desarrollo adecuado.

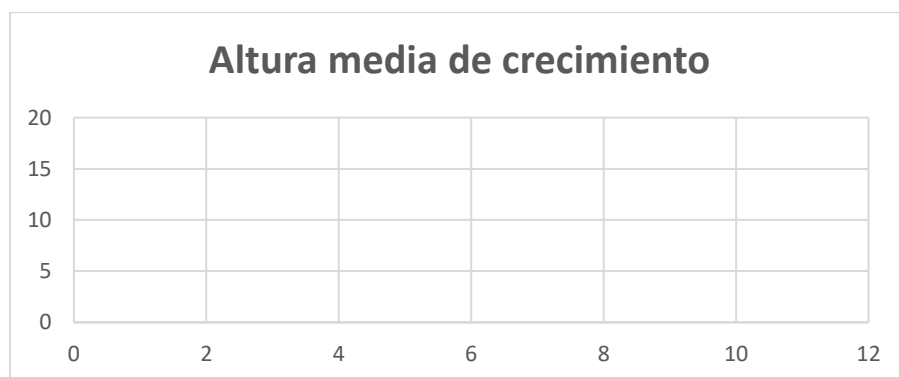


Figura 6. Altura media de crecimiento de plántulas de *Prosopis laevigata*.

Del mismo modo se alcanzó un promedio de 14.26 brotes por plántula, perdiendo los cotiledones y mostrando características propias de la planta adulta a la tercera semana de la germinación, como lo son pequeñas espinas características de la especie en la base de la yema axilar. Con un total de 21 plántulas de las cuales fueron tomadas las humedades relativas durante 24 días se obtuvo como resultado una media de 34% de humedad por planta en general, mostrándose en la gráfica 2 la media de humedad que alcanzó el sustrato de cada plántula respectivamente.

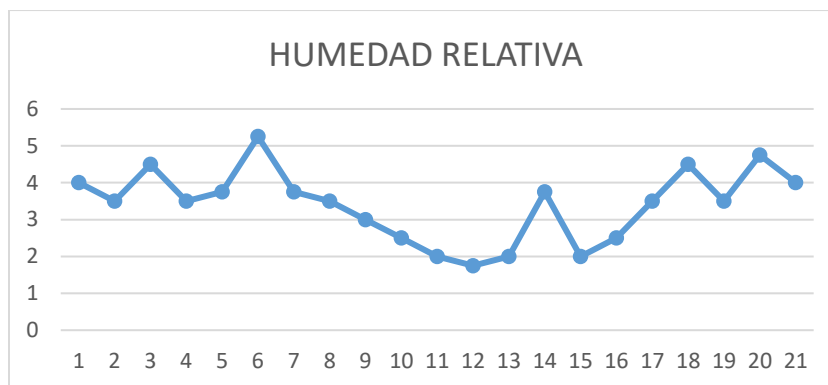


Figura 2 Humedad Relativa alcanzada por planta

CONCLUSIONES

Tras lo analizado se concluye que el origen y tiempos de recolección de la semilla son de suma importancia para un adecuado desarrollo de la mismas, puesto que, de acuerdo con lo observado, se presentó un mejor crecimiento en cuanto a altura, y nacimiento de brotes en semillas más jóvenes. La formulación de un sustrato compuesto por materia orgánica, arena y peat moss, que sea ligero, esponjoso y que permita la filtración de agua y el proceso germinativo adecuado de las semillas es indispensable para alcanzar un porcentaje de germinación mayor, además de mantener las condiciones de humedad adecuadas. De lo antes mencionado se deriva la relación de las condiciones edafoclimáticas compartidas entre el municipio de José Sixto Verduzco, lugar en el que se identificó la población de *Prosopis laevigata* y el municipio de Puruándiro, lugar en el que se establece la población de mezquite, y que hasta el momento exhibe una adecuada germinación y adaptación a las condiciones de clima (temperatura) y tipos de suelo, que en general se pueden definir como vertisoles, en la cual se implementó un riego constante cada tercer día, analizando el desarrollo de la planta con dichas condiciones de riego, aumentando la posibilidad de permanencia de la especie, con potencial para uso de reforestación.

LITERATURA CITADA

Palacios, A., Jiménez, E., Rodríguez, R., Razo, R. (2020). Distribución potencial de *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonlp. Ex Willd. M. C. Johnst en el estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(63)

<https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/812/2388>

Paz, S. (2021). El mezquite, una lucha para evitar su erosión cultural y ambiental.

Facultad de ciencias UNAM. <https://www.fciencias.unam.mx/noticias/el-mezquite-lucha-por-evitar-erosion-cultural-y-ambiental>

Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.

(2009). José Sixto Verduzco, Michoacán de Ocampo. INEGI.

<https://docplayer.es/94866989-Prontuario-de-informacion-geografica-municipal-de-los-estados-unidos-mexicanos-jose-sixto-verduzco-michoacan-de-ocampo-clave-geoestadistica-16113.html>

Rodríguez, E., Argente L., & Morales, D. (2018). Régimen hídrico e intercambio de gases de *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst. en dos ecosistemas semiáridos del sur de Sonora. Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa.

<https://revistas.chapingo.mx/forestales/article/view/r.rchscfa.2018.09.068/r.rchscfa.2018.09.068>

Treviño, I., & Villalón, H. (Enero de 2014). Técnica para el beneficio de semillas de

mezquite [*Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl., Ex Wild) M.C. Johnst].

Técnicas en el manejo sustentable de los recursos naturales.

https://www.researchgate.net/publication/279177243_Tecnica_para_el_beneficio_de_semillas_de_mezquite_Prosopis_laevigata_Humb_Bonpl_Ex_Wild_MC_Johnst

ESTIMACIÓN DE NUMERO DE HORAS FRIO PARA FRUTALES EN EL ESTADO AGUASCALIENTES

Salvador García Almanza, Gerardo Emanuel Arpero, Rubí Guadalupe Duran Aguirre, María Flores Delgado, Cristian González Ortega

1Estudiante de licenciatura del Tecnológico Nacional de México-Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, Km.8, C.P. 38110. *Autor de correspondencia: l2198017@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El estudio de las condiciones climáticas para la producción de frutales es fundamental para optimizar las prácticas agrícolas y mejorar los rendimientos de cultivos como el durazno, guayaba y manzano, entre otros. El clima semiárido de la región plantea retos específicos para estos cultivos, particularmente en lo que respecta a la disponibilidad de horas frío, un factor crucial para garantizar la adecuada dormancia de diversas especies. La estimación de las horas frío en Aguascalientes ha sido objeto de diversos estudios que destacan la importancia de contar con métodos más precisos para este cálculo, considerando las variaciones térmicas dentro de las diferentes zonas del estado. El objetivo de esta investigación es determinar la disponibilidad de horas frío para su aprovechamiento en frutales, mediante el método de "Crossa Raynaud". Los datos fueron tomados del Servicio meteorológico nacional a nivel diario de un total de 108 estaciones meteorológicas ubicadas en el estado de Aguascalientes. La selección de estaciones representa una serie histórica del año 1960 hasta 2018. El cálculo se realizó a una probabilidad del 80% de la ocurrencia. Los resultados muestran que las temperaturas medias anuales son en general homogéneas en todo el estado, sólo se distinguen temperaturas medias superiores a los 18°C en el valle de Calvillo y la porción sur del valle de Aguascalientes. En el resto del territorio las temperaturas fluctúan entre los 16.3°C en Rancho Viejo y Puerto de la Concepción y los 17.7°C en Jesús María, presentando una acumulación de 2,839 horas frío, en un periodo de 58 años. Lo que ha favorecido en la producción de manzana, pera, durazno y ciruela.

Palabras clave: *Horas frío, aprovechamiento, frutales, método, Crossa Raynaud.*

ABSTRACT

The study of climatic conditions for fruit production in Aguascalientes is essential to optimize agricultural practices and improve the yields of crops such as peach, guava, and apple, among others. The semi-arid climate of the region poses specific challenges for these crops, particularly with regard to the availability of cold hours, a crucial factor to ensure adequate dormancy of various species. The estimation of cold hours in Aguascalientes has been the subject of various studies that highlight the importance of having more precise methods for this calculation, considering the thermal variations within the different areas of the state. The objective of this research is to determine the availability of cold hours for their use in fruit trees, using the “Crossa Raynaud” method. The data were taken from the National Meteorological Service on a daily basis from a total of 108 meteorological stations located in the state of Aguascalientes. The selection of stations represents a historical series from 1960 to 2018. The calculation was made at a probability of 80% of the occurrence. The results show that the average annual temperatures are generally homogeneous throughout the state, only average temperatures above 18°C are distinguished in the Calvillo valley and the southern portion of the Aguascalientes valley. In the rest of the territory, temperatures fluctuate between 16.3°C in Rancho Viejo and Puerto de la Concepción and 17.7°C in Jesús María, presenting an accumulation of 2,839 cold hours, in a period of 58 years. This has favored the production of apple, pear, peach and plum.

Keywords: *Cold hours, use, fruit trees, method, Crossa Raynaud.*

INTRODUCCIÓN

En investigaciones realizadas por Martínez y Gómez (2020), se analiza el impacto de la falta de horas frío en la productividad del durazno en varias regiones de Aguascalientes. Los autores concluyen que la escasez de temperaturas bajas durante el invierno está afectando la calidad de la floración y el cuajado de los frutos, lo que lleva a una reducción en los rendimientos de los cultivos. Por otro lado, Ramírez *et al.* (2019) indican que, a pesar de las condiciones climáticas adversas,

algunas variedades de manzano han mostrado una tolerancia relativamente alta a la falta de horas frío, lo que podría abrir nuevas oportunidades para la expansión de este cultivo en áreas con temperaturas más elevadas.

Un aspecto clave en la investigación sobre frutales en Aguascalientes es la evaluación de modelos climáticos avanzados para estimar las horas frío. Hernández *et al.* (2021) proponen un modelo de predicción basado en datos históricos de temperatura y otros factores meteorológicos, como la humedad y la radiación solar, con el objetivo de mejorar la estimación de horas frío en tiempo real, para ello, existen métodos que se basan en datos mensuales, como son Weimberger, Sharpe y Da Mota en donde tiene un grado mínimo de confiabilidad en el cálculo. Así mismo, existen métodos que utilizan datos diarios que permiten elevar el grado de confiabilidad y son Crossa-Reynaud, Sánchez Capuchino y Lineal. Estos últimos se consideran más efectivos y eficientes para estimar horas frío. Permitiendo a los productores adaptar sus cultivos a las condiciones locales y maximizar la eficiencia del uso del agua. Mencionando que, la influencia de los elementos o factores climáticos no es igual en las diferentes especies y aún variedades, en las distintas épocas del año y en los distintos lugares, de tal manera que como cita el climatólogo francés Durand-Dastés “hay una geografía de las plantas cultivadas de origen esencialmente climático”. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar al 80% de probabilidad la acumulación de horas frío en el estado de Aguascalientes y con ello identificar las regiones con mayor potencial de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información utilizada fue extraída de las diferentes estaciones meteorológicas ubicadas en el estado de Aguascalientes, agrupando, seleccionando y ordenando los datos de mayor a menor por estación. Para la estimación se utilizaron las variables de Temperatura máxima y Temperatura mínima. En la ejecución de simulaciones para horas frío se utilizó el sistema SIMPEC (Sistema de Información para el Monitoreo del Potencial Ecológico de los Cultivos que fue desarrollado por Quijano *et al.* (2011), el cual maneja una base de datos climáticos diarios, una base de datos con descripciones en los perfiles que representa las unidades de suelo que

predominan en México y, por último, los modelos de simulación del crecimiento de cultivos y de plagas y enfermedades agrícolas.

Con los valores diarios de temperaturas máximas y mínimas para la misma serie y localidad, se calcularon las horas de frío disponibles a través del método propuesto por Crossa-Reynaud (1956), que consiste en tomar los registros de temperatura diaria (en intervalos de tiempo específicos, como cada hora o cada día) y sumar las horas en las que la temperatura se encuentra por debajo de la temperatura crítica, durante un período determinado (como durante el invierno). La ecuación es la siguiente:

Crossa-Reynaud (1956)

$$hf = 24 [(7-m) / (M-m)]$$

$$HF = \sum hf$$

M = Temperatura máxima diaria m = temperatura mínima diaria.

Con los resultados se determinó el valor al 80% de probabilidad acumulada para las horas frío. Posteriormente se construyeron mapas utilizando el software QGIS 3.8. Cada factor se consideró en la distribución de horas frío en donde se llevó el manejo de capas de información de forma independiente.

RESULTADOS

Aguascalientes experimenta un número significativo de horas de frío principalmente entre los meses de noviembre a febrero, con picos de bajas temperaturas entre diciembre y enero, los cuales son los meses más fríos del año. El número de horas de frío varía según la altitud y la ubicación geográfica dentro del Estado, siendo más pronunciadas en las zonas montañosas de la Sierra Fría y en los municipios del norte. Dentro del mapa (Figura 1), podemos observar las regiones de Aguascalientes que presentan una mayor acumulación de horas frío, como lo es San Francisco de los Romos, con un total 985, seguido de los municipios con un menor índice. El incremento o disminución va en variación a su ubicación

geográfica, destacando que no se han registrado zonas con un índice menor a 159 horas frío. Las regiones con mayor acumulación son las que se encuentran a mayor altitud, como Rincón de Romos, Calvillo, El Llano y Asientos, donde las temperaturas pueden llegar a bajar de 0°C, provocando heladas frecuentes. Las áreas urbanas como Aguascalientes capital tienen temperaturas menos extremas, pero también experimentan fríos moderados, con registros de temperaturas mínimas entre 5°C y 8°C durante los picos del invierno. En los últimos 10 años, la frecuencia de horas de frío ha mostrado una tendencia relativamente constante, con 2 a 3 eventos de frío extremo por temporada en las zonas más altas. Estos eventos generalmente duran entre 1 y 3 días consecutivos. Los análisis mostraron que la duración promedio de las horas de frío en las zonas altas fue de aproximadamente 60 a 80 horas por temporada.

Un hecho importante encontrado con los resultados fue la marcada tendencia en la

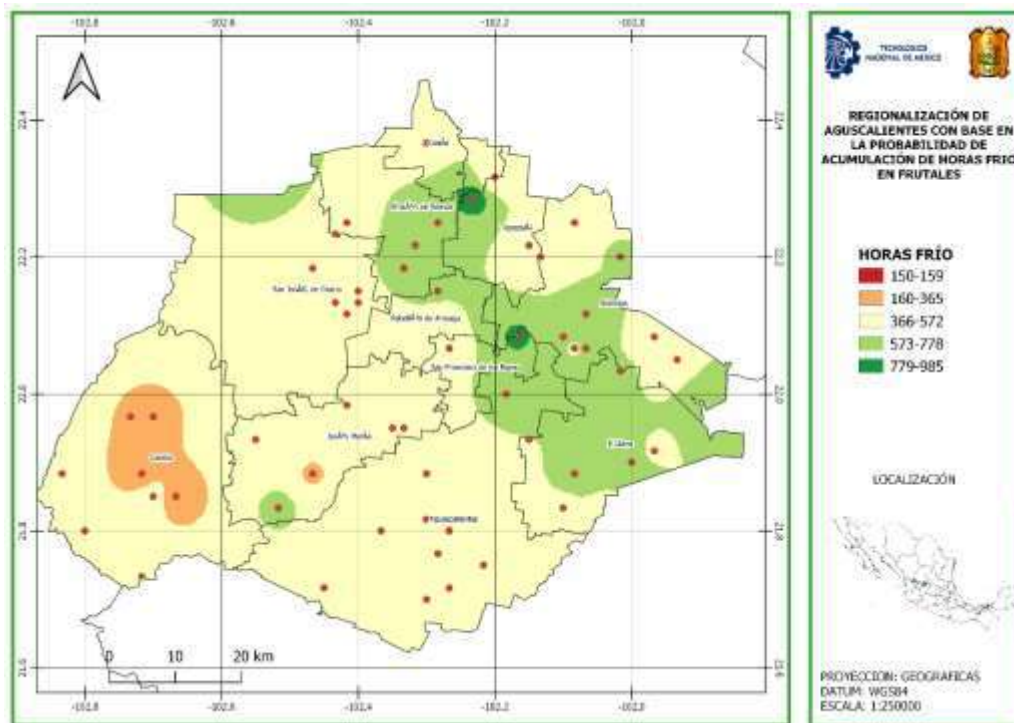


Figura 5 Acumulación de horas frío en el estado de Aguascalientes.

acumulación de horas frío como lo indica la Figura 2, ya que podemos observar un

aumento significativo en relación con la estación meteorológica medida, siendo un dato relevante a la hora de seleccionar el frutal que se desea sembrar.

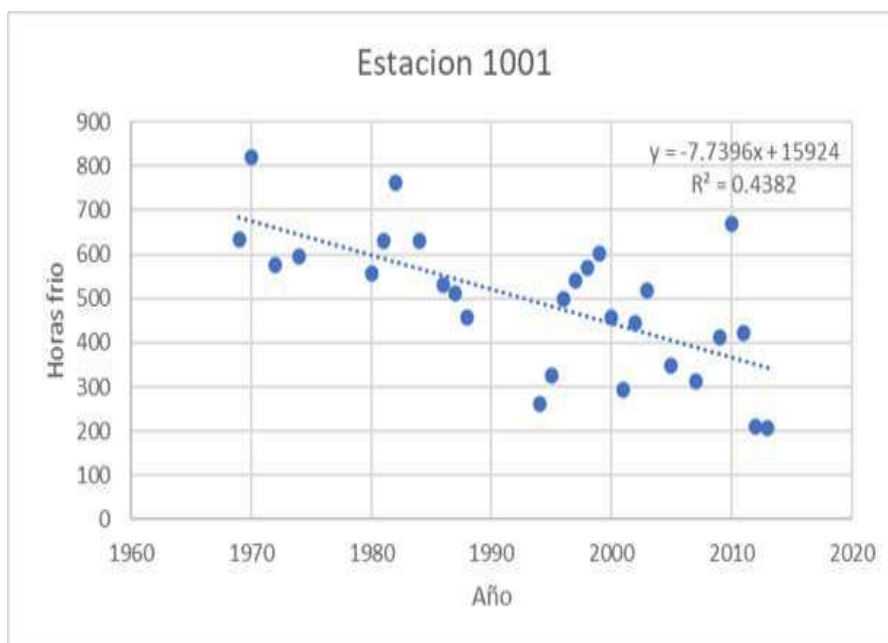


Figura 2 Acumulación de horas frío por año, en la estación meteorológica 1001.

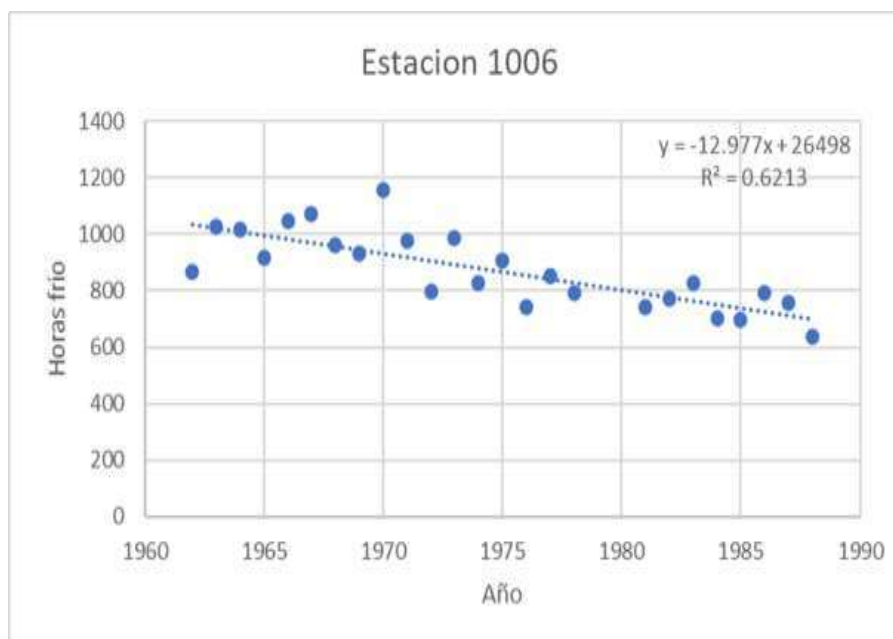


Figura 3. Acumulación de horas frío por año, en la estación meteorológica 1008.

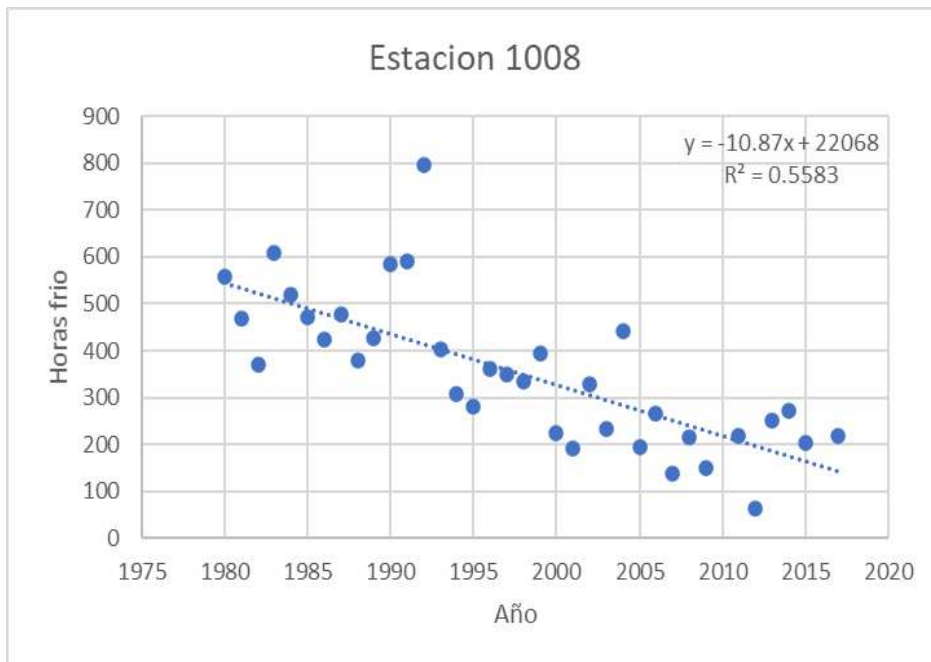


Figura 6 Acumulación de horas frío por año, en la estación meteorológica 1008.

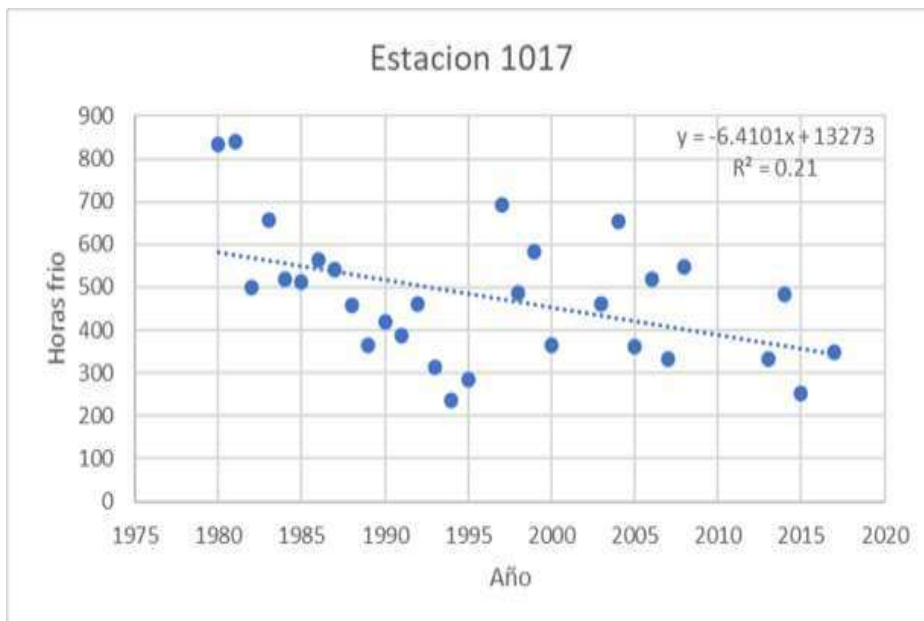


Figura 5. Acumulación de horas frío por año, en la estación meteorológica 1017.

CONCLUSIÓN

El análisis de las zonas geográficas mostró que las áreas más afectadas por las horas de frío son las ubicadas a mayores altitudes, como la Sierra Fría y las regiones del norte del estado. En estas zonas, las heladas severas pueden extenderse durante varias horas y días, lo que aumenta el riesgo para los cultivos frutales. Sin embargo, las zonas de menor altitud, como la capital y otros municipios del sur, experimentan menos horas de frío, lo que les permite tener una mayor estabilidad en la producción frutal.

Uno de los principales hallazgos de este estudio es que los cultivos más vulnerables al impacto de las horas de frío en Aguascalientes son aquellos que requieren de condiciones térmicas específicas para su desarrollo, como la manzana, el durazno, la pera y la ciruela. Las heladas tardías, que ocurren principalmente en la transición entre invierno y primavera, son especialmente perjudiciales, ya que pueden destruir flores y frutos en formación, lo que genera pérdidas significativas en la producción.

LITERATURA CITADA

- INIFAP. (2017) Estadísticas Climatológicas Básicas (período 1960-2003), para los Estados de: Aguascalientes, Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. Consultadas en <http://www.agromapas.inifap.gob.mx/>. 7 de noviembre 2024.
- Jaimes, E. (1999). Condiciones meteorológicas a nivel global y local, Cambio Climático y “El Niño 1997-98, En Tarazona, J. y E. Castillo (Editores), El Niño 1997-98 y su impacto sobre los Ecosistemas Marino y Terrestre. Rev. Perú. Biol. Vol. Extraordinario: 1-8, Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM, 1-8 pp. ISSN 1561- 0837.
- Pájaro, H. D. y Ortiz S. C. (1989). Estimación del periodo de crecimiento por disponibilidad de agua y libre de heladas para la República Mexicana.

- Memorias de la Segunda Reunión Nacional de Agroclimatología. Departamento de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo, Edo. de México, México.
- Pereyra-Díaz, D., U. Bando, M. A. Natividad (2004). Influencia de La Niña y El Niño sobre la precipitación de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México, Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz 20(39):33-38 pp. Página en internet. <http://www.ujat.mx/publicaciones/uciencia>.
- SAGARPA. (2010). Boletín de Variedades Recomendadas para los Estados de: Aguascalientes, Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas. Ciclo Agrícola de PRIMAVERA-VERANO 2003. Comité Consultivo de Variedades de Plantas. Dirección General de Vinculación y Desarrollo Tecnológico. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. Consultados en página de internet: http://www.sagarpa.gob.mx/v1/agricultura/pages/sust/bol_vrec.htm.
- HERNÁNDEZ A. (1992). Estimación de Horas Frío y Periodo Libre de Heladas para el Estado de Aguascalientes. México: Colec. Textos Universitarios, Univ. Ver., 1-23.
- Matías, R.L.G., Fuentes, M.O., García, J.F. (2014). Heladas. Sistema Nacional de Protección Civil. Versión electrónica. México D.F. 37 pp.
- Medina, B. M. P. (1995), Metodología para obtener índices agroclimáticos, tesis de Licenciatura en Geografía, Colegio de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.
- Magaña, V. y C. Morales (1999), "El clima y la sociedad", en Magaña, V. O. (ed.), Los impactos de El Niño en México, SEP-CONACyT, México, pp. 1-21.
- SAGAR (1996), Zonas potenciales para la producción de las principales especies vegetales en el estado de Guanajuato, INIFAP, Centro de Investigación del Centro Campo Experimental Bajío, Guanajuato, México.

ESTRATEGIAS DE PERMANENCIA Y ACCIÓN COLECTIVA DE LOS PRODUCTORES FAMILIARES DE LECHE EN LOS MUNICIPIOS DE EL MARQUÉS Y COLÓN, QUERÉTARO

Dra. Elsa Angélica Contreras Contreras¹; Dr. Esteban Valtierra Pacheco²

¹ Investigadora, INIFAP, ² Investigador, Colegio de Postgraduados. Autor de correspondencia:

contreras.elsa@inifap.gob.mx

RESUMEN

Actualmente, en la cuenca de estudio en la zona periurbana de la ciudad de Querétaro, la lechería está pasando por un período crítico debido a los procesos de urbanización e industrialización, que han propiciado la desaparición de unidades de producción. A ello se le suman, los altos costos de producción y el precio bajo de la leche, la situación crítica ha pasado a ser insostenible para muchas Unidades Familiares de Producción de Leche (UFPL). Bajo esta lógica, resulta pertinente el análisis de la vulnerabilidad considerando también los recursos materiales, el capital social y el tipo de relaciones y estrategias colectivas que han establecido los productores que les ha permitido continuar con la actividad y enfrentar a los factores negativos señalados. El análisis de la problemática de los productores lecheros se abordó desde una visión sistémica como la que ofrece el enfoque SIAL. Esta perspectiva plantea que la proximidad geográfica, comunitaria y profesional son elementos de análisis para comprender las estrategias de permanencia de los sistemas productivos localizados en un territorio, en este caso de los sistemas lecheros familiares. El nivel de vulnerabilidad de las UFPL en los municipios de Colón y El Marqués no es muy crítico, porque los productores han sabido sortear las condiciones adversas, a través de estrategias de adaptación como la pluriactividad, la organización y las redes de cooperación familiar y la asociatividad a través de los lazos familiares.

Palabras clave: Lechería familiar, estrategias, acción colectiva, organización, pluriactividad

ABSTRACT

Currently, in the study basin in the peri-urban area of the city of Querétaro, the dairy is going through a critical period due to the urbanization and industrialization processes, which have led to the disappearance of production units. Added to this, the high production costs and the low price of milk, the critical situation has become unsustainable for many Family Milk Production Units (UFPL). Under this logic, the analysis of vulnerability is relevant, also considering material resources, social capital and the type of relationships and collective strategies that producers have established that have allowed them to continue with the activity and confront the negative factors indicated. The analysis of the problems of dairy producers was approached from a systemic vision such as that offered by the SIAL approach. This perspective suggests that geographical, community and professional proximity are elements of analysis to understand the permanence strategies of productive systems located in a territory, in this case family dairy systems. The level of vulnerability of the UFPL in the municipalities of Colón and El Marqués is not very critical, because the producers have known how to overcome adverse conditions, through adaptation strategies such as pluriactivity, organization and family cooperation networks and associativity through family ties.

Keywords: *Family dairy, strategies, collective action, organization, pluriactivity*

INTRODUCCIÓN

En México, los sistemas de producción familiar tienen un papel importante en el desarrollo del sector lechero, su relevancia se sustenta en los ingresos que proporcionan a un importante número de familias campesinas, además de generar diferentes beneficios sociales, moderar la migración en las zonas rurales y contribuir en la preservación de las tradiciones culturales como es la gastronomía mexicana mediante el saber-hacer, aplicado en la transformación de la leche en quesos artesanales (Cavallotti-Vázquez, 2014 y Cervantes-Escoto y Cesín-Vargas, 2007).

A pesar de su importancia, los sistemas ganaderos familiares se desarrollan en un entorno de incertidumbre, consecuencia del modelo económico y de desarrollo rural

regional que propicia el crecimiento de una ganadería de gran escala más orientada a surtir los mercados urbanos. A esta situación se suma la problemática ambiental, resultado del cambio climático, la falta de políticas públicas que beneficien al sector ganadero de pequeña y mediana escala, el incremento constante de los costos de producción y los procesos de urbanización presente en varias ciudades del país.

El análisis del sector lechero ha sido abordado a partir de diversas perspectivas, desde lo ambiental, social, económico y productivo. Una de ellas es la de Espinoza-Arellano *et al.* (2019), quienes basan su análisis en los problemas derivados de la importación de leche en polvo y otros productos lácteos y su impacto en el sector que ha derivado en la crisis de algunas cuencas lecheras del país.

Desde la óptica productiva, la problemática afecta de manera distinta a los diferentes tipos de sistemas de producción. Camacho-Vera *et al.* (2017) señalan que el rendimiento lechero, está relacionado con factores biológicos y no biológicos que condicionan la productividad y el nivel de tecnificación tiene una correlación positiva con respecto al rendimiento. Los sistemas lecheros de producción familiar son los más afectados porque presentan baja productividad, condicionada muchas veces por la poca infraestructura, manejo sanitario deficiente, escasos registros económicos y productivos y la poca o nula implementación de buenas prácticas ganaderas.

El factor ambiental es un aspecto importante para analizar cuando se habla de la crisis del sector lechero. Vargas-López *et al.* (2022) señalan que, en México, los eventos climáticos extremos que han causado cada vez más daños son las sequías en el norte del país y las inundaciones en el sur. De acuerdo con Saldaña-Zorrilla (2008), los productores perciben como riesgos la falta de lluvia, el frío, los fuertes vientos, huracanes, inundaciones y el calor extremo dañan periódicamente y en el largo plazo a su producción.

El estudio realizado por Robledo-Padilla (2018) señala varios problemas como la falta de organización de los productores, la baja capacitación y asistencia técnica y los procesos de urbanización que han impactado a las principales cuencas lecheras

del país, especialmente en derredor de las grandes ciudades. Este proceso tiene implicaciones para la actividad lechera, la primera es la escasez de agua, al destinarse solo para uso doméstico, se vuelve imposible para los productores agropecuarios seguir manteniendo sus parcelas con los forrajes que sirven de alimento para el ganado porque la prioridad en la distribución del agua es el consumo humano. El cambio de uso de suelo también es otro problema, debido a que reduce las áreas para la producción de alimento para el ganado.

Actualmente, en la cuenca de estudio en la zona periurbana de la ciudad de Querétaro, la lechería está pasando por un período crítico debido a los procesos de urbanización e industrialización, que han propiciado la desaparición de unidades de producción. A ello se le suman, los altos costos de producción y el precio bajo de la leche, la situación crítica ha pasado a ser insostenible para muchas Unidades Familiares de Producción de Leche (UFPL). Las dinámicas internas de las UFPL como la migración y la disponibilidad de mano de obra familiar, que se supondría están bajo el control de los productores, también han contribuido a hacerlos vulnerables. Sin embargo, los productores persisten en esta actividad productiva principalmente por razones de tradiciones culturales y sociales más que productivas y económicas.

Bajo esta lógica, resulta pertinente el análisis de la vulnerabilidad considerando también los recursos materiales, el capital social y el tipo de relaciones y estrategias colectivas que han establecido los productores que les ha permitido continuar con la actividad y enfrentar a los factores negativos señalados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Analizar la microcuenca desde un enfoque territorial significa incorporar al análisis elementos, culturales, sociales, económicos y naturales que están presentes en el territorio. El enfoque de Sistemas Agroalimentarios Localizados (SIAL) analiza las articulaciones entre territorio, actores, productos y saber-hacer (Boucher, 2003). También toma en cuenta el contexto externo al sistema, por la influencia que puede tener en las dinámicas internas. La perspectiva SIAL permite explicar la

sobrevivencia y la vitalidad de concentraciones de pequeñas agroindustrias, en un contexto a priori desfavorable a su desempeño.

Se utilizó la encuesta como la principal técnica cuantitativa. La cual se complementó con métodos cualitativos como son: observación participativa y entrevistas semiestructuradas. El total de cuestionarios aplicados fue de 52 (tamaño de muestra). Se tenían algunos listados con nombres de productores lecheros que proporcionaron las presidencias municipales y el centro de acopio de LICONSA. Sin embargo, no se tenía un marco de muestreo con datos de los productores familiares o pequeños que cumplieran el requisito de tener 50 vacas o menos. Por ello, la muestra se sustentó en una selección aleatoria de esos listados y en las comunidades se obtuvieron más nombres de otros productores en los listados que cumplieran con el requisito de la muestra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de la problemática de los productores lecheros se abordó desde una visión sistémica como la que ofrece el enfoque SIAL. Esta perspectiva plantea que la proximidad geográfica, comunitaria y profesional son elementos de análisis para comprender las estrategias de permanencia de los sistemas productivos localizados en un territorio, en este caso de los sistemas lecheros familiares.

De acuerdo con el análisis existen ciertos elementos que han permitido a las UFPL persistir pese a las dificultades que enfrentan.

En primer lugar, la organización forma parte de las estrategias de adaptación de las UFPL, de acuerdo con Pomeón *et al.* (2007), forma parte de la acción colectiva de tipo estructural, que corresponde a la creación de un grupo organizado. Siguiendo al autor, este tipo de acción colectiva ofrece una serie de ventajas a los productores, por ejemplo, la compra de algunos insumos (alimento principalmente), el acceso a programas y apoyos de gobierno (compra de equipo, mejoramiento de infraestructura, mejoramiento genético del ganado, etc.). Otro beneficio es la capacitación y la asistencia técnica, en este caso, LICONSA capacita a los

productores en la realización de Buenas Prácticas Ganaderas. La tabla 1 señala las estructuras de organización social en la cuenca lechera.

Tabla 1. Estructuras de acción colectiva en la zona de estudio

Estructuras de acción colectiva	
El Marqués	Colón
Unión Ganadera Regional de Querétaro	Unión Ganadera Regional de Querétaro
Asociación Nacional Holstein	Asociación Ganadera municipal
Unión Ganadera Municipal	LICONSA
Asociación de Productores de Leche Pura (Alpura), Sociedad Anónima de Capital	Asociación de productores de leche del municipio de Colón
Variable	
Asociación de Productores Lecheros “Los Morales”	

Institucionalmente, existen las estructuras organizativas creadas con el objetivo de apoyar a los productores y mejorar las condiciones de compra-venta. La Unión Ganadera Regional de Querétaro tienen como objetivo, garantizar la incorporación de los productores al mercado y buscar las mejores condiciones de precio. También llevan el control y registro del ganado, lo que brinda la posibilidad de acceder a campañas de vacunación de brucelosis y tuberculosis, forman parte de esta institución los productores que cuentan con registro SIINIGA (Sistema Nacional de Identificación Individual de Ganado). En la encuesta, 46.1 % de los productores reportaron que llevan este registro.

Respecto a las organizaciones municipales, la mayoría de los productores (65.0 %) pertenecen a alguna organización. La creación del centro de acopio de LICONSA y la Organización de Productores de Leche “Los Morales” condujeron promover relaciones de cooperación entre los productores. Las UFPL deben recurrir a algún tipo de forma asociativa, esto les ayuda a adquirir escala y la estructura mínima para mantenerse en el mercado de forma competitiva (Forero-Camacho, Rojas-Carvajal y Arguelles-Cárdenas, 2013).

Los productores familiares de los municipios de Colón y El Marqués forman parte de al menos una de las organizaciones listadas en el Cuadro 10. La organización ha ayudado a consolidar su integración al mercado local, por ejemplo, las queserías locales representan el canal de comercialización más importante para la venta de

leche. Solamente 34.6 % de los productores de estos municipios mencionaron no pertenecer a ninguna organización, prefieren trabajar de manera individual y no lidiar con problemas con otros productores.

Otra forma de organización de las UFPL de tipo informal es el fortalecimiento de las redes de cooperación enmarcada en las relaciones familiares o de amistad, este tipo de relaciones son la base para el intercambio de recursos técnicos, mano de obra e innovaciones tecnológicas.

Otra estrategia identificada es la diversificación de actividades (pluriactividad), es una de esas estrategias que permite a las UFPL hacer uso de esos recursos para cubrir las necesidades que van saliendo día con día en la producción, que se da más en Colón que en El Marqués. De igual manera, los canales de comercialización locales juegan un rol importante, las UFPL pueden vender la leche a los queseros o llevarla al centro de acopio de LICONSA (únicamente en el caso de Colón).

La pluriactividad rural significa la alternancia de actividades no agropecuarias con las agropecuarias. En el campo mexicano el ingreso de las familias rurales proviene cada vez más del trabajo asalariado no agrícola, la estructura de producción las UFPL ha cambiado a partir de las dificultades que el agro enfrenta. De acuerdo con Román-Montes de Oca, Licea-Reséndiz y Romero-Torres (2020), la pluriactividad corresponde a las estrategias de adaptación implementadas por los productores para continuar con las actividades agropecuarias a pesar del crecimiento urbano, de políticas no favorables y de falta de planes de desarrollo rural.

El 46.1 % de las UFPL no cuentan con ingresos provenientes de actividades extrafinca. En las que sí tienen este ingreso extra, el 40.0 % de los responsables de las UFPL se dedican a la construcción y un porcentaje más bajo (6.6 %) son obreros (Figura 8). Con la cercanía de la zona urbana, estas actividades han tomado una mayor importancia respecto a las actividades en sus propios establos.

De acuerdo con Jarquín-Sánchez, Castellano-Suárez y Sangerman-Jarquín (2017), en México, el ingreso de las familias rurales proviene cada vez más del trabajo

asalariado no agrícola lo que significa que la estructura de producción de las unidades de producción (U.P.) ha cambiado. Desde esta perspectiva la pluriactividad es una de las estrategias ante la crisis del campo. Los jóvenes han visto en la industria y otros sectores la oportunidad de trabajar y recibir un ingreso seguro, y de ese modo contribuir a la continuidad de las UFPL de manera indirecta, sin embargo, el desinterés por las actividades del campo pone en riesgo la continuidad de las UFPL.

La acción colectiva ha sido una estrategia para la activación de los recursos de los sistemas productivos, cambiándolos en activos favorables al desempeño económico. Es el resultado de los intereses del grupo, con objetivos y herramientas comunes (Poméon *et al.*, 2007).

De acuerdo con lo planteado por Boucher y Poméon, la acción colectiva se compone en dos fases, la denominada “estructural” que corresponde a la creación de un grupo organizado y, la segunda fase, la “funcional” vinculada a la construcción de un recurso territorializado en lo referente a la calidad (por ejemplo, etiqueta o marca colectiva).

La fase o tipo de acción colectiva presente en la zona estudio corresponde a la “estructural”. Como bien afirman Poméon *et al* (2007), este tipo de acción colectiva ofrece una serie de beneficios a los productores, por ejemplo, la compra de algunos insumos (alimento principalmente), el acceso a programas y apoyos de gobierno (compra de equipo, mejoramiento de infraestructura, mejoramiento genético del ganado, etc.). Otra ventaja es la capacitación y la asistencia técnica, por ejemplo, LICONSA, capacita a los productores en Buenas Prácticas Ganaderas.

En el caso de los productores familiares tanto de Colón como El Marqués, la acción colectiva de tipo estructural ha dado pie a la incorporación de “saberes-hacer” externos (innovación tecnológica), a través de la organización se ha podido consolidar su integración al mercado local, las queserías locales representan el canal de comercialización más importante para la venta de leche.

CONCLUSIONES

El nivel de vulnerabilidad de las UFPL en los municipios de Colón y El Marqués no es muy crítico, porque los productores han sabido sortear las condiciones adversas, a través de estrategias de adaptación como la pluriactividad, la organización y las redes de cooperación familiar y la asociatividad a través de los lazos familiares. Los productores lecheros han generado mecanismos para afrontar los precios bajos y hacer frente a los factores externos que vulneran la viabilidad de los sistemas familiares, tomar en cuenta el territorio y sus características resulta necesario para la implementación de políticas públicas orientadas a este sector.

LITERATURA CITADA

- Boucher, F. y J.A. Reyes. (2013). Sistemas Agroalimentarios Localizados (SIAL), una nueva visión de gestión territorial en América Latina. Experiencias en territorios de Argentina, Costa Rica, Ecuador y México. IICA/CIRAD, México, 199 pp.
- Camacho-Vera, Joaquín Hiutzilihuitl, Fernando Cervantes-Escoto, María Isabel Palacios-Rangel, Alfredo Cesín-Vargas y Jorge Ocampo-Ledesma. (2017). Especialización de los sistemas productivos lecheros en México: la difusión del modelo tecnológico Holstein. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. Vol. 8, Núm. 3, pp. 259-268. DOI: <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v8i3.4191>
- Cavallotti-Vázquez, Beatriz. (2014). Ganadería bovina de carne y leche. Problemática y alternativas. *El Cotidiano*. Núm. 188, pp. 95-101. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/325/32532787008.pdf>
- Cervantes-Escoto, Fernando y Alfredo Cesín-Vargas. (2007). La pequeña lechería rural o urbana en México y su papel en el amortiguamiento de la pobreza. *Unell. Cien. Tec.* Núm. 25, pp. 72-85. Disponible en: <http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/ruct/article/view/114/109>
- Espinoza-Arellano, José de J., Adriana M. Fabela-Hernández, Sandra López-Chavarría y Francisco Martínez-Gómez. (2019). Impacto de las importaciones de leche en polvo y derivados lácteos en el precio al productor de leche de bovino en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. Vol. 16,

- Núm. 1, pp. 123-139. Disponible en: <https://revista-asyd.org/index.php/asyd/article/view/985/pdf>
- Forero-Camacho, Cesar A., Guillermo H. Rojas-Carvajal y Jorge H. Arguelles-Cárdenas (2013). Capital social y capital financiero en la adopción de tecnologías ganaderas en zonas rurales alto andinas de Colombia. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. Vol. 2, Núm. 14, pp. 149-163. DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol14_num2_art:405
- Jarquín-Sánchez, Natalia Helena, José Alfredo Castellano-Suárez y Dora Ma. Sangerman-Jarquín. (2017). Pluriactividad y agricultura familiar: retos del desarrollo rural en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol. 8, Núm. 4, pp. 949-963. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i4.19>
- Pomeón, Thomas, Fernando Cervantes-Escoto, François Boucher y Stéphane Fournier. (2007). ¿Por qué estudiar las cuencas lecheras mexicanas?. Universidad Autónoma de Chapingo y Plaza y Valdés S.A. de C.V. México, Distrito Federal. 229 p.
- Robledo-Padilla, Ramón. (2018). *Producción de leche en México y el impacto de las importaciones de leche en polvo*. En: Gasca-Zamora, José (coordinador). *Perspectivas teóricas, globalización e intervenciones públicas para el desarrollo regional*. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A. C., México. pp. 206-224. Disponible en: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/entramado/article/view/6752/6039>
- Román-Montes de Oca, Erika, Jesús Eduardo Licea-Reséndiz y Fernando Romero-Torres. (2020). Diversificación de ingresos de los productores como estrategias de desarrollo rural. *Entramado*. Universidad Libre de Cali. Vol. 16. Núm. 2, pp. 126-141. Disponible en: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/entramado/article/view/6752/6039>
- Saldaña-Zorrilla, Sergio O. (2008). Stakeholders views in reducing rural vulnerability to natural disasters in Southern Mexico: Hazard exposure and coping and adaptive capacity. *Global Environmental Change*. Vol. 18, Núm. 4, pp. 583-597. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.09.004>

Vargas-López, Samuel, Ángel Bustamante-González, J. Efrén Ramírez-Bribiesca, Glafiro Torres-Hernández, Asamoah Larbi, Jorge Alonso Maldonado-Jáquez, y Zenón Gerardo López-Tecpoyotl. (2022). Rescate y conservación participativa de cabras criollas en los sistemas agrosilvopastoriles de la Sierra de Guerrero, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*. Vol. 54, Núm. 1, pp. 153-162.

EVALUACIÓN DE APLICACIONES Y REACCIONES DE ARAÑA ROJA (*Tetranychus urticae* Koch) EN HOJAS DE FRESA

Luis Mariano Valdez Rivas¹, Luis Patricio Guevara Acevedo²

¹Estudiante de Séptimo Semestre en Ingeniería en Agronomía. Tecnológico Nacional de México-Roque, Km 8 Carretera J. Rosa-Celaya, CP 38110 Celaya, Gto. ¹Autor de correspondencia:

luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación donde se realizó para evaluar la residualidad de aplicaciones foliares de sílice en la antixenosis y antibiosis de araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) en hojas de fresa, para ello se realizaron aplicaciones de Sílice Diatomix® (Organic Technology) a dosis de 10 g L⁻¹, primeramente en hojas sin aplicación se cortaron cuadros de 2cm x 2cm de la cuarta hoja de plantas de fresa variedad Sayulita de 6 meses de edad y trasplantadas en bolsas de 25cm x 25cm de diámetro y 30 cm de alto en donde se llevaron a cabo 6 tratamientos en total, un testigo sin aplicación y a las 24, 48, 72, 96 h y 7 d de residualidad de aplicación de Sílice Diatomix®; de acuerdo a cada periodo de residualidad se tomaron 10 cuadros de 2 cm x 2 cm de la hoja de fresa y se colocaron con el envés hacia arriba en camas de algodón saturado con agua destilada en cajas de Petri, y preparar 10 cajas Petri donde se colocaron en con el envés hacia arriba y se transfirieron 10 hembras grávidas de arañas por repetición. Diariamente se realizó la evaluación de conteo de número de arañas vivas, muertas, repelidas aquellas que se encontraban en el algodón y el número de huevos por día. Esto se realizó por espacio de 4 días, con los valores de los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y una prueba de medias Turkey en el programa SAS Systems. Los resultados de las pruebas determinaron que la residualidad de la aplicación de Sílice Diatomix® (Organic Technology) provocó una tasa de mortandad más alta y menos resistencia de la araña roja a la residualidad de 24 h de aplicación del sílice en hojas de fresa.

Palabras clave: Acaro, residualidad, hembras, tratamiento, Sílice.

ABSTRACT

In the present research work where it was carried out to evaluate the residuality of foliar applications of silica in the antixenosis and antibiosis of red spider (*Tetranychus urticae* Koch) in strawberry leaves, for this applications of Silica Diatomix® (Organic Technology) were carried out at a dose of 10 g L⁻¹, firstly in leaves without application, 2cm x 2cm squares were cut from the fourth leaf of 6-month-old Sayulita variety strawberry plants and transplanted into bags of 25cm x 25cm in diameter and 30cm high where 6 treatments were carried out in total, a control without application and at 24, 48, 72, 96 and 7 d of residuality of application of Silica Diatomix®; According to each residual period, 10 squares of 2 cm x 2 cm were taken from the strawberry leaf and placed with the underside facing up on beds of cotton saturated with distilled water in Petri dishes, and 10 Petri dishes were prepared where they were placed with the underside facing up and 10 pregnant female spiders were transferred per repetition. The evaluation of the number of live and dead spiders, those repelled, those that were in the cotton and the number of eggs per day was carried out daily. This was done for a period of 4 days, with the values of the data obtained, an analysis of variance and a Turkey means test were performed in the SAS Systems program. The results of the tests determined that the residuality of the application of Silica Diatomix® (Organic Technology) caused a higher mortality rate and less resistance of the red spider to the residuality of 24 h of application of Silica on strawberry leaves.

Key words: mite, residuality, females, treatment, silica.

INTRODUCCIÓN

México es el segundo productor de fresa en el mundo después de Estados Unidos, al concentrar el 8 % del volumen, generando el 1.1 % del valor del sector agrícola y se estima que a lo largo de la cadena agroindustrial de la fresa se generan 15,000 empleos directos y 4,500 indirectos. (Financiera Rural, 2016), siendo la araña roja *Tetranychus urticae* (Koch) la plaga más importante, el mayor daño lo provoca al alimentarse de la savia de la planta reduce su vigor, calidad y rendimiento (Cabrera-

Oropeza et al., 1996; Klamkowski et al., 2007). Su combate se sustenta en la aplicación calendarizada de acaricidas. Sin embargo, esta plaga ha mostrado gran capacidad para desarrollar resistencia en poco tiempo (Price et al., 2002; Stumpf y Nauen, 2002; Herron et al., 2004). Es por ello por lo que se ha buscado estudiar plantas hospedantes resistentes al ataque de estos ácaros fitófagos. La resistencia de una planta a una plaga puede ser a través de varios mecanismos como antixenosis, antibiosis, tolerancia o combinaciones de estos. La antixenosis es la no preferencia de una plaga fitófaga por una planta resistente, y afecta directamente tanto a la alimentación como a la oviposición de la plaga. La antibiosis ocurre cuando la plaga fitófaga se ve afectada negativamente, especialmente en su biología, por metabolitos secundarios producidos por plantas hospedantes resistentes.

La tolerancia es un rasgo poligénico que permite a una planta resistir o recuperarse del daño causado por una plaga fitófaga (Smith 2005; Smith & Clement 2012). En la actualidad se está utilizando la sílice (Si O_2) como una alternativa de control químico es el uso al 98%. Dando como resultado el efecto de la aplicación foliar de silicio sobre la dinámica poblacional de araña roja en el cultivo de fresa que mostro efectividad al aplicar el foliar de silicio fue la dosis de 10 g L^{-1} que alcanzó a reducir el 70% de la población de huevos, el 37% de larvas, el 35% de proto ninfas, el 46% de deutoninfas y el 29% de adultos. Además, con la aplicación de esta dosis, redujo la incidencia en un 12.8% y la severidad en un 39.2%. (Nathaly, 2023).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el Tecnológico Nacional de México campus Roque en el laboratorio de Fito sanidad, primeramente, se tomaron cuadros de $2 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$ de hojas de plantas de fresa variedad Sayulita y se colocaron en con el envés hacia arriba en cajas de Petri con algodón saturado con agua destilada y se colocaron 10 arañas (*Tetranychus urticae koch*) hembras por cuadro, haciendo 10 cuadros. Donde enseguida se asperjaron con sílice Diatomix® (Organic Technology) a dosis de 10 g L^{-1} de agua a 5 plantas de fresa de 6 meses de edad

de la variedad Sayulita donde se realizaron las evaluaciones y reacciones de la araña roja. En cada caja Petri se acomodó una muestra de hoja de fresa variedad Sayulita donde se sembraron 10 Arañas rojas (*Tetranychus Urticae Koch*) en los primeros 5 tratamientos, en el tratamiento 1 no se aplicó ningún producto foliar a la hoja de fresa, en el tratamiento 2 al 6 se les aplicó sílice Deatomix®, empezando la evaluación de cada uno de estos tratamientos que se llevaron a cabo, en el tratamiento 6 (deatomix 7d), se aplicaron 20 arañas rojas en cada caja Petri. Diariamente se realizó un conteo de cada una de las muestras de caja tratamiento, para analizar el número de arañas vivas, muertas, repelidas en el algodón y los Huevecillos nuevos, capturando los datos estadísticos con la información obtenida para realizar tablas de resultados de porcentajes de cada uno de los datos y comparar tratamientos y resultados finales.

Análisis estadísticos. Con los valores que se muestran, se realizó un análisis de varianza y una prueba de medias Tukey realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y la prueba de Tukey ($Pr > f < 0.0001$). Los análisis fueron realizados mediante el programa computacional SAS System.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados de la aplicación foliar de sílice mostro efecto significativos en el porcentaje de hembras vivas ($Pr > F$, $28.86 < .0001$), en donde se observa que el testigo o el tratamiento sin aplicación de sílice mostro el mayor valor con 22.55 % de hembras vivas y a las 24 h de residualidad presento el menor valor con 7.82% (Cuadro 1), esto indica que las aplicaciones de sílice reducen en más de 14.73% la supervivencia a las 24 h de la aplicación. El autor (Léon, 2018) obtuvo resultados con la aplicación de Bacillus Subtilis® (Insecticida microbiológico líquido) en dosis de ml^{-1} L^{-1} agua destilada estéril, con un valor 24.82% de hembras vivas en 24 h de la aplicación, mostrando resultados de mayor efectividad en la residualidad de silicio a las 24 h de aplicación en la hoja.

Cuadro 1. Efecto de la residualidad de la aplicación foliar de sílice en la resistencia de fresa a araña roja.

No. Tratamiento	Residualidad de silicio	Vivas %	Muertas %	Repelidas %	Huevecillos %
1	-	22.554 a	5.0259 c	9.3190 ba	81.50 a
5	96 h	14.206 b	6.7901 c	7.3344 b	79.80 a
6	7 días	13.403 b	5.9076 c	11.1629 a	59.70 ba
4	72 h	12.945 b	7.0334 c	7.4269 b	58.00 ba
3	48 h	10.283 cb	11.8029 b	7.8506 b	46.10 b
2	24 h	7.825 c	15.6112 a	7.4177 b	41.5 b

En el Cuadro 1 se puede observar que la residualidad de silicio de 24 h presento el mayor valor con 15.61% de hembras muertas y los valores menores fueron de Testigo o tratamiento sin aplicación de sílice y residualidad de silicio de 96h, 7 días, 72 y 48 h; con valores de 5.02%, 6.79%, 5.91% y 7.03%, esto indicando que la aplicación de sílice reduce (10.59%) la supervivencia a las 24 h de su aplicación. Los autores (Colcha Yupanqui, Alba Maribel; 2021), tuvo estos resultados con el extracto acuoso Albahaca (*Ocimum basilicum* L) con una concentración de 75%, demostrando el mejor efecto acaricida con un promedio de 27.33% individuos muertos en 5 d. Mostrando mayor efectividad en la residualiad de silicio a las 24h de su aplicación.

En los resultados obtenidos del Cuadro 1, se pudo observar que la residualidad de silicio de 7 d presento el mayor valor 11.16% de hembras repelidas, y a las 96 h de residualidad presento el menor valor con 7.33% esto indica que las aplicaciones de sílice aumentan 3.83% la repelencia a los 7 d de su aplicación. Los autores (Colcha Yupanguí, Alba Maribel; 2021), obtuvo resultados con extracto acuoso de Aliso (*Alnus acuminata* L) con una concentración del 50 % demostró una mayor cantidad de ácaros repelidos con una media de 1.56% arañas repelidas en 5 d. Mostrando mayor resultado en la residualidad de silicio 7d de su aplicación.

En el Cuadro 1 en los resultados obtenidos, se pudo observar que el testigo o tratamiento sin aplicación de sílice mostro el mayor valor 81.50% de huevecillos, y a las 24 h de residualidad presento el menor valor con 41.50%, esto indica que las aplicaciones de sílice reducen en más de 52.24% la producción de huevecillos a las 24 h de la aplicación en la hoja. Los autores Dr. Néstor Bautista Martínez, Dra. María

Graciela González Santa Rosa, M.C. Isabel Ruiz Galván, (junio 2019), obtuvieron resultados en el producto Hirsutella thompsonii® (Producto Orgánico) con una dosis de L-2 L-400 de agua por ha, donde se demostró que tuvo una reducción del 29.35% de huevecillos en un periodo de 72 h. Mostrando, así como resultado mayor efectividad a la residualidad de silicio a las 24 h de la aplicación.

CONCLUSIÓN

La araña roja *Tetranychus urticae* Koch es una plaga muy importante y peligrosa para el cultivo de fresa siendo está muy susceptible y fácil de ser infestada por este acaro debido a su tasa alta de reproductibilidad de huevecillos en este cultivo, provocando daños parciales o hasta totales del cultivo si no se atiende con los productos indicados, siendo uno de estos el Sílice Diatomix® (Organic Technology) que mostro ser efectivo contra este acaro demostrando una tasa de mortandad mas alta y menos resistencia a la residualidad de 24 h de aplicación del sílice en las hojas de fresa.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Tecnológico Nacional de México Campus Roque y al Doctor Luis Patricio Guevara Acevedo por el apoyo en el desarrollo de esta investigación.

LICENCIATURA CITADA

Cabrera-Oropeza, J. C., G. Otero-Colina, B. Domínguez Ruiz, M. I. Delgado-Blancas, y J. Rodríguez-Alcázar. 1996. Rendimiento de la fresa (*Fragaria*□*ananassa*) con varias densidades de *Tetranychus urticae* (Acarí: Tetranychidae) en invernadero. *Agrociencia* 30: 91-101.

Financiera Rural. 2016. Panorama de la fresa
<http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Ficha%20Fresa.pdf>.

- Herron, G. A., J. Rophail, and L. J. Wilson. 2004. Chlorfenapyr resistance in two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) from Australian cotton. *Exp. Appl. Acarol.* 34: 315-321.
- Klamkowski, K., Sekrecka, M., Fonyodi, H. and W. Treder. 2007. Changes in the rate of gas exchange, water consumption and growth in strawberry plants infested with the Two-spotted spider mite. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 15: 155–162.
- Nathaly, D. (2023). Evaluación de silicio para el control de araña roja (*Tetranychus Urticae* Koch) en fresa (*Fragaria Vesca*), cantón Pedro Moncayo. Utn.edu.ec. <https://doi.org/03/AGP/%20351>.
- Price, J. F., D. E. Legard, and C. K. Chandler. 2000. Mite Resistance to abamectin on strawberry and strategies for resistance management. In: Hietaranta, T., M. M. Linna, P.
- Stumpf, N., and R. Nauen. 2002. Biochemical markers linked to abamectin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pesticide Biochem. Physiol.* 72: 111-121.
- Smith CM [ed.]. 2005. *Plant Resistance to Arthropods: Molecular and Conventional Approaches*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Smith CM, Clement SL. 2012. Molecular bases of plant resistance to arthropods. *Annual Review of Entomology* 57: 309–328.

EVALUACIÓN DE DOS PRODUCTOS PREVENTIVOS PARA EL CONTROL DEL SALIVAZO EN CAÑA DE AZÚCAR

Heber E. Reyes-González¹; Emanuel Pérez-López² Enrique Cavazos-Arizpe²; Mercedes Muraira-Soto²; Rubén O. Aguirre-Alonso²; Alfredo Robles-Ramírez³.

¹ Estudiante de pregrado. Tecnológico Nacional de México-de la Cuenca del Papaloapan.

²Investigador(a) Tecnológico Nacional de México-de la Cuenca del Papaloapan. ³Jefe de campo.

Grupo PIASA. Autor responsable: emanuel.pl@cpapaloapan.tecnm.mx

RESUMEN

En la Cuenca del Papaloapan el salivazo es una plaga importante en caña de azúcar, sin control oportuno genera pérdidas de calidad las cuales se reflejan en la disminución de ganancias del productor. Se realizó la comparación de la eficiencia del control preventivo con *Metarhizium anisopliae* como control biológico, un químico nuevo denominado Etiprole (Curbix®). Se estableció un DBCA con tres tratamientos y cinco repeticiones: T1: Etiprole (Curbix®) 1.5 L/Ha; T2: Hongo *M. anisopliae* 20 kg/Ha y T3: Testigo (manejo convencional del productor) bajo la hipótesis que todos los tratamientos son eficientemente iguales. Cada unidad experimental (ue) tuvo 12 surcos de 0.3 x 30 m de ancho y longitud respectivamente, distanciados a 1.5 m/surcos y 3 m/ue. El muestreo empleado fue cinco de oros, para ninfa y adulto de mosca pinta a los 20, 40 y 60 días después de la aplicación, la efectividad se determinó tras monitorear y calcular el nivel de incidencia. A la información recabada se le aplicó un ANOVA y una prueba LSD Fisher, con *p* valor de 0.05, resultando que la F supera a F Tabular rechazando la hipótesis planteada; T1 y T2 (a) son estadísticamente iguales y T3 (b) diferente, sin embargo, los días de acción de T2 son mayores y su costo representa el 38% con respecto al costo de T1.

Palabras clave. Caña de azúcar, control biológico, *Metarhizium anisopliae*, salivazo.

ABSTRACT

In the Papaloapan Basin, spittlebug is an important pest in sugarcane; without timely control it generates quality losses which are reflected in the producer's decreased

profits. The comparison of the efficiency of preventive control was carried out with *Metarhizium anisopliae* as a biological control, a new chemical called Ethiprole (Curbix®). A DBCA was established with three treatments and five repetitions: T1: Ethiprole (Curbix®) 1.5 L/Ha; T2: *M. anisopliae* fungus 20 kg/Ha and T3: Control (conventional management of the producer) under the hypothesis that all treatments are efficiently equal. Each experimental unit (eu) had 12 furrows of 0.3 x 30 m width and length respectively, spaced at 1.5 m/furrows and 3 m/ue. The sampling used was five gold, for nymph and adult of the spotted fly at 20, 40 and 60 days after application, the effectiveness was determined after monitoring and calculating the level of incidence. An ANOVA and an LSD Fisher test were applied to the information collected, with a p value of 0.05, resulting in F exceeding Tabular F, rejecting the proposed hypothesis; T1 and T2 (a) are statistically equal and T3 (b) different, however, the days of action of T2 are greater and its cost represents 38% of the cost of T1.

Keyword: *Biological control, Metarhizium anisopliae, spittlebug, sugarcane.*

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es parte importante de la economía en muchos países en la zona tropical y subtropical. Se establece entre las latitudes 37° N y 31° W. Se cultiva principalmente, por su capacidad para almacenar grandes cantidades de sacarosa (10- 18%) en los entrenudos (Abdel y Ahmed, 2008). En la Cuenca del Papaloapan se cultiva principalmente para la producción de azúcar, sin embargo, en los últimos dos años su rendimiento ha decaído por factores abióticos ya que la caña en esta región es de temporal. Otro de los factores son los bióticos ya que lo atacan diversas plagas como el salivazo o la mosca pinta, las ratas, el barrenador y termitas por mencionar a algunas de importancia económica; que, si no se lleva un manejo adecuado pueden hasta llevar a la cepa al punto de marchitez permanente y causar un daño irreparable, con esto el productor ni siquiera tendría un retorno de inversión del cultivo.

En 2022, Brasil fue, por mucho, el principal productor de caña de azúcar en todo el mundo con más de 720 millones de toneladas métricas durante el año referido. India, con un volumen de alrededor de 439 millones, se situó en segunda posición, seguido por China, México se posicionó en el sexto lugar con una producción de 55,28 millones de toneladas de caña de azúcar (Orús, 2024). Según Adebisi-Adelani y Oyesola (2014); Toscana-Aparicio y Günther (2021); y COLPOS (2009) las condiciones climáticas y la variedad (genética) pueden ser factores en el cultivo de la caña de azúcar, disminuyendo la capacidad para responder a los efectos de la sequía, el estrés hídrico, las plagas y enfermedades, afectando la calidad agroindustrial originando alteraciones en formas de siembra y uso de insumos, reduciendo la rentabilidad del cultivo. Existen dos tipos de daños causados por el salivazo: el primero lo realiza el estado ninfal de la plaga (salivazo), normalmente se encuentra cubierta por una espuma que produce por el extremo anal, se localiza en las raíces de la caña, este succiona la savia de las raíces adventicias ocasionando la pérdida de ellas. El segundo daño lo realiza el adulto ya que con su estilete introduce una toxina diastática- oxidante al parénquima y al mesófilo que destruye la clorofila generando una necrosis parcial en los tejidos foliares, esto es producido cuando el adulto se alimenta de la savia de la hoja (García-García *et al.*, 2006; Hernández-Rosas y Figueroa, 2018; Pacheco-Coeto *et al.*, 2019).

CENICAÑA (2019) estima que el impacto de este insecto en la caña de azúcar puede ser del 22% en biomasa; pero es posible que ante altas infestaciones los impactos sean mayores; por lo que, con base en la proyección del daño, es necesario implementar un control preventivo y oportuno, se deben hacer muestreos y tener en cuenta el umbral para evitar pérdidas económicas para el productor y que la calidad del cultivo decaiga. Derivado de lo anteriormente expuesto, el presente proyecto evaluó la efectividad (días de control) y el costo-beneficio de dos productos preventivos para el control del salivazo: uno orgánico (hongo *Metarhizium anisopliae*) y uno químico Ethiprole (Curbix®) bajo la hipótesis nula de que todos los tratamientos presentan el mismo control del salivazo en el cultivo de caña de azúcar con igualdad en costo-beneficio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó durante el periodo de agosto-octubre 2023 en una parcela que abastece al Ingenio Adolfo López Mateos, para esto se contactó con productor de caña de azúcar y se lo propuso la idea de realizar la evaluación en una de sus parcelas en la comunidad de Macín Chico, San Juan Bautista Tuxtepec Oaxaca, la parcela tiene una superficie de 10,000 m² (1 Ha), localizada en las coordenadas 18°0773444,-96.2470163, la cual fue dividida en 3 partes iguales (Figura 1) para la aplicación de los tratamientos.

Los principales materiales, equipo, reactivos químicos y biológicos utilizados en el desarrollo del proyecto:

Bitácora de campo.	Insecticida Ethiprole (Curbix®)
Cinta métrica mca Truper 100 m.	Hongo <i>Metarhizium anisopliae</i>
Machete.	GPS.
EPP (gafas, mascarilla, overol y guantes) marca Truper.	Celular-cámara fotográfica.
Bomba aspersora manual 20 L. mca Jacto.	Calculadora
Modelo: XP-20	Computadora
	Bote de plástico 20 L.

Cada unidad experimental contuvo 12 surcos, midiendo 0.3 m de ancho y 30 m de longitud, una distancia de 1.5 m entre surcos y 3 m entre cada unidad experimental, esto con la finalidad de evitar el efecto de orilla. Para la medición de datos, solo se consideró la parcela útil, delimitada en 10 surcos por 26 m (menos 2 m en cada extremo) de longitud de cada unidad experimental. Dentro de cada parcela útil se efectuó un muestreo de cinco de oros en los puntos seleccionados de la parcela, para que en ellos se realizaran los monitoreos de ninfa y mosca pinta en estado adulto a los 20, 40 y 60 días después de la aplicación, lo que sumó un total de 4 muestreos considerando como día uno cuando se hizo la aplicación de los productos.



Figura 1. Parcela ubicada en la comunidad de Mazín Chico Tuxtepec Oaxaca.

Ésta se realizó con una bomba de aspersión manual con capacidad de 20 L. mca. Jacto. Modelo: XP-20, siendo una única aplicación para el insecticida químico Ethiprole (Curbix®) y del insecticida biológico *M. anisopliae*, la efectividad consistió en monitorear y determinar el nivel de incidencia en cada punto previamente seleccionado. El diseño de bloques completos al azar se desarrolló con dos tratamientos y un testigo: T1. insecticida químico Ethiprole (Curbix®) 1.5 L/Ha en color azul; T2. Insecticida biológico *M. anisopliae* 20 kg/Ha en color verde (Figura 2) y; T3. testigo en color rojo; que se dejó al manejo convencional del productor en el cual hizo una única aplicación correctiva con el insecticida químico Muralla Max®.



Figura 2. Aplicación de *M. anisopliae* en la unidad experimental.

Para hacer el muestreo de la plaga del salivazo se empleó una cinta métrica y un cuaderno, el muestreo se hizo en forma de cinco deoros para cada división, en cada punto se procedió a medir, con ayuda de la cinta métrica, 5 m lineales sobre el surco, contando el total de tallos molederos (tallos primarios) en esa distancia; al mismo tiempo se contabilizan los especímenes adultos de mosca pinta o salivazo (*Aeneolamia spp*) que se encontraron en las hojas superiores y, los adultos de la base de la cepa de caña de azúcar, se debe tener énfasis en la actividad ya que algunos insectos se encuentran escondidos entre las hojas caducadas y secas. Una vez teniendo el total de tallos y de los individuos, se procede a sacar el umbral mediante la Fórmula 1.

$$Umbral = \frac{\text{total de salivazo}}{\text{total de tallos primarios}} \quad (1)$$

Para un adecuado manejo de información y recopilación de datos durante los siguientes 60 días después del primer muestreo y aplicación de los productos se tomaron tres muestras cada 20 días en los cinco puntos de cada división de las unidades experimentales. El umbral máximo permitido por el Ingenio Adolfo López Mateos de Grupo PIASA® para realizar un control biológico es de 0.3, ya que al existir mayor población y, por ende, un umbral mayor, cabe la posibilidad de que no se pueda generar un control adecuado. A los datos experimentales obtenidos se les

calcularan promedios (media aritmética), así mismo, se realizará ANOVA con p valor = 0.05 y, en caso de rechazo de la hipótesis nula, se realizará LSD de Fisher con p valor = 0.05 para determinar diferencias estadísticas significativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos obtenidos en las mediciones de los umbrales por muestreo, se representan en la Tabla 1, se aplicó ANOVA (Tabla 2) mostrando que F calculada es mayor que F Tabular. Se utilizó LSD de Fisher (Tabla 3) con un p valor de 0.05 de confiabilidad, donde T1 y T2 son semejantes estadísticamente y, el Testigo mostró diferencia significativa contrastado con los tratamientos. Sabiendo esto se procede al rechazo de la hipótesis nula ya que al menos un tratamiento es diferente.

Tabla 1. Valores de los umbrales por muestreo.

Tratamiento	M1	M2	M3	M4	Promedio
T1. Curbix®	0.09	0.01	0.00	0.00	0.025
Testigo	0.04	0.20	0.40	0.20	0.21
T2. <i>M. anisopliae</i>	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01

Tabla 2. ANOVA de los muestreos de los tratamientos de control.

O.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F Calc	F Tabla
Tratamientos	0.4963	2	0.2482	16.7355	3.15
Error	0.8452	57	0.0148		
Total	1.3416	59			

Tabla 3. Prueba LSD de Fisher para umbrales por muestreo.

Tratamiento	Medias	Datos	E. E.	
T2. <i>M. anisopliae</i>	0.01	20	0.03	a
T1. Curbix®	0.03	20	0.03	a
Testigo	0.21	20	0.03	b

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En la Figura 3 se observa el comportamiento de los umbrales muestreados en campo, el T1 y T2 se consideran viables en el control preventivo de la enfermedad y, tal como lo demostraron Bautista-Gálvez y González-Cortes, (2005) y; Guzmán-Camposeco *et al.* (2018), el testigo presentó daños superiores a los tratamientos con *M. anisopliae* logrando un control por 40 días vs 60 días del presente proyecto;

Garza y Sánchez (2007) aplicaron Fipronil® en dosis de 1-2 g/Ha de ingrediente activo logrando 100% de control hasta los 8 días vs el compuesto empleado que mantuvo el control al 100% durante un lapso prolongado de 40 días. Respecto al costo-beneficio (Tabla 4) los productos utilizados que son el *M. anisopliae* y Curbix®, el hongo resulto el más adecuado y más económico ya que controló la plaga y no genera ningún daño al medio ambiente, a diferencia de los insecticidas químicos Ethiprole (Curbix®) y el Muralla Max que, además de ser más costosos, no son selectivos a especies de insectos benéficos como las abejas.

Tabla 4. Relación Costo-Beneficio.

Producto	Costo /Ha	Aplicación Manual/Ha	Costo Total Ha	Días de control	Costo/Día
T1. Curbix®	\$1,950	\$500	\$2,450	60	\$40.83
Testigo	\$400	\$500	\$900	60	\$15.00
T2. <i>M. anisopliae</i>	\$360	\$500	\$860	21	\$40.95

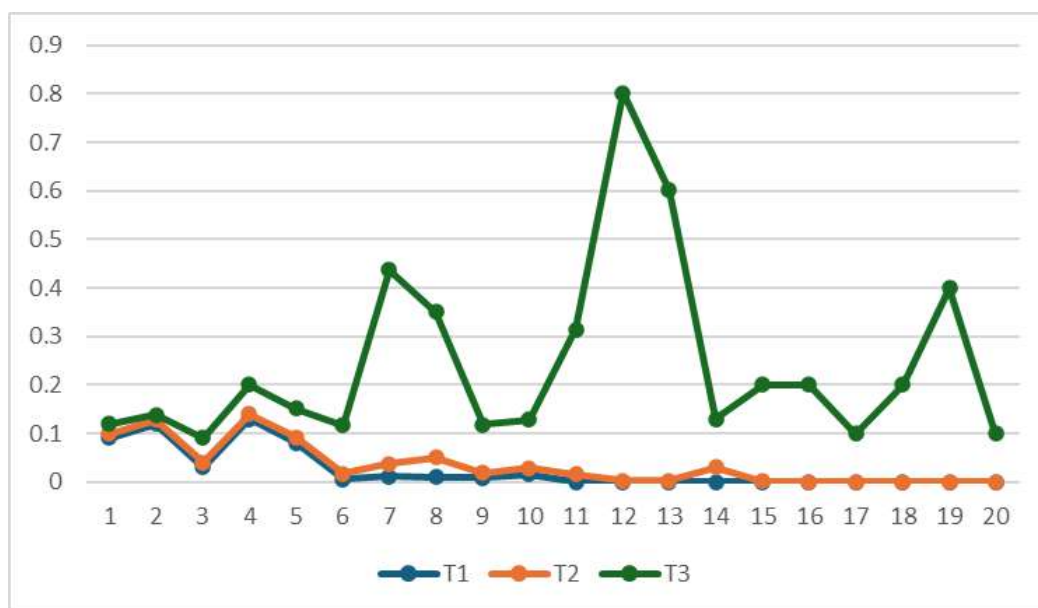


Figura 3. Umbral poblacional de salivazo durante el experimento.

CONCLUSIONES

Se concluye que la plaga estuvo presente, por lo que se procedió a la aplicación de los T1, T2 y Testigo. El control y eliminación de organismos adultos de salivazo con ayuda de los tratamientos analizados determinó que la prevención fue mayormente eficiente que el control correctivo, ya que en T1 y T2 se mantuvieron por debajo del umbral permisible del Grupo PIASA®, caso contrario del T3 que en ocasiones lo

superó. En cuanto al costo-beneficio se observa que *M. anisopliae* presentó 60 días de control con un costo diario de \$15.00/día, esto sumando el costo del hongo y la aplicación, seguido de Ethiprole (Curbix®) con un total de \$40.83/día; y, por último, el testigo, donde el productor realizó una aplicación correctiva con Muralla Max® que solo garantiza un total de 21 días de control, con un costo de \$40.95/día.

AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México, al Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan; al Grupo PIASA; al ITCUP-CA-1 “Agricultura orgánica”; al productor Euracio Reyes Negrete.

LITERATURA CITADA

- Abdel R.E.M. & Ahmed F.B. (2008). The application of remote sensing techniques to sugarcane (*Saccharum* spp. hybrid) production: a review of the literature. *International Journal of remote sensing* 29: 375.
- Adebisi-Adelani, O. & Oyesola, O. (2014). Farmers perceptions of the effect of climate change on tomato production in Nigeria. *International Journal of Vegetable Science*. Vol. 20(4). 366–373. DOI: <https://doi.org/10.1080/19315260.2013.813890>
- Bautista-Gálvez, A. y González-Cortes, N. (2005) Tres dosis de *Metarhizium anisopliae* sobre la mosca pinta (*Aeneolamia* spp.) en caña de azúcar en la región de los Ríos, estado de Tabasco. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/154/15404105.pdf>
- CENICAÑA. (2019). Ataque del salivazo se extiende en el valle del río Cauca CENICAÑA. Recuperado de: https://www.cenicana.org/pdf_privado/otros/2019/Ataque_salivazo_valle.pdf
- Colegio de Postgraduados (COLPOS). (2009). Informe Final Diagnóstico, modelaje y recomendaciones de la fertilidad de suelos del campo cañero. Etapa II. Ingenio Atencingo S.A. de C.V.
- García-García, C., López-Collado, J., Nava-Tablada, M., Villanueva-Jiménez, J. y Vera- Graziano, J. (2006). Modelo de predicción de riesgo de daño de la

- mosca pinta *Aeneolamia postica* (Walker) Fennah (Hemiptera: *Cercopidae*). Neotropical Entomology. 35 (5). Pag. 677-688.
- Garza U. E. y C. Sánchez G. (2007). La mosca pinta *Aeneolamia postica* y su manejo en la planicie Huasteca. Recuperado de: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/157.pdf>
- Guzmán-Camposeco, F; Díaz-Vicente, V. M; Magallanes-Cedeño, R; Pinsón-Rincón, E. P; Pérez-Quintanilla, J. N. (2018). Biocontrol de *Aeneolamia postica* Walker y *Prosapia simulans* Walker con *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sor. EN *Saccharum* spp. Agroproductividad. 11(12). México. Recuperado en: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1313/1074>
- Hernández-Rosas F. y Figueroa, R. K. A. (2018). Barrenador (*Diatraea saccharalis*) y Mosca pinta (*Aeneolamia* spp. *Prosapia* spp.) en caña de azúcar y sus enemigos naturales. Principales especies de mosca pinta. Agro Productividad. 4(3). 1-9. Recuperado en: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/578>
- Orús, A. (2024). Principales productores de caña de azúcar a nivel mundial en 2022. Statista. Página oficial. Recuperado en: <https://es.statista.com/estadisticas/1409198/principales-productores-de-canade-azucar-a-nivel-mundial/>
- Pacheco-Coeto, R; Cárdenas-Torres, L; Hernández-Rosas, F; Hidalgo-Contreras, J.V. y Aquino-Pérez, G. (2019). Calosa y Especies reactivas de oxígeno expresadas en hojas de caña de azúcar por daño mecánico de mosca pinta. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 22(1). México, 105-14. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i22.1862>.
- Toscana-Aparicio, A. y Günther, M. (2021). La sequía de 2019 en localidades cañeras del norte de Oaxaca. Vulnerabilidad, prevención, adaptación y mitigación. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional. Vol 31. Pp. 1-29. Doi: <https://dx.doi.org/10.24836/es.v31i57.1076e21107>.

EVALUACIÓN DE FITOTOXICIDAD EN LA PRESA DE COINTZIO CON BIOENSAYOS DE LECHUGA ROMANA Y OPTIMIZACIÓN DE SU CRECIMIENTO MEDIANTE DISEÑOS EXPERIMENTALES

M. Fernanda Infante-Soria¹; Guillermo Andrade-Espinosa², Claudia Palomares-Rodríguez², Alberto Millán-Montañez²

¹Estudiante de Ingeniería Ambiental, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, contacto: fernandasori11@gmail.com, ²Investigador(a), Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, contacto: guillermo.ae@vmorelia.tecnm.mx

RESUMEN

Este proyecto tuvo como objetivo determinar fitotoxicidad del agua de la Presa de Cointzio en semillas de Lactuca sativa var. Longifolia, así como optimizar los factores (temperatura, concentración del agua contaminada y pH) para mejorar el desarrollo de las plántulas bajo condiciones controladas. Los bioensayos confirmaron que el agua de la presa presenta niveles fitotóxicos para las plántulas de lechuga, afectando la germinación y crecimiento. También se observó presencia de síntomas típicos de fitotoxicidad (manchas marrones, necrosis en cotiledones y putrefacción), aumentando estos daños conforme incrementaba la concentración de agua contaminada. Con las mediciones de puntos finales (porcentaje de germinación, crecimiento de la radícula, índices de germinación y elongación radical, etc), se encontró que concentraciones de 100 mL de agua contaminada provocaban efectos negativos en el desarrollo, mientras que concentraciones de 50 mL lo favorecían. La caracterización del agua reveló que el exceso de nutrientes podría aparentar un beneficio en su desarrollo. Por último, resultados en los diseños experimentales confirmaron la utilidad de estas herramientas para identificar condiciones óptimas en el desarrollo de radícula, resultando de 22.50°C, pH 8.5 y concentración de contaminante de 6.250 mL. Estos hallazgos permiten proponer un equilibrio entre el crecimiento óptimo de plántulas y reducción de efectos fitotóxicos, sugiriendo estrategias para mejorar la calidad del agua y su uso en futuros proyectos agrícolas y ecológicos.

Palabras clave: *Fitotoxicidad, bioensayo, lechuga, germinación, diseños experimentales.*

ABSTRACT

This project aimed to determine phytotoxicity of the water of the Cointzio Dam in seeds of *Lactuca sativa* var. *Longifolia*, as well as optimizing the factors (temperature, concentration of contaminated water and pH) to improve the development of seedlings under controlled conditions. The bioassays confirmed that the water of the dam presents phytotoxic levels for the lettuce seedlings, affecting germination and growth. The presence of typical symptoms of phytotoxicity (brown spots, necrosis in cotyledons and putrefaction) was also observed, increasing these damages as the concentration of contaminated water increased. With endpoint measurements (germination percentage, radicle growth, germination rates and root elongation, etc.), it was found that concentrations of 100 mL of contaminated water caused negative effects on development, while concentrations of 50 mL favored it. The characterization of the water revealed that the excess of nutrients could appear to be beneficial in its development. Finally, results in the experimental designs confirmed the usefulness of these tools to identify optimal conditions in radicle development, resulting in 22.50°C, pH 8.5 and contaminant concentration of 6,250 mL. These findings allow us to propose a balance between optimal seedling growth and reduction of phytotoxic effects, suggesting strategies to improve water quality and its use in future agricultural and ecological projects.

Keywords: *Phytotoxicity, bioassay, lettuce, germination, experimental designs.*

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los cuerpos de agua superficiales del país reciben descargas de aguas residuales sin tratamiento, lo que ocasiona distintos niveles de contaminación

en prácticamente todos estos cuerpos (SEMARNAT, 2002). Un cuerpo de agua que presenta esta afectación y que es de suma importancia para el estado de Michoacán, específicamente para el municipio de Morelia, es la presa de Cointzio perteneciente a la cuenca hidrológica de Cuitzeo, ya que suministra hasta un 33 por ciento de agua a los habitantes de esta ciudad, quienes principalmente la utilizan para consumo humano y para riego de cultivos (Contramuro, 2024). Esta presa depende de la entrada de agua del río Grande de Morelia, el cual se alimenta de aguas residuales de las localidades de Acuitzio, Tiripetío, y Santiago Undameo, así como de escurrimientos que desembocan en ella. Además de alimentar al embalse, los escurrimientos arrastran sedimentos y sustancias que llegan y alteran la composición fisicoquímica del agua (Arroyo-Sesento, 2019). Por ello, es necesario implementar técnicas para detectar los principales factores fitotóxicos que permanecen en la zona, tales como los ensayos biológicos, que actúan como herramientas de diagnóstico adecuadas para determinar el efecto de agentes físicos y químicos sobre organismos de prueba bajo condiciones experimentales específicas y controladas. Estos ensayos biológicos o bioensayos se refieren a una prueba estática de toxicidad aguda (120 horas de exposición) en la que se pueden evaluar los efectos fitotóxicos de compuestos puros o de mezclas complejas en el proceso de germinación de las semillas y en el desarrollo de las plántulas durante los primeros días de crecimiento (Sobrero & Ronco, 2004).

Por otra parte, se reconoce que en las comunidades aledañas de la presa de Cointzio se presenta la actividad agrícola y utilizan este recurso hídrico para su riego, por ello se consideró necesario realizar un análisis de las condiciones óptimas para que la germinación de ciertas especies se llegue a desarrollar de la mejor manera y con ello se obtengan cultivos productivos. El diseño de experimentos de superficie de respuesta nos sirve para este fin, permitiendo la observación y análisis del desarrollo de la germinación de las semillas de lechuga en diferentes condiciones como la variación de la concentración del contaminante, temperatura y pH. Por lo que la finalidad del presente documento fue la utilización del bioensayo de toxicidad con semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) como técnica de determinación de fitotoxidad del agua de la Presa de Cointzio (bioensayo preliminar

y bioensayo de 27 experimentos), al igual que el diseño de experimentos de superficie de respuesta para determinar las condiciones idóneas a las cuales podría ser sometida la semilla de lechuga romana.

MATERIALES Y MÉTODOS

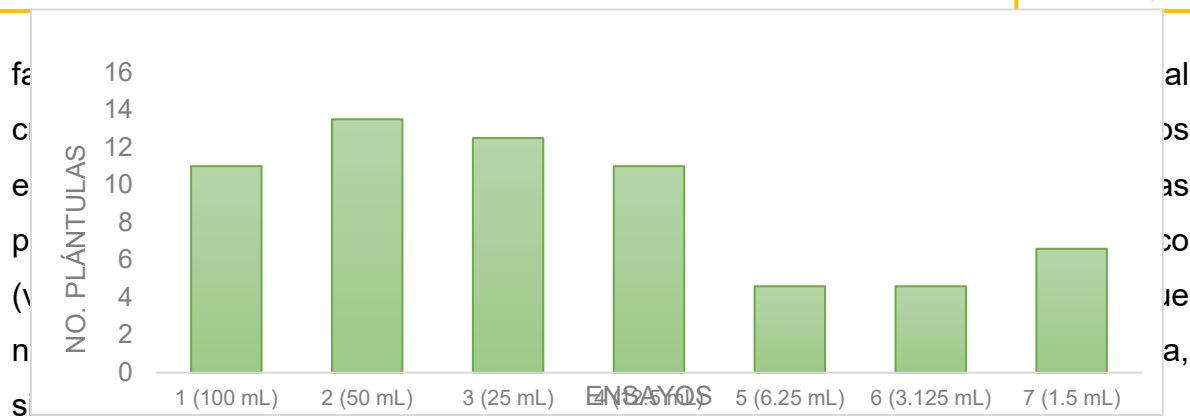
Para la toma de parámetros in-situ se visitó el punto de muestreo en los cuales se tomaron los parámetros de oxígeno disuelto, temperatura, pH y conductividad eléctrica con un equipo multiparamétrico. Por su parte, para la realización de pruebas fisicoquímicas, al igual que para el riego de plántulas y experimentación con semillas se recolectaron 20 litros de agua en el punto de muestreo (Uruapilla, Michoacán con coordenadas 19°37'11"N 101°16'31"W). La garrafa se enjuagó tres veces con el agua muestra y de igual manera se enjuagó el recipiente que se utilizó para recoger el agua y vaciarla a la garrafa. Con este recipiente se tomaron las muestras a una profundidad de aproximadamente 30 cm Para finalizar, la muestra se almacenó y se transportó en frío (transporte en hielera) para su preservación. Se siguió un protocolo de muestreo previamente desarrollado.

En el caso de la determinación de los Nitratos se siguió la metodología de SSQuim con el kit de Análisis de NITRITOS Y NITRATOS. agua dulce o salada, 120 tests. Por su parte, la determinación de Amonio fue elaborada con el método de reactivo de Nessler. Poir último, para la determinación de DQO, fue elegida la metodología dictada por el HI83314-01 Fotómetro de mesa y medidor de pH multiparamétrico con DQO, para aguas residuales de HANNA INSTRUMENTS. Los sólidos sedimentables se determinaron conforme a la metodología presentada en NMX-AA-004-SCFI-2013 Análisis De Agua –Medición De Sólidos Sedimentables En Aguas Naturales, Residuales Y Residuales Tratadas Prueba. Asimismo, se realizaron las determinaciones de pH, temperatura (°C) y turbidez (FTU) con el medidor de turbidez HI93703 de HANNA INSTRUMENTS.

Se realizaron bioensayos ecotoxicológicos preliminares ya que en este caso de estudio la toxicidad es desconocida. Se elaboraron utilizando diluciones logarítmicas (100, 10, 1, 0.1, 0.01) que permitan establecer el intervalo de

concentración conveniente para obtener valores de efecto entre 100 y 0% (Sobrero, M y Ronco, A., 2004). Como control negativo se utilizó 5 mL de agua reconstruida y como control positivo se utilizó una solución 100 ml de agua reconstruida con 5 gr de cloruro de zinc, de ahí se utilizaron 5 mL. Posteriormente, se realizó el mismo procedimiento que se requiere en los bioensayos. Para el desarrollo del bioensayo principal se siguió la metodología propuesta por Sobrero & Ronco (2004): Se colocó en cada cápsula de Petri de 100 mm un disco de papel de filtro Whatman (núm. 3 (o equivalente), 90 mm de diámetro). Se marcaron todas las cajas con la dilución correspondiente, así como la fecha y hora de inicio y término del bioensayo. Para estos bioensayos se determinaron las diluciones 100 mL, 50 mL, 25 mL, 12.5 mL, 6.25 mL, 3.125 mL y 1.5 mL. Se saturó el papel de filtro con 5 mL de la dilución correspondiente. Con la ayuda de una pinza, se colocaron cuidadosamente veinte semillas. Seguido de eso, se taparon las cápsulas y fueron colocadas en bolsas plásticas para evitar la pérdida de humedad. Después se incubaron durante 120 h (cinco días) a una temperatura de 22 ± 2 °C. Se realizaron las repeticiones para cada dilución ensayada. Pasado ese tiempo, se registraron el número de semillas que germinaron normalmente, considerando como criterio de germinación la aparición visible de la radícula. Después utilizando una regla, se midieron cuidadosamente la longitud de la radícula y del hipocótilo de cada una de las plántulas correspondientes a cada concentración de tóxico o dilución de muestra y a los controles. Por último, se registraron los datos obtenidos.

En la medida de los puntos finales de evaluación de la fitotoxicidad cada punto se evaluó comparando el efecto generado en los organismos expuestos a la muestra con respecto a la respuesta en los organismos del control negativo, sujetos a las mismas condiciones de ensayo, excepto por la ausencia de muestra. Finalmente, para realizar las comparaciones adecuadas, los resultados obtenidos se expresaron como promedio y desviación estándar de la elongación de la radícula y del hipocótilo de las plántulas de cada repetición, el porcentaje de la germinación relativa de semillas (GRS), el crecimiento relativo de la radícula (CRR) y el índice de germinación (IG) de acuerdo con Hoekstra et al. (2002), Walter et al. (2006) y Bagur-González et al., (2011). Posteriormente, se realizó un diseño experimental



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Bioensayos ecotoxicológicos con semillas de *Lactuca Sativa*

Las plántulas experimentaron putrefacción, signos evidentes de descomposición, con una textura blanda y un olor desagradable, lo que sugiere la proliferación de microorganismos patógenos en las raíces y tejidos afectados. En algunos casos, la putrefacción parece haberse originado en las raíces, extendiéndose gradualmente hacia los cotiledones y las hojas más jóvenes.

Figura 1. Gráfica promedio de plántulas afectadas del Bioensayo.

Puntos finales

En resumen, la figura 2 refleja que la germinación y el crecimiento de las semillas de lechuga no son lineales y dependen de la concentración de la solución que simula el agua de la presa. Mientras que las concentraciones más altas (100 mL, E1) muestran efectos negativos tanto en la germinación como en el desarrollo de las radículas, concentraciones intermedias como 50 mL (E2) favorecen la germinación y el crecimiento. Sin embargo, las concentraciones bajas (como 25 mL y menores) tienden a estabilizarse en niveles moderados, lo que sugiere que, a pesar de la dilución, hay un cierto nivel de estrés que aún afecta a las semillas. En la Figura 3 se muestran los índices normalizados, los cuales permiten una mejor interpretación de los efectos de la fitotoxicidad del agua de la presa, mostrando que las concentraciones más altas afectan gravemente tanto la germinación como el desarrollo de la radícula, mientras que las concentraciones más bajas resultan en un crecimiento relativamente estable pero moderadamente limitado. Esto refuerza la idea de que la toxicidad del agua de la presa tiene un impacto negativo considerable debido a que podría tener una composición química que afecta negativamente el desarrollo de las plantas, particularmente en concentraciones altas, y que los efectos sobre las plantas disminuyen a medida que se reduce la concentración de la solución.

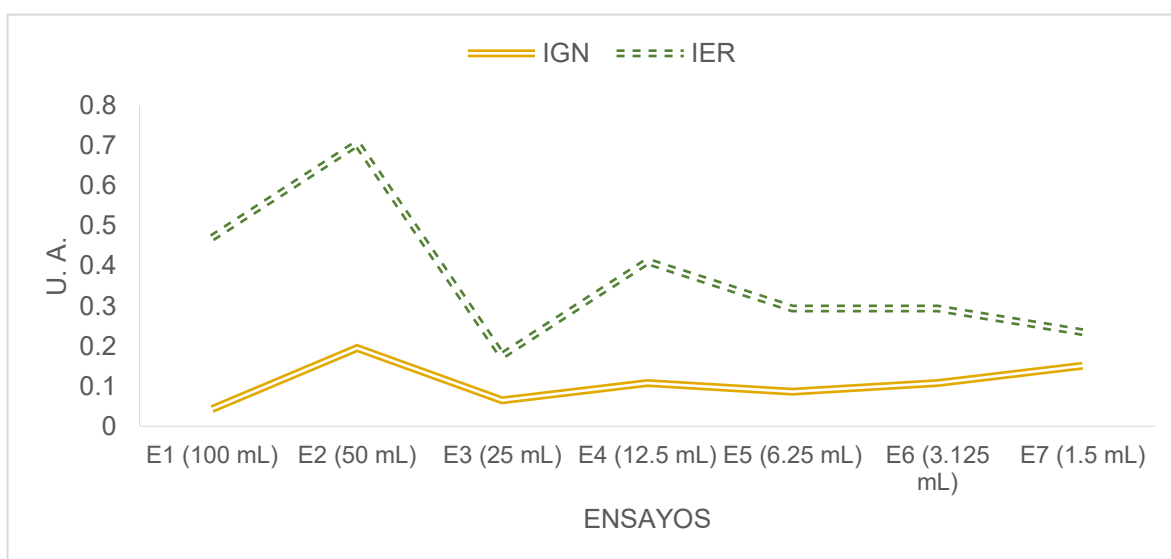


Figura 2. Evaluación de las respuestas biológicas de las plántulas de *Lactuca Sativa*.

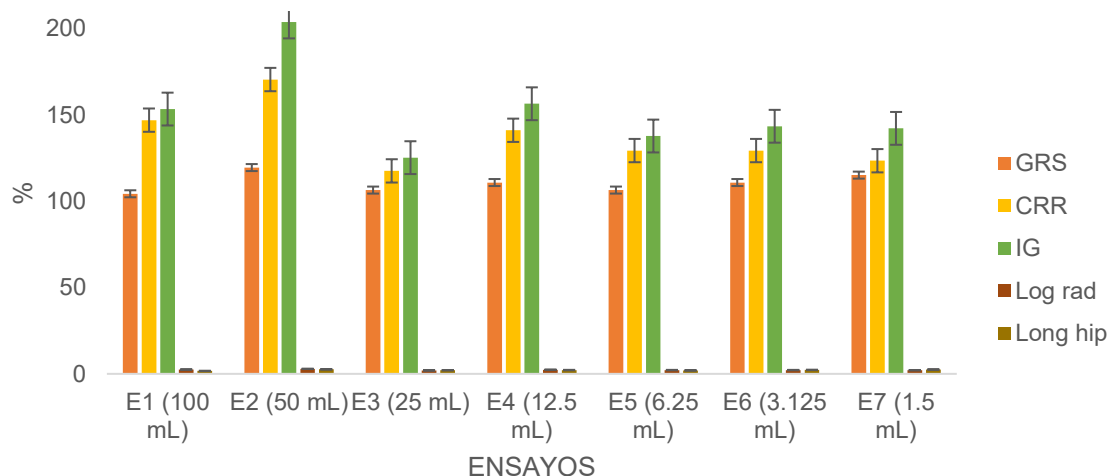
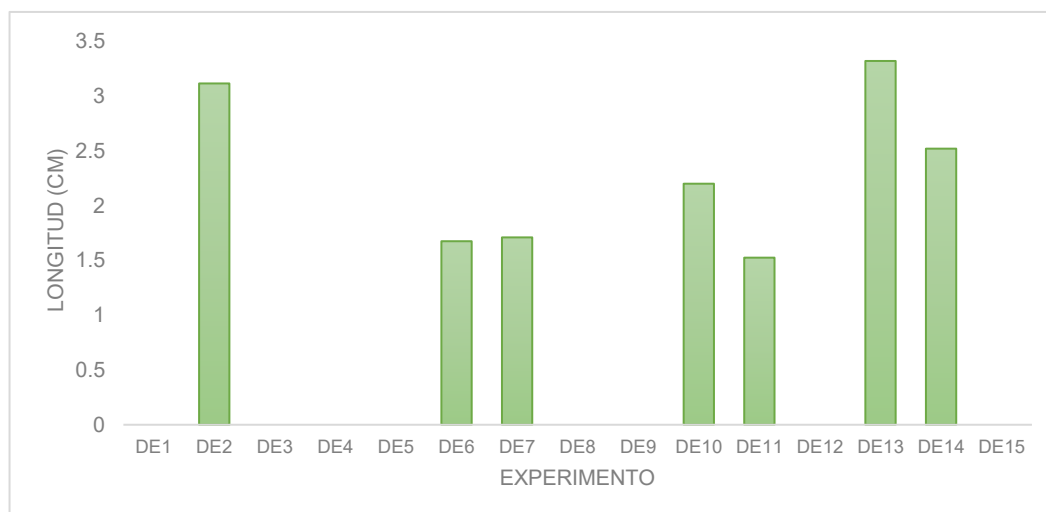


Figura 3. Índice de germinación normalizada (IGN) y Elongación de la radícula (IER) de *Lactuca Sativa* L. (-1 a +1) del bioensayo con las diferentes diluciones del agua de la Presa de Cointzio ("U.A." = Unidades Arbitrarias).

Diseños experimentales de superficie de respuesta

Las condiciones que generaron más crecimiento en la radícula son las del ensayo DE13 las cuales específicamente son 53.125 mL de contaminante, 22.5 °C y pH 6.5. Conforme al análisis en secciones anteriores, podemos observar que las



condiciones antes mencionadas y demás condiciones intermedias son las más favorables para el desarrollo de las plántulas tanto en el ámbito cualitativo como cuantitativo. En la Figura 21 inciso a) se revela que los residuales se alinean aproximadamente con una línea recta, sugiriendo que los datos siguen una distribución normal. No obstante, se observa una leve curvatura en forma de "S", lo que indica colas más largas en la distribución. En el inciso b), la gráfica de residuales frente a los valores ajustados muestra que los residuales tienen una dispersión aleatoria, lo cual sugiere que se comportan como un error aleatorio y confirma la validez del modelo. El histograma de los residuos en el inciso c) muestra que estos no son asimétricos y carecen de valores atípicos, lo cual respalda la aplicabilidad del modelo. Finalmente, la gráfica de residuales frente al orden de los datos en el inciso d) muestra fluctuaciones aleatorias alrededor de una línea central, lo que verifica que los residuos no están correlacionados. En conjunto, estos resultados confirman que el modelo utilizado es adecuado.

Figura 4. Promedios de la longitud (cm) de la radícula del diseño de experimentos.

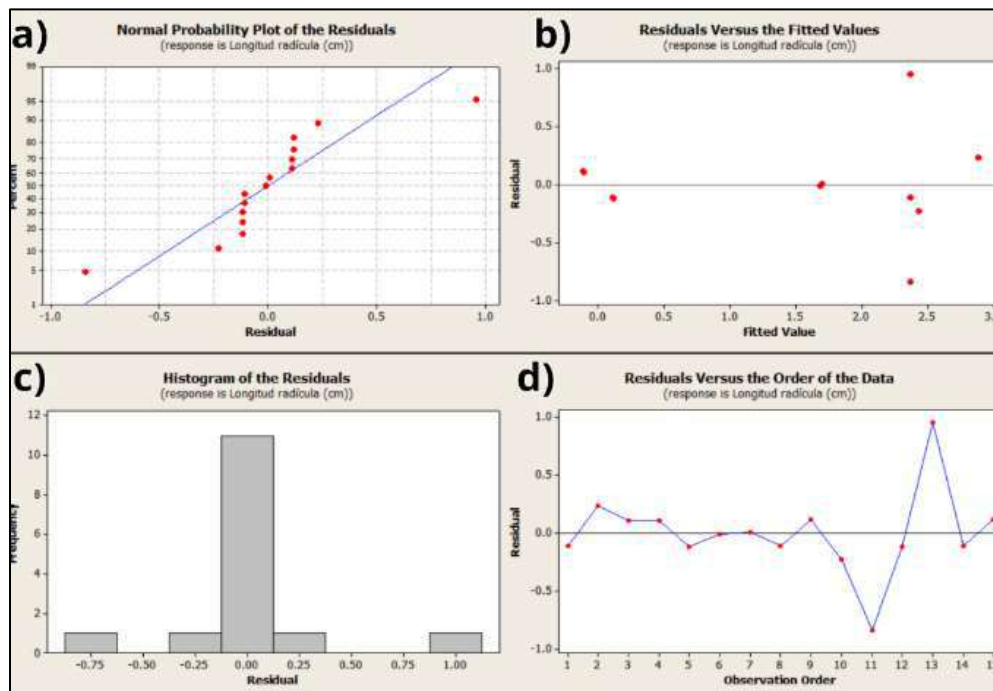


Figura 5. Gráficas de residuales para el crecimiento de radícula producidas por el diseño de experimentos.

Una vez validado el modelo matemático propuesto, se generaron las gráficas de superficie de respuesta y las gráficas de contorno. En la gráfica a) y b), de la figura 6, se distingue que relacionar la respuesta de longitud (cm), pH y contaminante (mL); se indica que el punto máximo de crecimiento (2.8 cm) se observó en los rangos de 7.5 a 8.5 de pH con intervalos de 6.250 a 30 mL de contaminante. Por su parte, en las gráficas obtenidas en el inciso c) y d) se enlazan las variables de longitud (cm), pH y temperatura ($^{\circ}\text{C}$) nos indica que en el rango de temperatura de aproximadamente 18 a 28°C puede existir un máximo de crecimiento de hasta 2.0 cm, haciéndose más estrecha esta relación conforme va descendiendo el pH. Mientras tanto, la gráfica e) y f), señala la relación de la longitud de la radícula respecto a la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y al contaminante (mL), creando una superficie que muestra que el crecimiento de la radícula puede mantenerse en un rango de 1.5 a 2 cm si la temperatura se queda en un rango de 18 a 28°C aproximadamente, este desarrollo se ve disminuido por la concentración del agua contaminada en un punto de 60 a 100 mL. En la Figura 7 se muestran las condiciones óptimas del diseño de experimentos. Dicha figura indica que las condiciones óptimas de crecimiento de la radícula son: temperatura de 22.50°C , con un pH de 8.5 y una relación del contaminante de 6.250 mL.

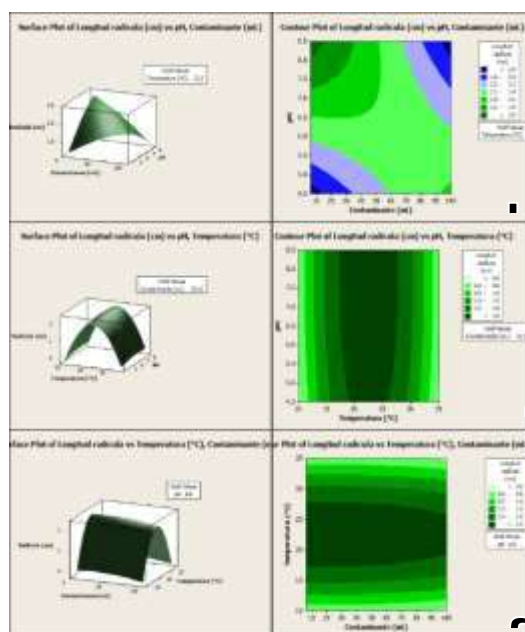


Figura 6. Superficies de respuesta y su correspondiente gráfica de contorno para la respuesta de crecimiento de radícula.

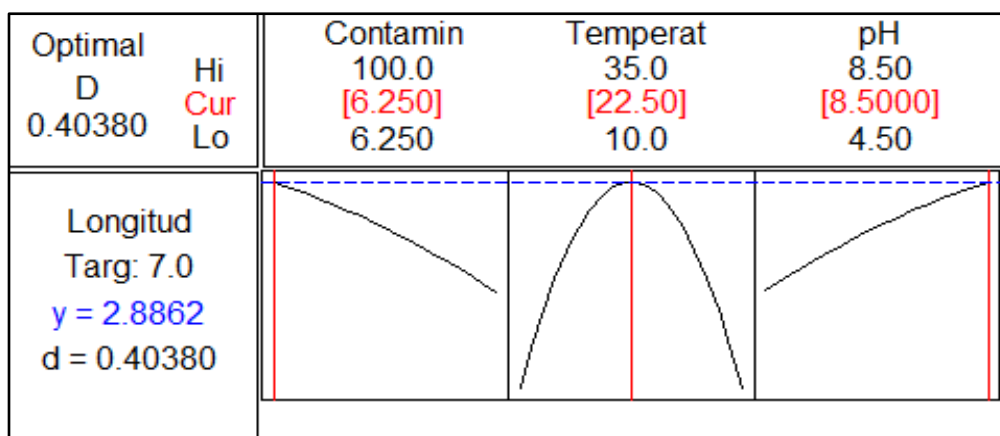


Figura 7. Optimización de la respuesta determinando las condiciones óptimas de producción en base al modelo matemático aplicado para el crecimiento de radícula.

CONCLUSIONES

El agua de la presa de Cointzio presenta efectos negativos en las plántulas de lechiga romana, sin embargo, es posible mejorar su desarrollo mediante ciertas herramientas, lo que permite una gestión sostenible del recurso hídrico. Este estudio aporta conocimientos sobre la fitotoxicidad local y abre nuevas líneas de investigación sobre la salud ambiental y el manejo de recursos, utilizando bioensayos y biomonitoreo para evaluar el impacto ambiental en cultivos y cuerpos hídricos.

REFERENCIAS

- Arroyo-Sesento, E. (2019). La presa de Cointzio: un proveedor de agua y energía perturbado. Boletín UNAM Campus Morelia, pp. 5.
- Bagur-González M.G., Estepa-Molina C., Martín-Peinado, F. y Morales-Ruano, S. (2011). Toxicity assessment using *Lactuca sativa* L. bioassay of the metal(loid)s As, Cu, Mn, Pb and Zn in soluble-in-water saturated soil extracts from an abandoned mining site. J. Soil. Sediment. 11, 281-289

Contramuro. (2024). Capacidad de la presa Cointzio y su relación con las lluvias. Contramuro. <https://www.contramuro.com/capacidad-presa-cointzio-lluvias/#:~:text=La%20presa%20de%20Cointzio%20proporciona,uso%20agr%C3%ADcola%20en%20zonas%20rurales>. (Arroyo-Sesento, 2019).

Hoekstra N.T., Bosker T. y Lantinga E.A. (2002). Effects of cattle dung from farms with different feeding strategies on germination and initial root growth of cress (*Lepidium sativum* L.). *Agricult. Ecosys. Environ.* 93, 189-196.

NMX-AA-004-SCFI-2013 Análisis De Agua – Medición De Sólidos Sedimentables En Aguas Naturales, Residuales Y Residuales Tratadas - Método De Prueba

SEMARNAT. (2002). Informe De La Situación Del Medio Ambiente En México. Recuperado el 16 de diciembre de 2022, de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/pdf/informe_2002.pdf

Sobrero, M.C. y Ronco, A. (2004). Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga. Ensayos toxicológicos y Métodos de evaluación de calidad de aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo e Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México, pp.71-79.

Walter I., Martínez F. y Cala V. (2006). Heavy metal speciation and phytotoxic effects of three representative sewage sludges for agricultural uses. *Environ. Pollut.* 139, 507-514

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL EXTRACTO ETANOLICO DE PIRUL (*Schinus molle*)

José Gómez Espinoza¹, José Armando Soto-Vázquez², María Alejandrina Medel Aguirre², Daniela Citlali Estrada-Ramírez², José Javier Araujo Juárez², y María Guadalupe Gómez Espinoza^{2*}

¹Campo Experimental Bajío-INIFAP, Carretera Celaya San Miguel de Allende Kilómetro 6.5, Celaya, Guanajuato, México CP 38010, ²Departamento de Ingeniería Agroindustria, Universidad Politécnica de Pénjamo. Carretera Irapuato-La Piedad km 44, predio El Derramadero, Pénjamo, Guanajuato, México CP 36921, ³Departamento de Ing. mecatrónica, Tecnológico Nacional de México/ITS Irapuato Irapuato, carretera Irapuato-Silao km 12.5, Col. El Copal, Irapuato, Guanajuato México, CP 36821. *autor para correspondencia: g.gomez@uppenjamo.edu.mx

RESUMEN

La inocuidad de los alimentos se asocia con riesgos crónicos o agudos que están relacionados con microorganismos o sus toxinas producidas, *Staphylococcus aureus* y *Bacillus cereus* son microorganismos que representan riesgo a la salud. Por lo anterior, la búsqueda del uso de extractos de plantas conocidas por la cultura tradicional se ha demostrado que el extracto etanólico de especies de *Eschinus* presentan actividad antimicrobiana. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad antimicrobiana del extracto etanólico de pirul (*S. molle*), Vs *S. aureus* y *B.cereus*. Para ello, se obtuvo un extracto etanólico de las hojas de *S. molle*, y se evaluó de forma cualitativa la presencia de flavonoides. Posteriormente se evaluó la actividad antibacteriana usando el método de disco de kirby bauer y la concentración mínima inhibitoria (CMI) mediante el método de dilución en caldo. Se obtuvo un extracto etanólico de pirul con un rendimiento de 2.74 ± 0.14 g/100 mL, las pruebas cualitativas para determinación de flavonoides dieron positivas. Al evaluar la actividad antibacteriana, se pudo observar un halo de inhibición de 13. 87 mm y 18.92 mm a 1024 mg/L a para *S. aureus* y *B.cereus*, respectivamente y una CMI de 4.096 g/L para ambas bacterias. Por lo que se sugiere que los flavonoides son compuestos responsables de la actividad antibacteriana del extracto etanólico de *S. molle*.

Palabras clave: *Schinus molle*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, extracto etanólico

ABSTRACT

Food safety is associated with chronic or acute risks that are related to microorganisms or their toxins produced, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* are microorganisms that represent a health risk. Therefore, the search for the use of plant extracts known from traditional culture has shown that the ethanol extract of *Eschinus* species have antimicrobial activity. Therefore, the aim of the present work was to evaluate the antimicrobial activity of ethanol extract of pirul (*S. molle*), Vs *S. aureus* and *B.cereus*. For this purpose, an ethanol extract was obtained from the leaves of *S. molle*, and the presence of flavonoids was qualitatively evaluated by means of tests. Subsequently, the antibacterial activity was evaluated using the kirby bauer disc method and the minimum inhibitory concentration (MIC) using the broth dilution method. An ethanol extract of pirul was obtained with a yield of 2.74 ± 0.14 g/100 mL, the qualitative tests for flavonoid determination were positive. When evaluating the antibacterial activity, an inhibition halo of 13.87 mm and 18.92 mm at 1024 mg/L was observed for *S. aureus* and *B.cereus*, respectively, and a MIC of 4.096 g/L for both bacteria. Therefore, it is suggested that flavonoids are compounds responsible for the antibacterial activity of the ethanol extract of *S. molle*.

Keyword: *Schinus molle*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, extract

INTRODUCCIÓN

La inocuidad de los alimentos está asociada a todos los riesgos, ya sean crónicos o agudos debido a la presencia de patógenos microbianos que afectan la salud de los consumidores, de ahí que la obtención y garantía de la inocuidad es y debe ser un objetivo no negociable (Arispe & Tapia, 2007). Cuando no se tiene la debida salubridad se ocasionan infecciones por distintas bacterias, virus y parásitos. Por ejemplo, la bacteria *Staphylococcus aureus* es responsable de un amplio espectro de enfermedades que van desde infecciones de la piel (impétigo, carbunco, forúnculo, síndrome de choque tóxico, síndrome de la piel escaldada) y tejidos

blandos (celulitis, fascitis necrosante) hasta infecciones graves que amenazan con la vida del paciente (Vitón Andia et al., 2023). Mientras que, *Bacillus cereus* es una bacteria formadora de esporas que se distribuye ampliamente en el medio ambiente. Si bien *B. cereus* se asocia principalmente con intoxicaciones alimentarias, se informa cada vez más que es una causa de infecciones graves y potencialmente fatales del tracto no gastrointestinal. La patogenicidad de *B. cereus*, ya sea intestinal o no intestinal, está íntimamente asociada con la producción de exoenzimas destructivas de tejidos. Entre estas toxinas secretadas se encuentran cuatro hemolisinas, tres fosfolipasas distintas, una toxina que induce emesis y proteasas (Bottone, 2010). Uno de los impactos más importantes en la actualidad de las cepas bacteriana sobre la salud, es la resistencia que pueden presentar a múltiples antibióticos (Vitón Andia et al., 2023).

El estudio de las plantas medicinales es desarrollado a través de la Fitoquímica que es considerada como una herramienta en el descubrimiento de moléculas a partir de ellas, además de establecer una relación entre la presencia de metabolitos secundarios y su actividad biológica (Ferreira B. et al., 2023). *Schinus molle* L. "molle" o "árbol del Perú" es una planta con propiedades aromatizantes, se utiliza como chicle, colorante, combustible, comestible, condimento, cosmético, curtiente, forrajero, melífera, medicinal e insecticida. *S. molle* mejora la fertilidad y erosión del suelo, es barrera contra vientos, ornamental y actúa como sombra y refugio para la vida silvestre (Iannacone & Alvarino, 2010). En la medicina folclórica, *Schinus* sp. se emplea para tratar el dolor artrítico y limpieza de heridas, estudios realizados, muestran que los extractos obtenidos del *S. molle* pueden ser empleados como analgésico y antiinflamatorio. El aceite esencial de las hojas y de los frutos muestra actividad insecticida, repelente de insectos, actividad citotóxica y antioxidante en líneas celulares de tumor. El extracto etanólico de los frutos posee potente actividad antibacteriana, actividad antiviral y actividad antifúngica (Gualtieri et al., 1989). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es evaluar la actividad antimicrobiana del extracto etanólico de pirul (*S. molle*), Vs *S. aureus* y *B.cereus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención del extracto etanólico de pirul

La obtención del material vegetal de pirul (*S. molle*) se colectó en la Universidad Politécnica de Pénjamo (Latitud. 20.44232° o 20° 26' 32"), el material se separó, las hojas se sometieron a un secado a temperatura de 55 °C durante 24 h, posteriormente se molió, se tamizó empleando un tamiz del No.50, se tomaron 30g de este y se mezclaron con 200 mL de etanol al 96%, se maceraron durante 7 días en ausencia de luz, el extracto filtrado se sometió a un rotavapor para eliminar el etanol, el extracto seco se almacena a 4°C en ausencia de luz.

Pruebas cualitativas para determinación de flavonoides

Prueba de **Bate-Smith** (prueba de flavan-3.4-dioles) En un tubo ponemos 1 ml del extracto al que añadimos 250 µl de HCl concentrado. El tubo y se llevó a un baño maría durante 30 min. La aparición de un color rojo indica la presencia de leucoantocianinas que son derivados de flavan-3.4-dioles (Degaïchia et al., 2022)

Taninos Se añaden 100 µl de una solución de FeCl₃ al 1% a un tubo que contiene 1 ml del extracto. En presencia de taninos, se desarrolla un color verdoso o azul-negro. El color se torna marrón negruzco en presencia de taninos gálicos (taninos hidrolizables) y azul verdoso en presencia de taninos catequéticos (taninos condensados) (Degaïchia et al., 2022).

Quinonas libres La identificación de quinonas libres en nuestros extractos se realiza añadiendo unas gotas de NaOH (1%) a 1 ml del extracto. Su presencia está indicada por la aparición de color púrpura; amarillo o rojo (Degaïchia et al., 2022).

Ensayo de Rosenheim para leucoantocianidinas se tomó una alícuota de 1 ml del extracto crudo acuoso al 2% y se le adicionó 0.5 mL de HCl(c) y se calentó durante 10 min en baño maría; se enfrió y adicionó 0.4 mL de alcohol amílico y se agitó; se dejó en reposo separándose las fases, y se observó la coloración de la fase amílica (Ferreira B. et al., 2023)

Evaluación antibacteriana

La actividad antibacteriana del extracto etanólico de pirul (*S. molle*) fue evaluada frente a las bacterias Gram positivas *B. cereus* y *S. aureus*. Para evaluar la actividad antibacteriana, se inocularon las cajas con las bacterias por separado y mediante el método de difusión de disco de Kirby Bauer se evaluaron las concentraciones de 0, 128, 256, 512 y 1024 mg/L de extracto de *S. molle*, los cultivos se incubaron a 37°C durante 24 h, posteriormente, se procedió a medir el halo formado por el extracto. Para evaluar la concentración mínima inhibitoria (CMI) se utilizó el método de dilución en tubo, en medio líquido se preinocularon 100 µL de las cepas bacterianas por separado a concentraciones de 256, 512, 1024, 2048 y 1096 mg/L de extracto de *S. molle*, los cultivos se incubaron a 37°C durante 24 h a 200 RPM, los resultados se evaluaron de acuerdo con la turbidez del medio. Todos los experimentos se realizaron por triplicado

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El extracto etanólico de pirul de las hojas de *S. molle* presento un rendimiento de 2.74 ± 0.14 g/100 mL, al evaluar la presencia de flavonoide de manera cualitativa se observan las pruebas cualitativas para determinación de flavonoides dieron positivo (tabla 1), estos resultados concuerdan con los resultados obtenidos con otras especies de *Schinus* como *S. weinmannifolia* (Ferreira B. et al., 2023). Mientras que para las hojas de *S. molle* se reporta un perfil fitoquímico que incluye taninos, alcaloides, flavonoides, saponinas esferoidales, esteroides, terpenos, gomas, resinas y aceites esenciales (Iannacone & Alvarino, 2010; Wimalaratne et al., 1996)

Cuadro 1. Ensayos cualitativos para determinación de flavonoides

Ensayo	Metabolito secundario	Resultado
Bate-smith	Flavan-3.4-dioles	Positivo
FeCl ₃	Taninos	Positivo
NaOH	Quinonas libres	Positivo
Rosenheim	Leucoantocianidinas	Positivo

Actividad antibacterial del extracto etanólico de *Schinus molle*

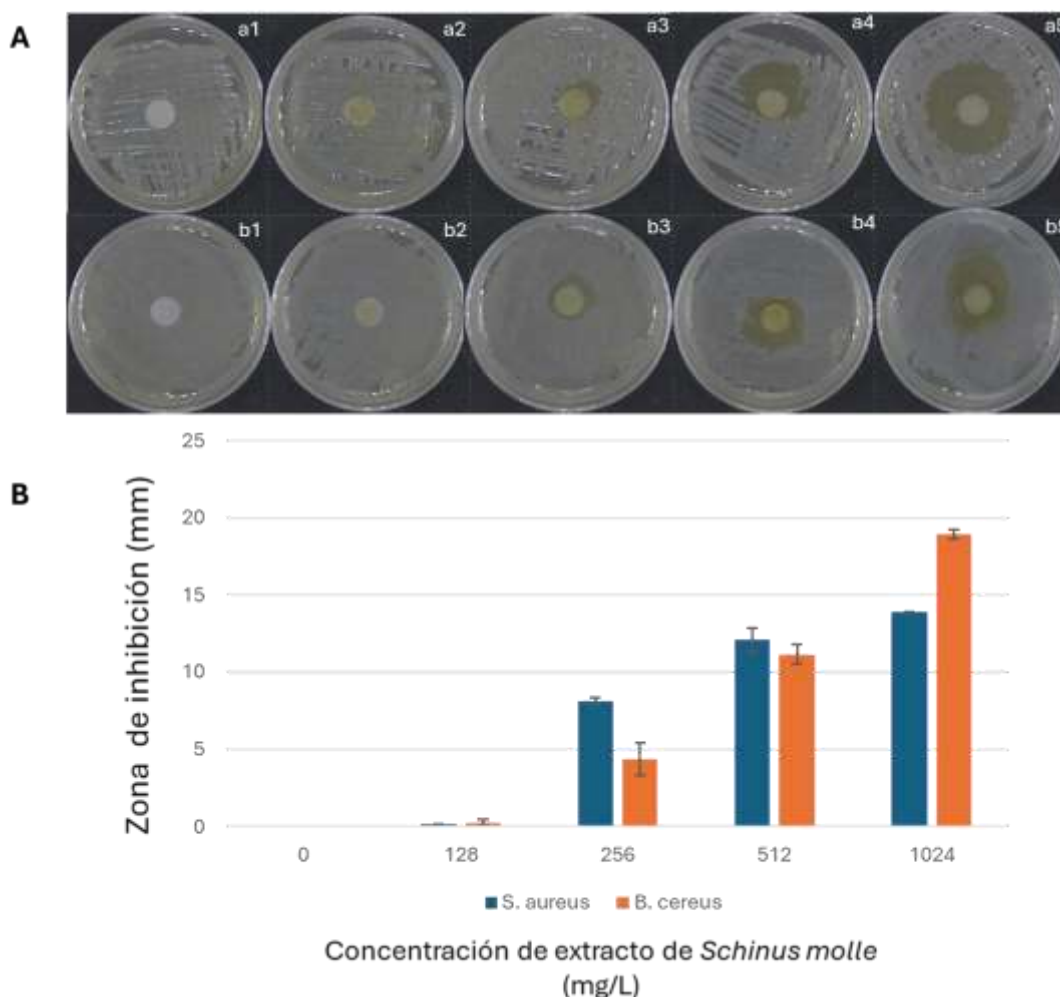


Figura 1. Actividad antibacteriana del extracto etanólico de *Schinus molle* **A)** halo de inhibición a) *B. cereus* b) *S. aureus*. Los números indican las concentraciones empleadas 1) control (0 mg/L), 2) 128 mg/L, 3) 256 mg/L, 4) 512 mg/L, y 5) 1024 mg/L **B)** Grafica de los datos

La actividad antibacteriana del extracto etanólico de *S. molle* se puede observar en la Fig. 1, en esta se observa que el extracto etanólico de las hojas de *S. molle* ejerció actividad antibacteriana sobre *S. aureus* y *B. cereus*, con halos de inhibición que oscilan de 0 mm a 13.87 mm para *S. aureus*, y de 0 mm a 18.92 mm para *B. cereus* para concentraciones de 0 a 1024 mg/L. Estos resultados coinciden con lo reportado por Viton y cols (Vitón Andia et al., 2023) quienes demuestran una actividad antibacteriana del extracto etanólico de *S. molle* vs *S. aureus*, al igual que Perez-Delgado y cols 2020) quienes observan un halo de inhibición de 5,6 mm para una concentración de (125 mg/mL) y 14.6 mm para una concentración mayor a (1000

mg/mL) para *S. aureus*. La concentración mínima inhibitoria (CMI) para ambas bacterias fue de 4096 mg/mL, observándose ausencia de crecimiento bacteriano a esta concentración (Cuadro 2). Estas propiedades del extracto etanólico de *S. molle* se pueden atribuir a su composición química.

Cuadro 2. Concentración mínima inhibitoria (CMI) del extracto de *S. molle*

Microorganismo	Gram	CMI (g/L)
<i>B. cereus</i>	positiva	4.096
<i>S. aureus</i>	positiva	4.096

CONCLUSIONES

El extracto etanólico de las hojas de *S. molle* inhibe el crecimiento de las bacterias gram positivas *S. aureus* y *B. cereus*, queda como perspectiva la evaluación fitoquímica del extracto.

LITERATURA CITADA

- Arispe, I., & Tapia, M. S. (2007). Inocuidad y calidad: Requisitos indispensables para la protección de la salud de los consumidores. *Agroalimentaria*, 12(24).
- Bottone, E. J. (2010). *Bacillus cereus*, a volatile human pathogen. In *Clinical Microbiology Reviews* (Vol. 23, Issue 2). <https://doi.org/10.1128/CMR.00073-09>
- Degaïchia, H., Moualhi, N., Benhamadi, M., & Benrima, A. (2022). Cribado fitoquímico y efecto antibacteriano de extractos fenólicos de dos *Cupressus mediterráneos*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(5). <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i5.2473>
- Ferreira B., F. P., Vicentini, M., Moura, J., Acosta, A., & Martinez, M. (2023). Estudio químico-biológico del extracto crudo etanolico de hojas del *Schinus weinmanniifolia* Mart. Ex Engl (Molle'i) de la localidad de Pirareta (Cordillera,

- Paraguay). Reportes Científicos de La FACEN, 14(1), 11–24.
<https://doi.org/10.18004/rcfacen.2023.14.1.11>
- Gualtieri, M., Araque, M., Carmona, J., Garcia, M., Di Bernardo, M., Rios, N., Villalobos, C., Fung, Y., Uscategui, N., & Sosa, F. (1989). Actividad antibacteriana del *Schinus molle* L. cultivado en Italia. Revista Del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel, 43(2), 3–10.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04772012000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=
- Iannacone, J., & Alvarino, L. (2010). Toxicidad de *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) a cuatro controladores biológicos de plagas agrícolas en el Perú. ACTA ZOOLOGICA MEXICANA (N.S.), 26(3).
<https://doi.org/10.21829/azm.2010.263802>
- Vitón Andia, L. S., Iglesias Osos, S., Becerra Atoche, G., Ruiz Torres, C., & Calderón Vílchez, C. (2023). Susceptibilidad antimicrobiana de *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus* β -hemolítico frente al extracto etanólico de *Schinus molle* L. . Revista Cubana de Medicina Natural y Tradicional, 5. <https://revmnt.sld.cu/index.php/rmnt/article/view/232>
- Wimalaratne, P. D. C., Slessor, K. N., Borden, J. H., Chong, L. J., & Abate, T. (1996). Isolation and identification of house fly, *Musca domestica* L. , repellents from pepper tree, *Schinus molle* L. . Journal of Chemical Ecology, 22(1).
<https://doi.org/10.1007/BF02040199>

EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE HERBICIDAS QUÍMICOS Y ORGÁNICOS SOBRE EL COMPLEJO DE MALEZA DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN ÉPOCA DE APLICACIÓN TEMPRANA

¹T. Medina-Cazares*, ¹S. Montes-Hernández, ¹S.S. González-Figueroa.

¹Campo Experimental Bajío INIFAP medina.tomas@inifap.gob.mx.

RESUMEN

El cultivo de maíz en nuestro país es el más importante a nivel nacional. El manejo adecuado del cultivo de maíz exige la integración coordinada de distintos factores. Dentro de estos, el manejo de maleza es uno de los más limitantes, las pérdidas en rendimiento están relacionadas con el tiempo que permanece enyerbado el cultivo y el tipo de maleza, y pueden ser del 35-80%. El glifosato es el herbicida más usado en la agricultura, tanto en México como en el mundo; es un herbicida post-emergente, no selectivo y altamente sistémico, por lo que puede controlar malezas anuales y perennes con reproducción vegetativa. Su principal uso en nuestro país es su aplicación previa a la siembra de los cultivos. En base a lo anterior el objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficacia en el control de maleza de varios herbicidas tanto químicos como orgánicos y Evaluar la fitotoxicidad sobre el cultivo de maíz que pueda causar los herbicidas aplicados. El trabajo se estableció bajo un diseño de bloques azar con cuatro repeticiones y 8 tratamientos, que fueron: 1.- Testigo Limpio, 2.- Glifosato + inx a dosis de 3.0 L + 0.5 % ha⁻¹, 3.- Glufosinato de amonio + inx a dosis de 3.0 L + 0.5 % ha⁻¹, 4.- Bioherbicida 2 + inx a dosis de 15 mL/l de agua + 0.5 % ha⁻¹, 5.- Atrazina + terbutrina+s-metolaclor + inx a dosis de 3.0 + 3.0 L + 0.5 % ha⁻¹, 6.- Tembutrione+ foransulfurom+ iodosulfuron + Inx + inx a dosis de 300 mL +150 g + 0.5 % ha⁻¹, 7.- Bioherbicida 3 + inx a dosis de 15 mL/L de agua + 0.5 % ha⁻¹ y 8.- Testigo enhierbado. La parcela experimental fue de 3.0 m de ancho por 10.0 m de largo y la parcela útil de 1.5 m de ancho por 10.0 m de largo (los dos surcos centrales de la parcela). Durante el ciclo de P-V 2024 se sembró maíz y el experimento se manejó bajo las recomendaciones técnicas que hay para la zona. La aplicación de los tratamientos

herbicidas fue uno en preemergencia al cultivo y la maleza y 4 tratamientos en postemergencia a la maleza (Cuando la maleza tenía una altura de 3.0 cm.) y uno en postemergencia al cultivo y a la maleza, con una aspersora de motor Honda WJR4025, con aguilón de 6 boquillas 8003, separadas a 50 cm. una de otra, con una presión de 45 PSI y un gasto de agua de 400 L ha⁻¹. Las variables evaluadas fueron: Población de maleza, fitotoxicidad al cultivo y Porcentaje de control de maleza en forma visual a los 10 y 20 días después de la aplicación. Se encontraron las siguientes malezas de hoja angosta y hoja ancha: zacate Jhonson (*Sorghum halepense* L.) SORHA, zacate pega ropa (*Setaria verticillata* L.) SETVE y Grama (*Cynodom dactiloan*) CYNDA. De hoja ancha: olotillo (*Acalypha ostryifolia* Riddell.) ACAOS, rosa amarilla (*Aldama dentata* L.) ALDDE, borraja (*Sonchus oleraceae* L.) SONOL y Mostaza (*Brassica campestris* L.) BRACA. En porcentaje de control a los 10 días después de la aplicación en las malezas de hoja angosta y hoja ancha se observa que al zacate Jhonson los tratamientos 1, 2 y 3 son los que presentan los mejores porcentajes de control con arriba del 90%. En el control del zacate pegaropa y zacate grama el comportamiento de los tratamientos es similar. En hoja ancha el olotillo el tratamiento, 1, 2 y 3 son los que presentan los mejores porcentajes de control con arriba del 90%. En rosa amarilla el comportamiento de los tratamientos es similar. En borraja y la mostaza todos los tratamientos presentan controles superiores al 85 % a excepción del testigo enhierbado que su porcentaje de control es 0%.

Palabras Claves: Maíz, Glifosato, Maleza de hoja ancha y angosta y Bioherbicidas.

ABSTRACT

Corn cultivation in our country is the most important at the national level. The proper management of corn crops requires the coordinated integration of different factors. Among these, weed management is one of the most limiting, yield losses are related to the time the crop remains weeded and the type of weed, and can be 35-80%. Glyphosate is the most widely used herbicide in agriculture, both in Mexico and in the world; it is a post-emergence, non-selective and highly systemic herbicide, so it can control annual and perennial weeds with vegetative reproduction. Its main use in our country is its application prior to planting crops. Based on the above, the objective of this work was to

evaluate the efficacy of various chemical and organic herbicides in weed control and to evaluate the phytotoxicity on corn crops that the applied herbicides may cause. The work was established under a randomized block design with four replications and 8 treatments, which were: 1.- Clean Control, 2.- Glyphosate + inx at a dose of 3.0 L + 0.5 % ha⁻¹, 3.- Ammonium glufosinate + inx at a dose of 3.0 L + 0.5 % ha⁻¹, 4.- Bioherbicide 2 + inx at a dose of 15 mL / l of water + 0.5 % ha⁻¹, 5.- Atrazine + terbutryn + s-metolachlor + inx at a dose of 3.0 + 3.0 L + 0.5 % ha⁻¹, 6.- Tembutrione + foransulfurom + iodosulfuron + Inx + inx at a dose of 300 mL +150 g + 0.5 % ha⁻¹, 7.- Bioherbicide 3 + inx at a dose of 15 mL/L of water + 0.5% ha⁻¹ and 8.- Grassy control. The experimental plot was 3.0 m wide by 10.0 m long and the useful plot was 1.5 m wide by 10.0 m long (the two central furrows of the plot). During the P-V 2024 cycle, corn was planted and the experiment was managed under the technical recommendations for the area. The application of the herbicide treatments was one pre-emergence to the crop and weeds and 4 post-emergence treatments to the weeds (when the weeds were 3.0 cm high) and one post-emergence to the crop and weeds, with a Honda WJR4025 engine sprayer, with a boom of 6 8003 nozzles, separated by 50 cm. one from another, with a pressure of 45 PSI and a water flow of 400 L ha⁻¹. The variables evaluated were: Weed population, phytotoxicity to the crop and Percentage of weed control visually at 10 and 20 days after application. The following narrow-leaf and broad-leaf weeds were found: Johnson grass (*Sorghum halepense* L.) SORHA, clothes peg grass (*Setaria verticillata* L.) SETVE and *Cynodom dactiloan* grass (CYNDA). Broad-leaf weeds: olotillo (*Acalypha ostryifolia* Riddell.) ACAOS, yellow rose (*Aldama dentata* L.) ALDDE, borage (*Sonchus oleraceae* L.) SONOL and mustard (*Brassica campestris* L.) BRACA. In percentage of control at 10 days after application in narrow-leaf and broad-leaf weeds, it is observed that for Johnson grass, treatments 1, 2 and 3 are those that present the best control percentages with over 90%. In the control of pegaropa grass and grama grass, the behavior of the treatments is similar. In broadleaf olotillo, treatments 1, 2 and 3 are those that present the best control percentages with over 90%. In yellow rose, the behavior of the treatments is similar. In borage and mustard, all treatments present controls greater than 85% except for the weed control, which has a control percentage of 0%.

Keywords: *Corn, Glyphosate, Broad-leaf and narrow-leaf weeds and Bioherbicides.*

INTRODUCCION

El cultivo de maíz en nuestro país es importante a nivel alimentario, industrial, económico, cultural y social. En 2019 la superficie sembrada fue de 7,481,136 ha, con una producción de 21,885,170 t de grano (SIAP, 2021). Los cinco principales estados productores de maíz del país son: Sinaloa, Jalisco, Michoacán, México y Guanajuato. En la región centro occidente del estado de Guanajuato conocida como El Bajío se reportó una producción de 1,556,131 toneladas en el año agrícola 2020 (SIAP, 2021), donde 79% corresponde a la siembra de maíz blanco de riego (SADER-Gto, 2020). El manejo adecuado del cultivo de maíz exige la integración coordinada de distintos factores de la producción y la relación que guardan estos entre si es sumamente critica, de tal manera que la acción desfavorable de uno de ellos puede llegar a limitar la expresión optima de los otros. Dentro de estos factores, el manejo de maleza es uno de los mas limitantes en la producción del cultivo de maíz, pues las perdidas en rendimiento están relacionadas con el tiempo que permanece enyerbado el cultivo y el tipo de maleza, y pueden ser del 35-80%. Los sistemas de manejo de malezas tienen y van a seguir teniendo una gran importancia para la agricultura, por lo que es urgente desarrollar practicas de protección de cultivos mas eficientes sin importar cual es el modelo global en el cual nos desarrollemos (agricultura convencional, orgánica, sostenible, de conservación, etc.) (De Prado y Jorin 2001). Esto nos exige desarrollar programas de manejo integrado de maleza con una tendencia a ser mas económico y ecológico, el control de las malezas mediante la aplicación de herbicidas se realiza en más de la mitad de las unidades productivas de nuestro país, ya que es un método eficiente, práctico y rentable. El glifosato es el herbicida más usado en la agricultura, tanto en México como en el mundo; es un herbicida post-emergente, no selectivo y altamente sistémico, por lo que puede controlar malezas anuales y perennes con reproducción vegetativa. Su principal uso en nuestro país es su aplicación previa a la siembra de los cultivos para evitar la competencia de malezas en los estados iniciales de su desarrollo. En México se han tomado medidas restrictivas al uso del Glifosato las cuales paulatinamente reducirán y eliminaran su uso en la agricultura, por lo cual se

deben desarrollar prácticas eficientes y rentables para los productores y que no afecten al medio ambiente.

En la zona centro de México se ubican varios estados con una grande vocación agrícola, entre los que se encuentran Guanajuato y Michoacán, en los cuales el cultivo de maíz juega un papel preponderante en la economía y gran importancia social. En base a lo anterior el objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficacia en el control de maleza de varios herbicidas tanto químicos como orgánicos y Evaluar la fitotoxicidad sobre el cultivo de maíz que pueda causar los herbicidas aplicados y su efecto sobre rendimiento del maíz en el Bajío.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se estableció bajo un diseño de bloques azar con cuatro repeticiones y 8 tratamientos, para evaluar los herbicidas aplicados (Cuadro 1). La parcela experimental fue de 3.0 m de ancho por 10.0 m de largo y la parcela útil de 1.5 m de ancho por 10.0 m de largo (los dos surcos centrales de la parcela), dejándose entre cada parcela un surco sin aplicar que sirvió de testigo lateral.

Durante el ciclo de P-V 2024 se sembró maíz y el experimento se manejo bajo las recomendaciones técnicas que hay para la zona. La siembra del maíz se realizó el 06-IX-2024, con el híbrido Berrendo, a una densidad de siembra de 100,000 plantas ha⁻¹ y una fertilización de 240-46-00, aplicando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno en la siembra y la otra mitad del nitrógeno antes del primer riego de auxilio. La aplicación de los tratamientos herbicidas fue uno en preemergencia al cultivo y la maleza y 4 tratamientos en postemergencia a la maleza (Cuando la maleza tenía una altura de 3.0 cm.) y uno en postemergencia al cultivo y a la maleza, la primera aplicación se realizó 13-VIII-2024, la segunda aplicación 26-VIII-2024 y la tercera aplicación se realizó el día 09-IX-2024. con una aspersora de motor Honda WJR4025, con aguilón de 6 boquillas 8003, separadas a 50 cm. una de otra, con una presión de 45 PSI y un gasto de agua de 400 L ha⁻¹.

Cuadro 1.- Tratamientos de herbicidas evaluados en diferentes épocas de aplicación para el control del complejo de maleza en el cultivo de maíz de riego en el bajo. Ciclo P-V 2006.

No.	Tratamiento	Dosis de m. c. por ha
1	Testigo Limpio	
2	Glifosato + Inex	3.0 L + 0.5 %
3	Glufosinato de Amonio + Inex	3.0 L + 0.5 %
4	Bioherbicida 2 + Inex	15 mL/L de agua + 0.5 %
5	Atrazina + terbutrina + s-metolaclor	3.0 + 3.0 L
6	Tembutrione+ foransulfurom+ iodosulfuron + Inex	300 mL + 150 g + 0.5 %
7	Bioherbicida 3 + Inex	15 mL/L de agua + 0.5%
8	Testigo Enhierbado	

Las variables evaluadas fueron: Población de maleza, fitotoxicidad al cultivo y Porcentaje de control de maleza por especie presente a los 10 y 20 días después de la aplicación. Para las evaluaciones de porcentaje de control de maleza se realizaron evaluaciones visuales con la escala de 0 a 100% propuesta por Frans et al. (1986) y rendimiento de maíz. (datos no disponibles).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En relación a la presencia de especies de maleza de hoja angosta en el lote experimental se encontraron las siguientes especies: zacate Jhonson (*Sorghum halepense* L.) SORHA, zacate pega ropa (*Setaria verticillata* L.) SETVE y Grama (*Cynodon dactiloan*) CYNDA. Las malezas de hoja ancha fueron las siguientes olotillo (*Acalypha ostryifolia* Riddell.) ACAOS, rosa amarilla (*Aldama dentata* L.) ALDDE, borraja (*Sonchus oleraceae* L.) SONOL y Mostaza (*Brassica campestris* L.) BRACA.

En los cuadros 2 se presenta la población promedio de maleza de hoja angosta y hoja ancha. presente en cada tratamiento y en el se observa que las poblaciones mas altas son de zacate pega ropa y Johnson en algunas parcelas se encontraron más de 16 y 24 individuos por m², respectivamente, de hoja ancha se observa que las poblaciones mas

altas son de mostaza y rosa amarilla en algunas parcelas se encontraron más de 80 individuos por m², respectivamente, aunque es importante resaltar que en todas las parcelas de los tratamientos aplicados hubo presencia de todas las malezas de hoja angosta y hoja ancha en mayor o menor población.

Cuadro 2.- Plantas por m² de zacate jhonson (SORHA), zacate pegaropa (SETVE), grama (CYNDA), olotillo (ACAOS), rosa amarilla (ALDDE), borraja (SONOL) y mostaza (BRACA) antes de la aplicación de los tratamientos herbicidas. Ciclo P-V 2024.

Tratamiento	Plantas por m ²						
	SORHA	SETVE	CYNDA	ACAOS	ALDDE	SONOL	BRACA
1	4	16	10	6	44	4	14
2	2	8	2	6	36	2	28
3	6	4	3	16	28	4	86
4	4	2	2	8	66	2	16
5	4	4	2	8	20	4	10
6	2	2	3	36	56	2	28
7	24	8	2	16	86	6	14
8	2	4	2	18	24	2	12
$\bar{X}$	6.0	6.0	3.25	14.25	45.0	3.25	26.0

En el cuadro 4 se presenta el porcentaje de control a los 10 días después de la aplicación de los tratamientos herbicidas en las malezas de hoja angosta y hoja ancha presentes en el lote experimental y se observa que en relación al zacate Jhonson los tratamientos 1).- Testigo limpio, 2).- Glifosato a dosis ha⁻¹ de 3.0 L + 0.5% de Inex, 3).- Glufosinato de amonio a dosis ha⁻¹ de 3.0 L + 0.5% de Inex son los que presentan los mejores porcentajes de control con arriba del 90% otro grupo de tratamientos con buenos controles lo conforman los tratamiento 4).- Bioherbicida 2 a dosis de 15 mL/L de agua, 5).- Atrazina + Terbutrina +s-metolaclor a dosis ha⁻¹ de 3.0 + 3.0 L,6).- Tembotrione + Foramsulfuron+ iodosulfuron a dosis ha⁻¹ de 300 mL + 150 g y 7).- Bioherbicida 3 a dosis de 15 mL/L de agua, presentan controles de 80 a 85 y el tratamiento del testigo sin aplicar presenta el control más bajo. En relación al control del zacate pegaropa el comportamiento de los tratamientos es similar, En relación al zacate grama el tratamiento, 1).- Testigo limpio, 2).- Glifosato a dosis ha⁻¹ de 3.0 L + 0.5% de Inex, 3).-

Glufosinato de amonio a dosis ha^{-1} de 3.0 L + 0.5% de Inex son los que presentan los mejores porcentajes de control con arriba del 85% otro grupo de tratamientos con controles regulares lo conforman los tratamiento 4).- Bioherbicida 2 a dosis de 15 mL/L de agua, 5).- Atrazina + Terbutrina +s-metolaclor a dosis ha^{-1} de 3.0 + 3.0 L,6).- Tembotrione + Foramsulfuron+ iodosulfuron a dosis ha^{-1} de 300 mL + 150 g y 7).- Bioherbicida 3 a dosis de 15 mL/L de agua, presentan controles de 60 a 80 y el tratamiento del testigo sin aplicar presenta el control más bajo. En relación a las hoja anchas el olotillo el tratamiento, 1).- Testigo limpio, 2).- Glifosato a dosis ha^{-1} de 3.0 L + 0.5% de Inex, 3).- Glufosinato de amonio a dosis ha^{-1} de 3.0 L + 0.5% de Inex son los que presentan los mejores porcentajes de control con arriba del 90% otro grupo de tratamientos con buenos controles lo conforman los tratamiento 4).- Bioherbicida 2 a dosis de 15 mL/L de agua, 5).- Atrazina + Terbutrina +s-metolaclor a dosis ha^{-1} de 3.0 + 3.0 L,6).- Tembotrione + Foramsulfuron+ iodosulfuron a dosis ha^{-1} de 300 mL + 150 g y 7).- Bioherbicida 3 a dosis de 15 mL/L de agua, presentan controles de 80 a 85 % y el tratamiento del testigo sin aplicar presenta el control más bajo. En relación a la rosa amarilla el comportamiento de los tratamientos es similar. En relación a la borraja y la mostaza todos los tratamientos presentan controles superiores al 85 % a excepción del testigo enhierbado que su porcentaje de control es 0%.

Cuadro 4.- Porcentaje de control de zacate jhonson (SORHA), zacate pegaropa (SETVE), grama (CYNDA). olotillo (ACAOS), rosa amarilla (ALDDE), borraja (SONOL) y mostaza (BRACA) a los 10 días después de la aplicación de los tratamientos herbicidas. Ciclo P-V 2024.

Tratamiento	Porcentaje de control por especie						
	SORHA	SETVE	CYNDA	ACAOS	ALDDE	SONOL	BRACA
1	100	100	100	100	100	100	100
2	95	95	90	95	95	95	95
3	90	90	85	90	85	95	90
4	80	85	60	85	80	90	85
5	85	90	75	85	80	90	95

6	85	90	80	85	90	90	90
7	80	80	60	80	80	85	85
8	0	0	0	0	0	0	0

En el cuadro 5 se presenta el porcentaje de control a los 20 días después de la aplicación de los tratamientos herbicidas en las malezas de hoja angosta y hoja ancha presentes en el lote experimental y se observa que en relación al zacate Jhonson los tratamientos 1).- Testigo limpio, 2).- Glifosato a dosis ha^{-1} de 3.0 L + 0.5% de Inex, 3).- Glufosinato de amonio a dosis ha^{-1} de 3.0 L + 0.5% de Inex son los que presentan los mejores porcentajes de control con arriba del 85% otro grupo de tratamientos con buenos controles lo conforman los tratamiento 4).- Bioherbicida 2 a dosis de 15 mL/L de agua, 5).- Atrazina + Terbutrina +s-metolaclor a dosis ha^{-1} de 3.0 + 3.0 L, y 7).- Bioherbicida 3 a dosis de 15 mL/L de agua, presentan controles de 80 a 85 % y el tratamiento del testigo sin aplicar presenta el control más bajo. En relación al control del zacate pegaropa el comportamiento de los tratamientos es similar, En relación al zacate grama el tratamiento, 1).- Testigo limpio, 2).- Glifosato a dosis ha^{-1} de 3.0 L + 0.5% de Inex, 3).- Glufosinato de amonio a dosis ha^{-1} de 3.0 L + 0.5% de Inex son los que presentan los mejores porcentajes de control con arriba del 85% otro grupo de tratamientos con controles regulares lo conforman los tratamiento 4).- Bioherbicida 2 a dosis de 15 mL/L de agua, 5).- Atrazina + Terbutrina +s-metolaclor a dosis ha^{-1} de 3.0 + 3.0 L, 6).- Tembotrione + Foramsulfuron+ iodosulfuron a dosis ha^{-1} de 300 mL + 150 g y 7).- Bioherbicida 3 a dosis de 15 mL/L de agua, presentan controles de 60 a 75% y el tratamiento del testigo sin aplicar presenta el control más bajo. En relación a las hoja anchas el olotillo el tratamiento, 1).- Testigo limpio, 2).- Glifosato a dosis ha^{-1} de 3.0 L + 0.5% de Inex y 5).- Atrazina + Terbutrina +s-metolaclor a dosis ha^{-1} de 3.0 + 3.0 L son los que presentan los mejores porcentajes de control con arriba del 90% otro grupo de tratamientos con buenos controles lo conforman los tratamiento 4).- Bioherbicida 2 a dosis de 15 mL/L de agua, 3).- Glufosinato de amonio a dosis ha^{-1} de 3.0 L + 0.5% de Inex, 6).- Tembotrione + Foramsulfuron+ iodosulfuron a dosis ha^{-1} de 300 mL + 150 g y 7).- Bioherbicida 3 a dosis de 15 mL/L de agua, presentan controles de 65 a 82 % y el tratamiento del testigo sin aplicar presenta el control más bajo. En relación a la rosa

amarilla, borraja y mostaza el comportamiento de los tratamientos es similar, a excepción del testigo enhierbado que su porcentaje de control es 0%.

Cuadro 5.- Porcentaje de control de zacate jhonson (SORHA), zacate pegaropa (SETVE), grama (CYNDA). olotillo (ACAOS), rosa amarilla (ALDDE), borraja (SONOL) y mostaza (BRACA) a los 20 días después de la aplicación de los tratamientos herbicidas. Ciclo P-V 2024.

Tratamiento	Porcentaje de control por especie						
	SORHA	SETVE	CYNDA	ACAOS	ALDDE	SONOL	BRACA
1	100	100	100	100	100	100	100
2	95	90	90	85	85	90	90
3	85	85	85	82	80	85	85
4	80	80	70	80	75	80	85
5	85	85	70	95	90	90	95
6	65	85	65	65	65	70	70
7	80	82	75	75	75	80	85
8	0	0	0	0	0	0	0

CONCLUSIONES

Los mejores tratamientos para el control del complejo de malezas presentes en el cultivo de maíz en aplicaciones de presiembra son: Testigo limpio a mano, Glifosato a dosis ha^{-1} de 3.0 L + 0.5% de Inex y Glufosinato de amonio a dosis ha^{-1} de 3.0 L + 0.5% de Inex.

El tratamiento de Atrazina + Terbutrina +s-metolaclor a dosis ha^{-1} de 3.0 + 3.0 L en aplicación de preemergencia a la maleza y al cultivo y el tratamiento de Tembotrione + Foramsulfuron+ iodosulfuron a dosis ha^{-1} de 300 mL + 150 g aplicado en postemergencia a la maleza y al cultivo son buenas opciones para tener un buen manejo de malezas en el cultivo de maíz en el bajo.

Los tratamientos Bioherbicida 2 a dosis de 15 mL/L de agua y Bioherbicida 3 a dosis de 15 mL/L de agua. Son buenas opciones para el control de la maleza en postemergencia

a la maleza, pero no al cultivo, una desventaja que presentan es que para tener un buen control deben de aplicarse en estadios muy temprano de desarrollo de la maleza a más de 5 cm de altura de la maleza su porcentaje de control disminuye.

LITERATURA CITADA

- De Prado, R. Y Jorin, V.J. 2001.-Uso de herbicidas en la agricultura del siglo XXI. U. De Córdoba, Servicio de Publicaciones. Córdoba, España-
- Frans, R.; R. Talbert, D. Marx y H. Crowley 1986. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant response to weed control practices. In: Research methods in weed science. Ed. N.D, Camper. Pp 29-46, Southern Weed Science Society.
- Kapusta G., R.F. Krausz, M. Khan y J.L. Matthews. 1994. Effect of Nicosulfuron Rate, Adjuvent, and Weed Size on Annual Weed Control in Corn (Zea mays). Weed Technology 8:696-702.
- Rahman A. y T.K. James. 1994. Enhanced Activity of Nicosulfuron in Combination With Soil Applied Insecticides in Corn (Zea Mays). Weed Technology 7:824-829.
- SAGAR-CEA. 1995-1997. Anuarios Estadísticos de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos.
- Rosales R.E. 1993. Postemergence Shattercane (Sorghum bicolor) control in Corn (Zea mays) in Northern Tamaulipas, México. Weed Technology 7:830-834.
- Simpson D.M., K.E. Diehl y E.W. Stoller. 1994. 2,4-D Safening of Nicosulfuron and Terbufos Interaction in Corn (Zea Mays). Weed Technology 8:547-552.

EVALUACIÓN DE LA GEMINACIÓN DE SEMILLAS DE PIMIENTA GORDA (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) DE DOS PROCEDENCIAS

Olga Santiago Trinidad¹ y Héctor Flores Hernández²

¹INIFAP-C.E. El Palmar, ²Citricultores Tihuatecos Asociados, SC de RL de CV.

*Autor de correspondencia: santiago.olga@inifap.gob.mx

RESUMEN

Determinar la calidad del germoplasma para la producción de plantas es muy importante, ya que, del conocimiento sobre los tiempos, porcentajes de germinación y tratamientos pregerminativos depende la planta de calidad. En el presente trabajo se evaluó la calidad de semillas de la pimienta gorda de dos procedencias. El material se colectó en la comunidad Sebastián Lerdo de Tejada del Mpio. Tihuatlan y en el banco de germoplasma ubicado en el C.E. El palmar en el Mpio. De Tezonapa, Ver. El experimento se realizó en el laboratorio del Campo Experimental El Palmar-INIFAP, y se estableció bajo un diseño completamente al azar, de cada procedencia se sembraron 10 semillas por caja Petri, con 20 repeticiones, con un total de 200 semillas por procedencia. Las variables evaluadas fueron porcentaje de germinación final (%) e índice de velocidad de germinación. Los resultados mostraron diferencias no significativas ($p \leq 0.05$, 0.4930) en el porcentaje de germinación. A los 14 días de evaluada la germinación, el mayor porcentaje lo obtuvo la procedencia de Tihuatlan con el 94 %, mientras que en la procedencia de El Palmar fue del 91 %. En el índice de velocidad de germinación (IVG) a los 8 días después de la siembra se obtuvo el mayor valor con 16 semillas por día para la procedencia El Palmar y para Tihuatlan, el máximo se alcanzó a los 10 días con 17 semillas, el IVG alcanzado al final del experimento fue de 13.4 y 13 semillas germinadas por día para Tihuatlan y EL Palmar respectivamente. Los resultados mostraron que las semillas de pimienta gorda son del grupo de las recalcitrantes, por lo que, se debe tener mucho cuidado para su manejo poscosecha, ya que no se recomienda su almacenamiento por mucho tiempo si se quiere usar para la producción de planta.

Palabras clave: *Pimienta gorda, germinación, procedencia y germoplasma.*

ABSTRACT

Allspice is a product whose demand is increasing and is an economic complement for producers, so it is essential to generate technologies and information that allow users to increase their yields and improve the quality of the product. Determining the quality of germplasm for plant production is very important, since the quality of the plant depends on knowledge about germination times, percentages and pre-germination treatments. In this work, the quality of allspice seeds from two origins was evaluated. The material was collected in the community of Sebastián Lerdo de Tejada in the municipality of Tihuatlan and in the germplasm bank located in the C.E. El Palmar in the municipality of Tezonapa, Veracruz. The experiment was carried out in the laboratory of the El Palmar-INIFAP Experimental Field, and was established under a completely randomized design, from each provenance 10 seeds were planted per Petri dish, with 20 repetitions, with a total of 200 seeds per provenance. The variables evaluated were final germination percentage (%) and germination speed index. The results showed non-significant differences ($p < 0.05$, 0.4990) in the germination percentage. After 14 days of evaluating germination, the highest percentage was obtained by the Tihuatlan provenance with 94%, while in the El Palmar provenance it was 91%. In the germination speed index (GSI) at 8 days after sowing the highest value was obtained with 16 seeds per day for the El Palmar and Tihuatlan origins, the maximum was reached at 10 days with 17 seeds, the GSI reached at the end of the experiment was 13.4 and 13 germinated seeds per day for Tihuatlan and El Palmar respectively. The results showed that allspice seeds are from the recalcitrant group, therefore, great care must be taken for their post-harvest handling, since their storage for a long time is not recommended if they are to be used for plant production.

Keywords: Allspice, germination, provenance and germplasm.

INTRODUCCIÓN

Las plantas aromáticas utilizadas como especias han sido desde tiempos inmemoriales las mejores aliadas en el arte culinario, su principal función ha sido realzar los sabores y olores de la comida, con la finalidad de hacer estas más apetecibles, digestivas y consumibles. Dentro de esas especias aromáticas se encuentra la *Pimenta dioica* (L.) Merrill, conocida comúnmente como pimienta gorda. Esta especie es originaria de México y Centroamérica, y ha sido domesticada y naturalizada en varios países tropicales del mundo (Sánchez, 2008). El principal uso de esta especia aromática es como condimento en el arte culinario, pero también el aceite del fruto y de las hojas es empleado en la fabricación de cosméticos, perfumes, jabones, desodorantes y espumas de afeitar y contiene una sustancia llamada eugenol con propiedades anestésicas, antipiréticas, analgésicas, antioxidantes, digestivas, insecticidas, entre otras. Es una especie considerada dentro de las forestales no maderables, ya que su principal producto es el fruto. La madera no tiene usos industriales, es empleada para leña, construcciones rurales, mangos para herramientas e instrumentos agrícolas. Es una especie de rápido crecimiento y en algunos lugares es plantada en asociación con cultivos de naranja, plátano, cacao y coco. Se emplea además como cerco vivo, cortina rompevientos y como planta de ornamento en parques y jardines. Tolerla la sequía y prospera en una diversidad de suelos, por lo que se recomienda su uso en programas de reforestación y restauración ecológica (Niembro *et al.*, 2010).

En términos comerciales el precio y producción de esta especia ha ido en aumento, de acuerdo con datos del SIAP en los últimos 10 años la producción nacional paso de 3200 a 9800 ton con un precio de 14,277 a 15,634 \$ t⁻¹. Si bien la pimienta es un cultivo cuya demanda va en aumento, en el país se ubica en un entorno muy contrastante, por un lado, participan productores con una agricultura tradicional de traspatio, fuerza de trabajo familiar y manual, y en muchos casos como cultivo alternativo, con falta de apoyos y de tecnologías, y por otro los sistemas más sofisticados del comercio internacional, quienes trabajan con impresionantes estructuras marítimas y portuarias (Claridades Agropecuarias, 2001).

En ese sentido, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad de las semillas de pimienta gorda, provenientes de dos sitios de colecta, Municipios de Tihuatlan y Tezonapa, Veracruz.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se estableció en el laboratorio del Campo Experimental El Palmar, que se ubica en el Km 16 de la carretera Tezonapa El Palmar grande, Municipio de Tezonapa Veracruz, en las coordenadas 18° 33' 45' N y 96° 45' 4' O, a una altitud de 120 m sobre el nivel del mar. El clima predominante en la zona es de templado-húmedo-regular, con una temperatura media anual de 26°C y su precipitación pluvial media anual es de 2,723 mm.

El material se colectó en la comunidad Sebastián Lerdo de Tejada del Mpio. Tihuatlan y en el banco de germoplasma ubicado en el C.E. El palmar en el Mpio. de Tezonapa, Ver.

La semilla se colectó manualmente, una persona se subió a los árboles y los sacudió para que la semilla cayera en una lona previamente puesta debajo del árbol, así también se cortaron racimos con cortador telescópico. La semilla se puso en costales y se llevó al laboratorio donde se seleccionaron solo aquellas de color oscuro, es decir semillas maduras, después se colocaron en cubetas con agua y se dejaron remojar por 48 horas, con un cambio de agua a las 24 h., pasado el tiempo de remojo se despulparon para desproveerlas del pericarpio y dejar limpia la semilla. Con el germoplasma listo, el experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar, de cada procedencia se sembraron 10 semillas por caja petri, con 20 repeticiones, con un total de 200 semillas por procedencia. Las variables evaluadas fueron porcentaje de germinación final (%) e índice de velocidad de germinación.

Porcentaje de germinación (PG). Se consideró como semilla germinada aquella con una radícula de longitud mayor o igual a 2 mm (Figura 1). El porcentaje de germinación (PG) se calculó con la siguiente fórmula. $PG = \frac{[(\text{Numero de semillas germinadas})]}{(\text{Numero de semillas sembradas})} \times 100$.

Índice de velocidad de germinación (IVG). Determinado según fórmula $IVG = \sum[n_i/(\sum t_i)]$, donde: n_i es el número de semillas germinadas en el intervalo de tiempo y $\sum t_i$ es el período en días desde la siembra hasta el día final de la experimentación (Ranal y Santana, 2006).

El diseño experimental utilizado en todos los ensayos fue completamente al azar, cada ensayo fue evaluado individualmente. Para cumplir con los preceptos del análisis de varianza, los datos fueron transformados con arcoseno para ajustarlos a la normalidad, después fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95%. La comparación de las medias de los resultados obtenidos se efectuó mediante el Test de Tukey ($P \leq 0,05$). Los datos fueron analizados con el programa estadístico Rstudio® Versión 2023.



Figura 1. Proceso de germinación de las semillas de Pimienta gorda

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del análisis de varianza realizado, mostraron diferencias estadísticas no significativas ($p \leq 0.05$, 0.4930) en el porcentaje de germinación de las semillas al final del experimento. El porcentaje alcanzado a los 14 días después de la siembra fueron del 94 y 91 % para Tihuatlan y El Palmar respectivamente (Figura 2). Al respecto, los datos obtenidos para esta variable estuvieron por arriba de los obtenidos por Fuentes *et. al*, (2000) y Méndez, (2014), quienes obtuvieron 84 y 88 % de germinación respectivamente, estos autores recomiendan que la semilla se siembre lo más rápido posible después de la colecta, que a los 3º días en promedio pierde por completo su viabilidad.

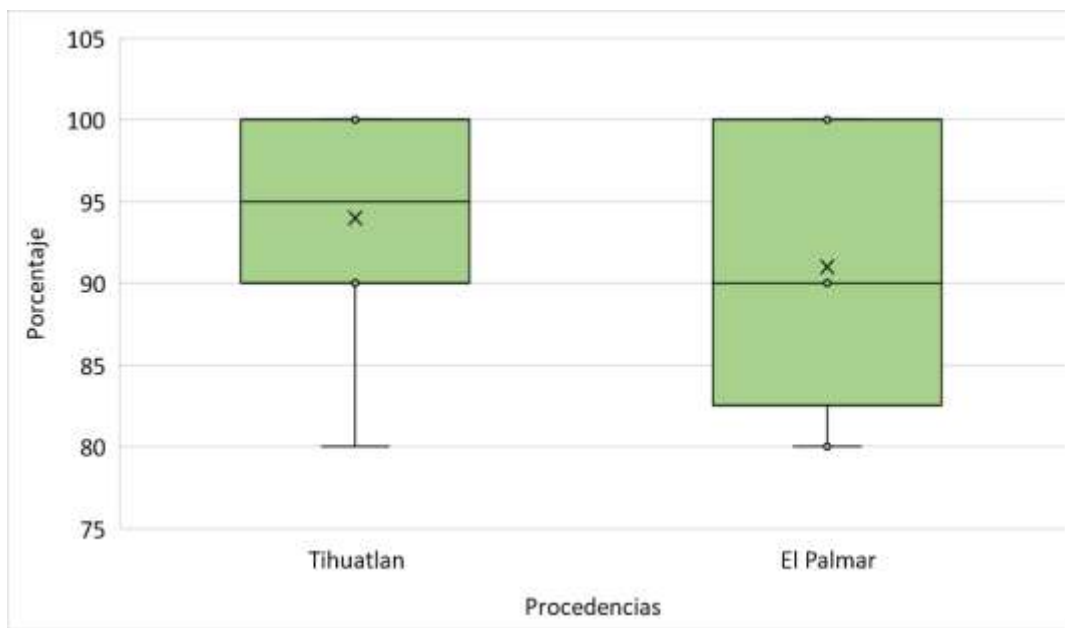


Figura 2. Porcentaje de germinación por procedencias de semillas de pimienta gorda

En la Figura 3, se muestra la germinación acumulada desde la siembra hasta los 14 días que duró el experimento, se puede observar que a los seis días cuando se tomaron los primeros datos los porcentajes ya estaban entre el 12 y el 25 % de germinación. En las dos procedencias el máximo de la germinación acumulada se obtuvo a los 14 días, así también se muestra que, a los siete días, es decir a la mitad de la siembra, en ambos casos el porcentaje de germinación fue arriba del 50 %.

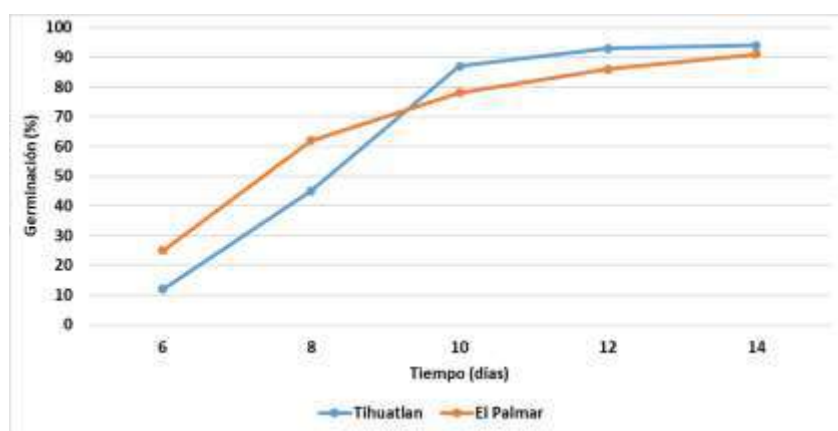


Figura 3. Porcentaje de germinación acumulada de semillas de pimienta gorda

Los resultados del Índice de la velocidad de germinación (IVG) se muestran en la Figura 2, se puede observar que a los 8 días después de la siembra se obtuvo el mayor valor del IVG con 16 semillas por día para la procedencia El Palmar y para Tihuatlan, el máximo se alcanzó a los 10 días con 17 semillas por día, el IVG alcanzado al final del experimento fue de 13.4 y 13 semillas germinadas por día para Tihuatlan y EL Palmar respectivamente.

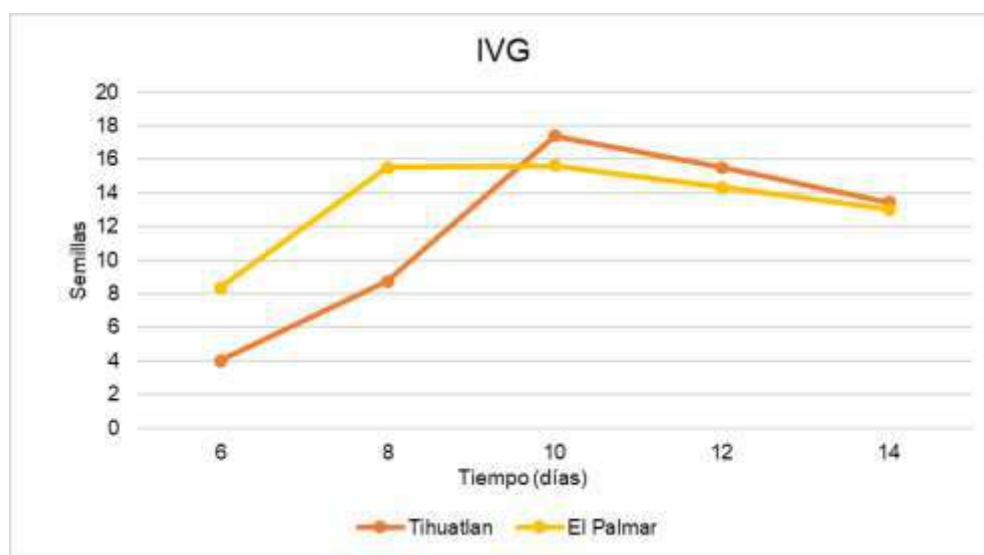


Figura 4. Índice de velocidad de germinación de semillas de pimienta gorda

CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que no hay diferencias en la calidad de las semillas colectadas en la zona norte y centro de Veracruz. Sin embargo, la información obtenida muestra que las semillas de la pimienta gorda tienen una velocidad de germinación muy rápida, lo cual limita su almacenamiento para su posterior siembra, ya que después de 14 días empieza a perder su viabilidad, una vez que ha sido despulpada y con suficiente humedad.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la organización Citricultores Tihuatecos Asociados, SC de RL de CV., por las facilidades para la obtención del germoplasma. Así también, al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental El Palmar, por todo el apoyo y las facilidades otorgadas para realizar este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Ranal, M. A., and D.G. Santana. (2006). How and why to measure the germination process Rev. Bras. Bot. 29:1-11.
- Sánchez M. A. (2008). Manual técnico para el establecimiento y manejo de plantaciones de pimienta en la región de Calakmul, Campeche. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 37 pp.
- Monroy R., C.R. (2011). Paquete Tecnológico Pimienta Gorda (*Pimenta dioica* L. Merril). Establecimiento y mantenimiento. Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur-Sureste de México: Trópico húmedo 2011. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental “El Palmar”, INIFAP. Tezonapa, Veracruz.
- Financiera Rural. (2011). Monografía de la pimienta. www.pronagro.sag.gob.hn/wp-content/uploads/2024/02/PERFIL-DE-MERCADO-DE-LA-PIMIENTA-GORDA.pdf
- Fuentes, F. V. R., Lemes, H. C. M., Sánchez, P. P., C. A. Rodríguez F. (2000). Sobre la multiplicación de pimienta dioica (L) Merril. Revista Cubana Plantas Medicinales. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical Alejandro Humboldt. 5(2): 51- 55.
- Méndez G. J., Platas E. M. A., Barrios D. B., Escobar H. R., Villegas R. I. (2014). Viabilidad y germinación en semillas de Pimenta dioica (L.) Merril. Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan 2(3): 453-458.
- ASERCA. 2001. La pimienta una especia milenaria en un mercado especial. Claridades Agropecuarias. No. 96: 3-17 pp.
- Niembro-Rocas, A., M. Vázquez-Torres y O. Sánchez-Sánchez. (2010). Árboles de Veracruz, 100 especies para la reforestación estratégica. Secretaría de Educación de Veracruz, Gobierno del Estado de Veracruz, UV. Xalapa, Veracruz, México. 255 pp.

EVALUACIÓN DE LÍNEAS ÉLITE DE CEBADA MALTERA ESTABLECIDAS EN SECANO EN EL ALTIPLANO MEXICANO.

Juan. J García Rodríguez, Mirna Bobadilla Melendez¹, Francisco P. Gámez Vázquez¹, José Gómez Espinoza³, Mauro R. Zamora Díaz², José R. A. Dorantes González^{1*}

¹Campo Experimental Bajío km. 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende Guanajuato. C.P. 38010, ²Campo Experimental el Horno Valle de México, ³Tecnológico Nacional de México Roque

*Autor para correspondencia: dorantes.jose@inifap.gob.mx

RESUMEN

La Cebada para malta es de gran impacto socioeconómico en México, ya que es fuente de ingresos para una cantidad muy importante de familias que directa o indirectamente se ven involucradas en el proceso de uso y producción de este cereal. En Valles Altos se produce cebada para malta principalmente, siendo la principal alternativa para las siembras de verano. El objetivo fue la evaluación de líneas avanzadas con calidad maltera en condiciones de secano para su uso en la industria cervecera. El trabajo se realizó en terrenos del Campo Experimental Valle de México, ubicado en Texcoco, Estado de México. Se condujo bajo condiciones de temporal en el ciclo de primavera-verano 2023, los tratamientos se distribuyeron en un arreglo experimental latice 4x4 el cual estuvo formado por 16 tratamientos y cuatro repeticiones, los cuales fueron 14 líneas experimentales malteras y dos testigos comerciales. Se evaluaron las características días a espigamiento (DE), días a madurez fisiológica (DMF), altura de planta (AP) y rendimiento de grano (RG). Para líneas avanzadas RI12-99-10C, RI12-79-4NG fueron las que presentaron mayor rendimiento con 850 kg ha⁻¹ y 842.50 kg ha⁻¹ respectivamente, y los más bajos fueron Esmeralda y CV12-177-1C con 402.5 kg ha⁻¹ y 417.50 kg ha⁻¹ respectivamente, los días a espigamiento fueron 108.5 y la altura de planta fue de

51.25 cm respectivamente, por lo que podemos ver que se comporta diferente en respuesta a las condiciones ambientales misma que se espera para todos los demás genotipos. Para espigamiento, cinco materiales fueron más precoces que Esmeralda y cuatro más precoces que Estelar; en el caso de Madurez fisiológica 13 materiales fueron más precoces que el testigo Estelar y uno más precoz que el testigo Estelar, donde el material RI12-79-4NG estuvo en madurez fisiológica a los 102 días siendo el material con maduración más temprana.

Palabras clave: *Hordeum vulgare* L., *Hordeum distichum* L., rendimiento de grano.

ABSTRACT

Malting barley has a great socioeconomic impact in Mexico, since it is a source of income for a very significant number of families that are directly or indirectly involved in the use and production process of this cereal. Malting barley is mainly produced in Valles Altos, being the main alternative for summer plantings. The objective was the evaluation of advanced lines with malting quality under dry conditions for use in the brewing industry. The work was carried out on lands of the Valle de México Experimental Field, located in Texcoco, State of Mexico. It was conducted under rainfed conditions in the spring-summer 2023 cycle, the treatments were distributed in a 4x4 lattice experimental arrangement which consisted of 16 treatments and four repetitions, which were 14 experimental malting lines and two commercial controls. The characteristics days to heading (DE), days to physiological maturity (DMF), plant height (AP) and grain yield (RG) were evaluated. For advanced lines RI12-99-10C, RI12-79-4NG were the ones that presented the highest yield with 850 kg ha⁻¹ and 842.50 kg ha⁻¹ respectively, and the lowest were Esmeralda and CV12-177-1C with 402.5 kg ha⁻¹ and 417.50 kg ha⁻¹ respectively, the days to heading were 108.5 and the plant height was 51.25 cm respectively, so we can see that it behaves differently in response to environmental conditions, the same as expected for all other genotypes. For heading, five materials were earlier than Esmeralda and four earlier than Estelar; In the case of physiological maturity, 13 materials were earlier than the

Estelar control and one was earlier than the Estelar control, where the RI12-79-4NG material was at physiological maturity at 102 days, being the material with the earliest maturation.

Key words *Hordeum vulgare* L., *Hordeum distichum* L., grain yeild.

INTRODUCCIÓN

La cebada es un cereal que ha sido usado históricamente como parte de la cultura de la mayoría de los pueblos desde la antigua Mesopotamia hasta nuestros días. Pero no solo es un grano de interés en la alimentación humana, pertenece a un grupo de cereales como el maíz, la avena, el trigo y el arroz que son los más importantes para el consumo humano y animal. Es importante destacar que en la antigüedad este cereal se utilizaba para la producción de panes en la actualidad es difícil de encontrar como parte de los ingredientes en la elaboración de los mismos.

La Cebada para malta es de gran impacto socioeconómico en México, ya que es fuente de ingresos para una cantidad muy importante de familias que directa o indirectamente se ven involucradas en el proceso de uso y producción de este cereal, el cual puede ser utilizado como base en diversos guisos, además del uso en la elaboración de cerveza que es su principal destino (SADER, 2024).

México es el principal exportador de Cerveza a nivel mundial, y el producto mexicano tiene presencia en países como EUA, China y Reino Unido entre 180 países. Una de cada cinco cervezas que se consumen en el mundo es de origen mexicano SIAP 2023.

En México se sembraron en 2023 poco más de 253 mil ha, en temporal y se cosecharon 832,037.20 mil t, con un rendimiento promedio de 2.06 tha⁻¹ generando un valor de la producción de 3, 120'726,153.00 millones de pesos (SIAP 2023).

En Valles Altos se produce cebada para malta principalmente, siendo la principal alternativa para las siembras de verano. (González M. G., M.R. Zamora D. y S. Solano H. 2016)

El objetivo de este trabajo fue la evaluación de líneas avanzadas con calidad maltera en condiciones de seco, desarrolladas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para su uso en la industria cervecera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en terrenos del Campo Experimental Valle de México del INIFAP, ubicado en Texcoco, Estado de México. Localizado a 19.48 LN y -98.89LW. Se sembró bajo un arreglo en latice 4x4 el cual estuvo formado por 16 tratamientos y cuatro repeticiones, los cuales fueron 14 líneas experimentales malteras y dos testigos comerciales. Se condujo bajo condiciones de temporal, a una densidad de siembra de 100 kg de semilla ha-1. Se aplicó una fertilización cuya dosis fue 40-40-20 de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) respectivamente, mientras que las fuentes de fertilizante aplicado fueron urea, superfosfato de calcio triple y cloruro de potasio distribuido el 100% a la siembra. Surcos de 30 cm x 3 m de longitud y 4 surcos por parcela, donde la parcela útil fue de dos surcos. El ciclo en el que se condujo la prueba fue primavera-verano 2023. Se evaluaron las características días a espigamiento (DE), días a madurez fisiológica (DMF), altura de planta (AP) y rendimiento de grano (RG).

Procesamiento Estadístico

Se hizo un análisis de bloques completos al azar con el sistema analítico SAS 9.4 y luego se procedió a realizar una comparación de medias por el el método de tukey con una diferencia mínima significativa $P \geq 0.05$, se formaron los cuadros y se procedió a realizar la discusión de los mismos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 1.- Análisis de varianza de líneas elite malteras.

Grados de libertad	Rendimiento (Rend)	Días a floración (DF)	Días a Madurez (DM)	Altura de Planta AP

Rep	3	196230.729	**	7.223	**	2.875	**	251.041	**
Genotipo	15	71169.062	**	7.0906	**	14.800	**	140.000	**
Error	45	28371.840		1.5461		0.675		51.597	
C.V.		26.493		2.669		0.775		11.848	

**Significativo al 0.01

1 C. V.: Coeficiente de variación

En el cuadro 1 se observan diferencias significativas ($P \geq 0.01$), para repeticiones en todas las características evaluadas donde repeticiones explica el 66.35 % de la variación de la característica rendimiento, el 45.54 % de la característica Días a Floración, el 15.71 % de días a madurez, y el 56.71 % de altura de planta. Derivado de lo anterior sabemos que el bloqueo fue bien realizado y que además fue factor de peso para explicar la varianza del modelo. Para la fuente de variación genotipos, en todas las características evaluadas, se detectaron diferencias significativas ($P \geq 0.01$), en genotipos el que haya diferencias significativas indica que cuando menos hay un material que es diferente que componen el grupo para las diferentes características. Genotipos explica el 24.06 % de la variación en la característica rendimiento, en DF repeticiones aporta el 45.54 por ciento de la varianza mientras que genotipos aporta el 44.71 por ciento de la varianza por lo que para este caso repeticiones es más importante. En DMF el 80.65 por ciento de la varianza es aportada por los genotipos mientras que el 15.67 % es aportada por las repeticiones con lo que los genotipos son más importantes en esta característica, para AP repeticiones aportó 56.71 por ciento de la varianza mientras que el 31.63 por ciento lo aportaron los genotipos por lo que para altura de planta fue determinante la repetición, para rendimiento el 24.06 por ciento de la varianza fue debida a los genotipos mientras que el 66.35 por ciento fue debida a repeticiones.

Cuadro 2.- Comparación de medias para las características evaluadas.

	Rendimiento de grano (RG)	Espigamiento (días)	Madurez fisiológica (días)	Altura de Planta (cm)
Genotipos				
RI12-99-10C	850.00 a**	47.00 abcd	106.25 bcde	70 a
RI12-79-4NG	842.50 ab	44.75 d	102.00 g	68.75 ab
CV14-160-1NG	740.00 abc	49.50 a	107.75 abc	63.75 ab
RI12-36-3C	727.50 abc	45.75 cd	106.75 abcd	58.75 ab

CV14-185-1NG	722.50 abc	46.00 cd	105.00 def	60.00 ab
CV14-151-5C	707.50 abc	46.00 cd	106.25 bcde	62.50 ab
CV12-177-17C	667.50 abc	49.25 ab	108.00 ab	67.50 ab
RI12-86-10C	665.00 abc	46.00 cd	104.25 ef	62.50 ab
R1I13-145-1C	622.50 abc	48.00 abc	106.00 bcde	56.25 ab
RI12-86-2C	612.50 abc	45.25 cd	103.00 fg	60.00 ab
RI10-164-1NG	600.0 abc	46.00 cd	103.25 fg	57.50 ab
RI12-58-8C	585.0 abc	45.75 cd	105.75 cde	58.75 ab
CV02-296-1PZ	547.50 abc	46.25 bcd	106.25 bcde	53.75 ab
ESTELAR (t*)	462.50 abc	46.00 cd	107.00 abcd	51.25 b
CV12-177-1C	417.50 bc	47.25 abcd	108.00 ab	67.50 ab
ESMERALDA (t)	402.50 c	46.50 abcd	108.50 a	51.25 b

*t: testigo

**Promedios con la misma literal dentro de cada columna son estadísticamente iguales Tukey $P \geq 0.05$

En el cuadro 2 para la característica rendimiento solo un tratamiento fue inferior a los testigos comerciales CV12-177-1C, mismo que supero a Esmeralda en rendimiento, las líneas avanzadas RI12-99-10C, RI12-79-4NG fueron las que presentaron mayor rendimiento promedio con 850 kg ha⁻¹ y 842.50 kg ha⁻¹ respectivamente, y los más bajos fueron Esmeralda y CV12-177-1C con 402.5 kg ha⁻¹ y 417.50 kg ha⁻¹ respectivamente. Zamora et al 1997, y Rodríguez-García et al (2021) reportan que esmeralda rindió 2.4 ton ha⁻¹, su días a espigamiento fue de 54.52, sus días a madurez fisiológica fue de 121.36 y su altura de planta de 63.83 cm, mientras que lo obtenido en el presente trabajo el rendimiento por las condiciones de sequía fue de 402.50 kg ha⁻¹, los días a espigamiento fueron de 46.5, los días a madures fisiológica fueron 108.5 y la altura de planta fue de 51.25 cm respectivamente, por lo que podemos ver que se comporta diferente en respuesta a las condiciones ambientales misma que se espera para todos los demás genotipos.

Para la característica evaluada Espigamiento cinco materiales fueron más precoces que Esmeralda y cuatro más precoces que Estelar y estos materiales son los que

se pueden seleccionar por requerir menos tiempo que los materiales testigo, en el caso de Madurez fisiológica 13 materiales fueron más precoces que el testigo estelar y uno más precoz que el testigo Estelar donde el material RI12-79-4NG estuvo en madurez fisiológica a los 102 días siendo el material con maduración más temprana del grupo de materiales evaluados,

CONCLUSIONES

Todos los genotipos evaluados fueron superiores en rendimiento al testigo Esmeralda, y 13 genotipos fueron superiores al testigo Estelar.

El genotipo RI12-99-10C fue el más sobresaliente en rendimiento bajo las condiciones de evaluación, esta misma línea presentó ciclo vegetativo intermedio y porte de planta superior a las demás variedades evaluadas en el trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A INIFAP por el financiamiento del presente trabajo.

LITERATURA CITADA

González M. G., M.R. Zamora D., S. Solano H. 2016, Evaluación agronómica y física en líneas Avanzadas de Cebada Maltera, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.7 Núm.1 p. 159-171

Rodriguez-García M. F. M. González-González, J. Huerta-Espino, S. Solano-Hernández. 2021. Evaluación de fungicidas contra roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) en seis variedades de cebada. Revista Mexicana de FITOPATOLOGÍA. Publicación en línea <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2106-5>

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2024. Cebada, alimento del cuerpo y del alma. www.gob.mx/agricultura/

SIACON, Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (2023) Información agrícola municipal 2016-2022. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

Zamora D. M.R., L.A. Márquez C., F. Ramírez P., A.M. Ibáñez C., 1997 Esmeralda Variedad de Cebada Maltera Para los Valles Altos, Folleto técnico N5, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

EVALUACIÓN DE LÍNEAS ELITE FORRAJERAS BAJO CONDICIONES DE SECANO EN EL ALTIPLANO MEXICANO

José R. A. Dorantes González^{1*}, Mauro R. Zamora Díaz², Alfredo J. Gámez Vázquez¹, Francisco P. Gámez Vázquez¹, Roció E. Hernández Caldera¹, María I. Flores Reyes³

¹Campo Experimental Bajío km. 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende Guanajuato. C.P. 38010, ²Campo Experimental el Horno Valle de México, ³Tecnológico Nacional de México Roque

*Autor para correspondencia: dorantes.jose@inifap.gob.mx

RESUMEN

La cebada es uno de los cereales forrajeros empleados en numerosas regiones del mundo para la nutrición en sistemas de producción ganadera. Posee la superioridad sobre otros cereales por su mayor vigor, resistencia a la sequía, salinidad y la posibilidad de ser cultivada en terrenos marginales. El objetivo del presente trabajo fue evaluar un grupo de líneas avanzadas de cebada forrajera, desarrolladas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para su uso como forraje en temporal en Valles Altos de la Mesa Central de México. Para la realización de este trabajo se utilizaron materiales bajo condiciones de temporal primavera – verano 2023, se utilizó un arreglo de latice 4x4, el cual incluye 16 tratamientos y cuatro bloques, los genotipos evaluados fueron 14 líneas forrajeras avanzadas y dos testigos comerciales, a una densidad de siembra de 100 kg ha⁻¹. Las características evaluadas fueron días a espigamiento (DE), días a madurez fisiológica (DMF), altura de planta (AP) y rendimiento de grano (Rend G), el cual tiene alto contenido de proteína. En cuanto al espigamiento la fuente de variación genotipo representó el 58.99 % de la variación total. Para días a madurez la mayor parte de la variación fue debida a los genotipos con un 59.08 % del total, mientras que en repeticiones solo contribuyó con el 35.1 %. En la evaluación de altura de planta presentó un 68.7 % de variación para la fuente de genotipo y 16.1 % fue debida al efecto de los bloques. En el caso de rendimiento el porcentaje de variación aportado por genotipos fue 62.9 %, mientras que en repeticiones fue del 21.93 por ciento y las debidas al error experimental fueron solamente el 15.1 %.

Palabras clave: *Hordeum vulgare* L., *Hordeum distichum* L., características agronómicas.

Abstract

Barley is one of the forage cereals used in many regions of the world for nutrition in livestock production systems. It has superiority over other cereals due to its greater vigor, resistance to drought, salinity and the possibility of being cultivated on marginal lands. The objective of this work was to evaluate a group of advanced lines of forage barley, developed by the National Institute of Forestry, Agricultural and Livestock Research (INIFAP) for use as forage in rainfed conditions in the High Valleys of the Central Tableland of Mexico. To carry out this work, materials were used under spring-summer 2023 rainfed conditions, a 4x4 lattice arrangement was used, which includes 16 treatments and four blocks, the genotypes evaluated were 14 advanced forage lines and two commercial controls, at a sowing density of 100 kg ha⁻¹. The evaluated characteristics were days to heading (DE), days to physiological maturity (DFM), plant height (PH) and grain yield (Gy), which has a high protein content. Regarding heading, the genotype source of variation represented 58.99% of the total variation. For days to maturity, most of the variation was due to genotypes with 59.08% of the total, while in repetitions it only contributed 35.1%. In the evaluation of plant height, 68.7% of variation was due to the genotype source and 16.1% was due to the effect of the blocks. In the case of yield, the percentage of variation contributed by genotypes was 62.9%, while in repetitions it was 21.93% and those due to experimental error were only 15.1%.

Key Words. *Hordeum vulgare* L., *Hordeum distichum* L., agronomic characteristics.

INTRODUCCIÓN

El uso de cereales para suplementar la dieta animal es un concepto antiguo, al respecto la Secretaría de Desarrollo Rural de México (2024) enlista los granos cereales y plantas utilizadas para alimento ganaderos entre los que destacan la

avena, cebada, centeno y triticale; en conjunto con el maíz la cebada es uno de los cereales mas utilizados en el mundo, con esta finalidad. La forma en que la planta de cebada para forraje puede ser usada en ensilado, es picada para lo cual se cosecha con el grano en estado lechoso masoso y se deja fermentar en hornos forrajeros o bien se puede cosechar el grano y utilizarlo en alimentos concentrados o en forraje verde hidropónico como una fuente de alimento verde con bajo costo y alto contenido nutricional. En México se sembraron en 2023 poco más de 253 mil hectáreas, en temporal y se cosecharon 832,037 mil toneladas, con un rendimiento promedio de 2.06 tha⁻¹ lo que generó un valor de la producción de 3, 120'726,153 millones de pesos (SIACON, 2023).

Por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar un grupo de líneas avanzadas de cebada Forrajera, desarrolladas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para su uso como forraje en temporal en Valles Altos de la Mesa Central de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los trabajos de evaluación se realizaron bajo condiciones de temporal, durante el ciclo primavera verano 2023, en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX) del INIFAP, ubicado en Texcoco Estado de México Localizado a 19.4880768 N y -98.8974728 W. bajo un arreglo de latice 4x4, el cual incluye 16 tratamientos y cuatro bloques, los genotipos evaluados fueron 14 líneas forrajeras avanzadas y dos testigos comerciales, a una densidad de siembra de 100 kg ha⁻¹. La parcela experimental estuvo constituida por cuatro surcos con una separación de 30 cm y un largo de 3 m. Se aplicó una fertilización de 40-40-20 de N, P, K, mientras que las fuentes de fertilizante aplicado fueron Urea, Superfosfato de calcio triple y cloruro de potasio aplicado todo al momento de la siembra. El manejo de cultivo se llevó a cabo bajo las recomendaciones del INIFAP para la zona. Se evaluaron las características días a espigamiento (DE), días a madurez Fisiológica

(DMF), Altura de Planta (AP) y Rendimiento de grano (Rend G), el cual tiene alto contenido de proteína.

Procesamiento Estadístico

Se hizo un análisis de bloques completos al azar con el sistema analítico SAS 9.4 y luego se procedió a realizar una comparación de medias por el método de tukey con una diferencia mínima significativa $P \geq 0.05$, se formaron los cuadros y se procedió a realizar la discusión de los mismos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza se puede observar que existieron diferencias significativas con $P \leq 0.01$, para genotipos a través de los factores estudiados como espigamiento madurez, altura de planta y rendimiento, y también en espigamiento y madurez para repeticiones, por lo que podemos asegurar que existió un gradiente ambiental que el modelo lineal estadístico detectó y cuya variabilidad se evitó fuera al error experimental, para el caso de altura y rendimiento no existieron diferencias estadísticas entre bloques, por lo que para estos caracteres se puede considerar que la variación debida a los bloques no fue importante.

Cuadro1.- Análisis de varianza de líneas elite forrajeras de cebada

Fuentes de variación	Grados de libertad	Días a espigamiento (DE)	Días a Madurez fisiológica (DMF)	Altura de planta (AP)	Rendimiento de grano (RG)
Genotipos	15	13.87 **	20.029 **	108.515 **	67946.250 **
Bloques	3	8.015 **	11.895 **	25.390	23660.417
Error	45	1.626	1.973	24.001	16275.972
C.V. (%)		2.6	1.3	7.9	18.3

C.V.: Coeficiente de variación

Para los días a espigamiento la fuente de variación genotipo representó el 58.99 % de la variación total, mientras que repeticiones representaron el 34.1 % de ese total y la diferencia con respecto a la variabilidad total fue debida al error experimental (6.9 %). En el carácter días a madurez la mayor parte de la variación fue debida a los genotipos con un 59.08 % del total, mientras que repeticiones solo contribuyó con el 35.1 %. La característica altura de plantas presentó un 68.7 % de variación

para la fuente de variación genotipo y 16.1 % fue debida al efecto de los bloques. En el caso de rendimiento el porcentaje de variación aportado por genotipos fue 62.9 %, mientras que en repeticiones fue del 21.93 por ciento y las debidas al error experimental fueron solamente el 15.1 %. Los bajos coeficientes de variación le dan confiabilidad al establecimiento conducción y datos obtenidos.

Comparación múltiple de medias

Cuadro 2.- de comparación de medias para floración

Genotipos	Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹)	Días a espigamiento	Días a madurez	Altura planta (cm)
FI12-101-3C	882.50 a**	45.75 d	103.75 bcd	56.25 b
CV12-174-1C	872.50 a	49.50 abc	108.50 a	70.00 a
CV12-174-21C-3R	820.00 ab	47.75 bcd	106.75 abc	65.00 ab
ZURITA(t*)	805.00 abc	48.50 abcd	107.75 a	62.50 ab
RI12-86-1C	762.50 abc	47.25 bcd	108.25 a	58.75b
RI12-84-1RB-2C-2R-3C	757.50 abc	45.75 d	103.75 bcd	65.00 ab
CV14-185-1NG-2R	745.00 abc	45.50 d	107.25 ab	61.25 ab
CV12-174-21C-4R	735.00 abc	47.75 bcd	107.75 a	66.25 ab
RI12-84-1RB-2C-2R-2C	725.00 abc	46.25 cd	103.75 bcd	61.25 ab
CV14-185-1NG-1R	712.5 abc	45.50 d	109.25 a	61.25 ab
RI12-102-17C	672.50 abc	50.00 ab	108.75 a	71.25 a
RI14-25-1TP	567.50 abc	51.50 a	106.00 abc	53.75 b
CV14-198-3C	560.00 abc	47.00 bcd	103.50cd	62.50 ab
CV14-182-1NG	515.00 bc	45.50 d	102.00 d	58.75 ab
RI12-42-1C	507.50 bc	45.25 d	106.50 abc	56.25b
MARAVILLA(t)	485.00 c	48.00 bcd	107.00 abc	53.75 b

*t: testigo

**medias con la misma literal son estadísticamente iguales

En el cuadro 2 de comparación de medias en rendimiento los genotipos cuyo promedio tiene las literales a y ab podrán ser utilizadas para seleccionar aquellos materiales con rendimientos sobresalientes en las condiciones de evaluación. Con valores que vallan de los 700 a los 900 kg ha⁻¹, de media en este cuadro de análisis. Zurita fue el testigo con mayor rendimiento (805 kg ha⁻¹) y Maravilla fue el testigo con menor rendimiento (485 kg ha⁻¹). Maravilla es un material forrajero y se

determinó que la etapa de grano masoso es la más adecuada para ensilado, donde se han observado rendimientos de forraje verde superiores a 20 t ha⁻¹ (Zamora et al., 2017). Entre los materiales con mayor rendimiento se ubicó FI12-101-3C (882-5 kg ha⁻¹).

Según lo descrito por Rodríguez-García et al. (2021) la variedad maravilla presento un rendimiento que ronda las 2.7 ton ha¹, los 60.25 días a espigamiento, los 68.3 cm de altura de planta y 123.3 días a madurez fisiológica

Para espigamiento, que es una de las variables de mayor importancia, debido a que se busca reducir el riesgo ambiental a través de reducir el ciclo del cultivo y evitar su exposición a los cambios climatológicos, se buscan genotipos precoces por lo que podemos destacar los genotipos que se encuentran marcados con la letra “d” ya que estos son los que presentan menores días a floración como son los genotipos RI12-84-1RB-2C-2R-3C, FI12-101-3C, CV14-185-1NG-1R, CV14-182-1NG, CV14-185-1NG-2R, RI12-42-1C.

En lo que corresponde al carácter días a madurez, se buscan aquellos individuos que sean más precoces y sean los de maduración más temprana representados en la tabla de comparación de medias con la letra d, como ejemplo entre los más precoces se ubica al genotipo CV14-182-ING.

Para el carácter en estudio altura de planta se da preferencia a alturas intermedias, en busca de forraje verde y calidad del grano cualquiera que pudiera ser el destino, en el Cuadro 2, los genotipos sobresalientes se ubican con valores promedio que varían entre 58 y los 68, ya que plantas con mayor porte son más propensas al acame. Las plantas de porte muy bajo no son deseables debido a que su superficie foliar es menor lo que tiene como consecuencia un menor rendimiento de grano. Se seleccionan genotipos con la literal ab, nueve genotipos incluido el testigo Maravilla no superaron al testigo Zurita, mientras que seis genotipos fueron superiores o iguales a Zurita. RI12-102-17C fue la variedad que tuvo la mayor altura con 71.2 cm.

CONCLUSIONES

El Testigo Zurita estuvo dentro de las 5 líneas con más rendimiento, y con parámetros de selección relevantes como precocidad y buen porte.

Todas las líneas elite evaluadas fueron superiores al Testigo Maravilla en rendimiento.

La línea FI12-101-3C fue la de más rendimiento y tiene buenas características agronómicas dentro del grupo de materiales elite forrajeras.

Agradecimientos:

Al INIFAP y al personal de CEVAMEX que participaron en el desarrollo de las líneas y en el manejo de campo de este experimento

LITERATURA CITADA

Rodríguez-García M. F. M. González-González, J. Huerta-Espino, S, Solano-Hernández. (2021) Evaluación de fungicidas contra roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) en seis variedades de cebada. Revista Mexicana de FITOPATOLOGÍA. Publicación en línea <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2106-5> .

SIACON, Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (2023) Información agrícola municipal 2016-2022. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

Los granos, cereales y plantas forrajeras, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Gobierno gob.mx (www.gob.mx) <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/los-granos-cereales-y-plantas-forrajeras> revisado 29 /10/2024.

Zamora M.R. D., J. A. Pérez R., R. Huerta Z., M. L. López C., R. Gómez M. y I. Rojas M. (2017) Maravilla: variedad de cebada forrajera para Valles Altos de México., Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.8 Núm.6

EVALUACIÓN DE MESTIZOS DE MAÍZ DE GRANO BLANCO EN RÍO BRAVO TAMAULIPAS

Zoila Reséndiz Ramírez^{1*}; Rosendo Hernández Martínez ¹; Cesar A. Reyes
Mendez¹; José Alberto López Santillán²

¹Campo Experimental Río Bravo Tamaulipas-INIFAP. Carretera Matamoros-Reynosa, km 61 Cd. Río Bravo, Tamaulipas. ²Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Adolfo López Mateos, C.P. 87000, Cd. Victoria, Tamaulipas, Autor de correspondencia: resendiz.zoila@inifap.gob.mx

RESUMEN

El maíz (*Zea mays*) es crucial para la seguridad alimentaria, la economía agrícola y los biocombustibles, pero enfrenta desafíos como la reducción de tierras cultivables, la escasez de agua y plagas. El mejoramiento genético, que incluye métodos tradicionales y biotecnológicos, es clave para aumentar el rendimiento, la resistencia a enfermedades y la adaptación a cambios ambientales. Los programas de mejoramiento seleccionan líneas endogámicas a partir de una base genética amplia, depurando para identificar las mejores según su aptitud combinatoria y características agronómicas. Este trabajo se estableció en el ciclo O-I 2023, en condiciones de riego, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones se evaluaron híbridos simples para discriminar líneas y seleccionar las más prometedoras en términos de aptitud combinatoria; se evaluaron 49 genotipos de los cuales 44 fueron híbridos, RG, FM, FF, AP, AM, AR y AT. Para floración masculina y femenina, acame de tallo, altura de planta y de mazorca existieron diferencias significativas entre genotipos, de manera contraria para rendimiento de grano y acame de raíz no se observaron diferencias. Para rendimiento de grano sobresalieron seis cruza GEN34, GEN11, GEN5, GEN15, GEN14 y GEN28 si se considera que estas cruza de acuerdo a la comparación de medias son estadísticamente similares a los cinco híbridos comerciales utilizados como testigos, se puede considerar a estas cruza como germoplasma de alto potencial de rendimiento de grano.

Palabras clave: *Zea mays* L., *mejoramiento*, *mestizos*, *rendimiento*, *producción*.

ABSTRACT

The crop maize (*Zea mays*) is crucial for food security, agricultural economy, and biofuels, but it faces challenges such as the reduction of arable land, water scarcity, and pests. Genetic improvement, which includes both traditional and biotechnological methods, is key to increasing yield, disease resistance, and adaptation to environmental changes. Breeding programs select inbred lines from a broad genetic base, refining them to identify the best ones based on their combinatorial aptitude and agronomic traits. This study was conducted in the 2023 O-I cycle, under irrigated conditions, using a randomized complete block design with three replications to evaluate single hybrids and discriminate lines, selecting the most promising in terms of combinatorial aptitude. Forty-nine genotypes were evaluated, of which 44 were hybrids, RG, FM, FF, AP, AM, AR, and AT. Significant differences between genotypes were observed for male and female flowering, stalk lodging, plant height, and ear height. However, no differences were observed for grain yield and root lodging. Six crosses stood out for grain yield: GEN34, GEN11, GEN5, GEN15, GEN14, and GEN28. Since these crosses, according to the mean comparison, are statistically similar to the five commercial hybrids used as controls, they can be considered as germplasm with high grain yield potential.

Keywords: *Zea mays* L., breeding, hybrids, yield, production.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz (*Zea mays*) es uno de los más relevantes a nivel mundial, desempeñando un papel esencial en la alimentación humana y animal, es importante económica y culturalmente, también en la industria cosmética, farmacéutica y de biocombustibles. No obstante, con el rápido crecimiento poblacional, cambio climático y aumento de la demanda de alimentos, la producción de este cereal enfrenta varios desafíos, como la reducción de las tierras cultivables, el incremento del desabasto de los recursos hídricos y la aparición de nuevas plagas y enfermedades que afectan la productividad del cultivo. Frente a estos retos, el mejoramiento genético del maíz se ha convertido en una herramienta clave para

asegurar la continuidad y expansión de su producción. Este proceso abarca desde técnicas tradicionales de selección hasta métodos modernos como la biotecnología, con el objetivo de incrementar el rendimiento, mejorar la resistencia a plagas y enfermedades, y optimizar la adaptación a condiciones ambientales cambiantes. Lo anterior con el fin de maximizar el potencial del maíz para satisfacer las necesidades alimentarias, al mismo tiempo que se preserva la sostenibilidad de los ecosistemas agrícolas. Por consiguiente, la investigación y la innovación en el ámbito del maíz son fundamentales para garantizar una mayor productividad. Normalmente, en un programa de mejoramiento, el proceso comienza con una selección basada en una amplia base genética para desarrollar líneas endogámicas. Posteriormente, se realiza una depuración para identificar las mejores líneas según su aptitud combinatoria y características agronómicas deseables, como el rendimiento de grano, la precocidad de los genotipos y la morfología general de la planta. El rendimiento es el criterio principal en la selección, sin embargo, también se toman en cuenta otras variables que permitan identificar genotipos útiles para diversos fines y entornos (Sánchez-Ramírez et al., 2020). Por ello, el objetivo del presente trabajo fue evaluar un grupo de híbridos simples o mestizos de grano blanco formados por un probador con la finalidad de discriminar líneas en un programa de mejoramiento de maíz e identificar las sobresalientes por su aptitud combinatoria general o específica; se tomaron las variables de

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el Campo Experimental del INIFAP en el municipio de Río Bravo, Tamaulipas, con coordenadas 25°57'56.6"N 98°00'56.5"O. Se formaron híbridos simples o mestizos de manera manual en el ciclo agrícola P-V del 2022, se utilizó como probador el T-42 una línea élite con buena aptitud combinatoria. Se establecieron un total de 49 genotipos, de los cuales, 44 fueron híbridos simples (experimentales) de grano blanco provenientes del programa de mejoramiento de maíz del Campo Experimental Río Bravo y cinco híbridos comerciales representativos de la región utilizados como testigos.

Se realizó la siembra el 20 de febrero del 2023 en el ciclo O-I, en condiciones de riego. La parcela experimental fue de dos surcos de cinco metros de largo con una

separación entre surco de 0.82 m, con una densidad de población aproximada de 65,000 plantas por hectárea. Bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La unidad experimental útil al momento de la cosecha fueron 20 plantas con competencia completa. El manejo agronómico del experimento fue con base al paquete tecnológico recomendado por el INIFAP-CERIB (INIFAP, 2017). Durante el desarrollo vegetativo y hasta la cosecha del cultivo se tomaron las siguientes variables: días al 50 % de floración masculina (FM) y femenina (FF), altura de planta (AP) y de mazorca (AM) en cm, aspecto de mazorca de manera visual con una escala del 1 al 5, donde el 1 es mazorca sana y el 5 con daño, enfermas y/o muy pequeñas, rendimiento de grano (RG) ajustado al 14 % de humedad en t ha⁻¹.

Los datos se analizaron con el programa estadístico de SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2016), mediante un análisis de varianza y para la comparación de medias se aplicó la prueba Tukey al 0.05 de probabilidad de error y con el valor de la media más la desviación estándar ($\mu + \sigma$) se determinaron los mestizos con mayor rendimiento de grano en comparación a la media.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se puede observar que, para floración masculina y femenina, acame de tallo, altura de planta y de mazorca existieron diferencias significativas entre genotipos, de manera contraria para rendimiento de grano y acame de raíz no se observaron diferencias significativas (Cuadro 1). Todas las variables presentaron coeficientes de variación aceptables a excepción de acame de raíz y tallo, debido a la naturaleza de la variable, ya que se presentan valores de 0.

Cuadro 1. Variables evaluadas en los mestizos de maíz establecidos en el municipio de Río Bravo, Tamaulipas en el ciclo O-I 2024.

FV	RG	FM	FF	AP	AM	AR	AT
Genotipo	0.2035	<.0001	<.0001	0.0005	<.0001	0.1409	0.0003
C.V. (%)	21.22	2.05	2.40	4.32	8.34	175.2	97.39
Promedio	7,150.1	68.25	69.73	240.5	107.7	3.4	4.79

FV = Fuente de Variación; RG = Rendimiento de grano; FM = Floración masculina; FM = Floración femenina; AP = Altura de Planta; AM = Altura de Mazorca; AR = Acame de raíz; AT = Acame de Tallo; C.V. = Coeficiente de variación.

En cuanto al rendimiento de grano sobresalieron seis cruzas GEN34, GEN11, GEN5, GEN15, GEN14 y GEN28 con promedios superiores a la media más la desviación estándar, si se considera que estas cruzas de acuerdo a la comparación de medias son estadísticamente similares a los cinco híbridos comerciales utilizados como testigos, y además estos permanecieron similares a la media de rendimiento de grano de los genotipos evaluados (Cuadro 2), se puede considerar a estas cruzas como germoplasma de alto potencial de rendimiento de grano.

Cuadro 2. Mestizos sobresalientes e híbridos comerciales evaluados en el municipio de Río Bravo en Tamaulipas, ciclo O-I 2023.

	RG (kg ha ⁻¹)	FM ------(días)-----	FF ------(días)-----	AP ------(cm)-----	AM ------(cm)-----	AR ------(%)-----	AT ------(%)-----
GEN34	8465.0 **	68.7	69.7	244.3	113.3	8.9 *	8.9 *
GEN11	7960.0 **	65.3 †	66.3 †	228.3 †	99.3 †	1.3	6.1
GEN5	7796.0 *	70.7 *	70.3	224.3 †	112.7	6.7	3.9
GEN15	7304.0 *	71.3 *	73.0 *	244.0	113.3	4.2	4.2
GEN14	7293.0 *	69.0	70.3	244.0	108.7	1.5	15.9 **
GEN28	7148.0 *	67.0	68.7	244.3	107.3	1.2	0.0 †
AG2525W	6818.0	68.3	68.3	233.0	99.3	0.0	3.1
P3051W	6691.0	63.7 ††	64.0 ††	254.3	91.0	0.0	3.8
P3057W	5995.0	63.7 ††	64.0 ††	245.0	107.3	0.0	1.2
NB722	5517.0	67.7	68.3	240.3	98.0 †	0.0	4.0
H-440	3901.0 **	61.3 ††	62.0 ††	231.7	96.3 †	8.4	8.2
Tukey	4436.4	4.7	5.6	35.0	30.2	20.2	15.7
σ	828.6	2.2	2.4	8.7	8.0	3.9	4.1
μ	6218.9	68.2	69.7	240.5	107.7	3.4	4.8
(μ+σ) *	7047.4	70.4	72.2	249.3	115.7	7.4	8.9
(μ+2σ) **	7876.0	72.6	74.6	258.0	123.8	11.3	13.0
(μ-σ) †	5390.3	66.1	67.3	231.8	99.7	-0.5	0.7
(μ-2σ) ††	4561.8	63.9	64.9	223.1	91.7	-4.5	-3.4

RG = Rendimiento de grano; FM = Floración masculina; FM = Floración femenina; AP = Altura de Planta; AM = Altura de Mazorca; AR = Acame de Raíz; AT = Acame de Tallo; μ= Media; σ= Desviación estándar.

Tres de ellas son progenie de la P14G, esto puede deberse al germoplasma de amplia base genética que se utilizó para la formación de la línea que dio origen a

estas cruzas y que permitió la adaptación a las condiciones ambientales en que fue establecido y la expresión de características agronómicas deseables en esta región. Lo anterior, demuestra un comportamiento superior, por lo que pueden ser considerados como sobresalientes para esta variable, como se mencionó anteriormente sobre la mayor diversidad genética de estos genotipos, por lo que podría plantearse como potenciales genotipos de alto rendimiento para esta región. Dentro de estas cruzas de manera individual, GEN34 y GEN14 presentaron promedios de rendimiento de grano superiores a los 7000 kg ha⁻¹, sin embargo, presentaron días a floración y altura de planta y mazorca dentro del promedio del germoplasma evaluado y acame de raíz y tallo superior a $\mu+\sigma$ en el caso de GEN34 y GEN14 acame de tallo superior a $\mu+\sigma$ (Cuadro 2), característica no deseable sobre todo en regiones con presencia de viento como es el Noreste de México (Noor *et al.*, 2021), por lo que el siguiente paso en el proceso de mejoramiento de estas cruzas, deberá incluir disminuir la altura de planta, mazorca, engrosamiento de tallo y aumento de la profundidad radical, características que están relacionadas con acame nulo (Niu *et al.*, 2021; Xueying *et al.*, 2024); igualmente se debiera evaluar la presencia de daño por barrenadores en el tallo para descartar esta característica (Serra y Trumper, 2020).

En este mismo sentido las cruzas GEN15 y GEN5 presentaron rendimiento de grano superior a 7300 kg ha⁻¹, promedio superior a $\mu+\sigma$, sin embargo, presentaron promedios de días a floración superior a $\mu+\sigma$ y diferenciándose estadísticamente de los híbridos comerciales precoces utilizados como testigos (Cuadro 2), característica que no es conveniente en regiones agrícolas del Noreste de México, ya que debido a principalmente a temperaturas extremas al inicio y final de ambos ciclos agrícolas (PV y OI), los periodos de crecimiento de este cultivo de manera constante se reducen, por lo que se recomienda la utilización de híbridos de alto potencial de rendimiento y precocidad (Arellano *et al.*, 2018)

De manera contraria, la cruz GEN28, también presentó un promedio de rendimiento de grano superior a $\mu+\sigma$, pero con días a floración, altura de mazorca y planta similar al promedio donde se incluyen los híbridos AG2525W y NB722, y con un acame de tallo nulo, característica deseable para las condiciones ambientales

del Noreste de México, con presencia de vientos y lluvias torrenciales (Reyes-Méndez *et al.*, 2017); en este mismo sentido la cruza GEN11, también presentó un promedio de rendimiento de grano superior a $\mu + \sigma$, pero con días a floración, altura de mazorca y planta inferior a $\mu - \sigma$, y con acame de raíz y tallo de 1.3 y 6.1 % (Cuadro 2), igualando a los híbridos P3051W y P3057W que se utilizaron como testigos comerciales precoces. De esta manera, considerando lo anterior la cruza GEN11, sería el cultivar con mejores características agronómicas para considerarlo con alto potencial para la formación de un cultivar mejorado de alto potencial de rendimiento de grano y precocidad con adaptación al subtrópico seco del Noreste de México.

CONCLUSIONES

Las cruzas GEN34, GEN11, GEN5, GEN15, GEN14, GEN28, presentaron un promedio de rendimiento superior a la media más la desviación estándar y tres de estas provienen de la línea P14G, lo que la destaca por su adaptación al ambiente. De manera individual sobresale la cruza GEN11, con mejores características agronómicas como alto potencial de rendimiento de grano, precocidad, porte bajo y resistencia al acame.

LITERATURA CITADA

- Arellano V. J. L., J. Virgen V y I. Rojas M. (2018) Gacela H72: híbrido de maíz precoz para áreas de temporal y riego del Altiplano Central de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 9:1303-1310.
- INIFAP. (2017). Agenda Técnica Agrícola Tamaulipas. Pág. 329-331. En: https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/Bibliotecaweb/_media/_agendas/4145_4842_Agenda_T%c3%a9cnica_Tamaulipas_2017.pdf. Consultado el 20 de junio del 2023.
- Niu, Y., Chen, T., Zhao, C and Zhou, M. Improving Crop Lodging Resistance by Adjusting Plant Height and Stem Strength. *Agronomy*. 2021, 11, 1-14. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122421>.
- Noor S. A., Mohsin T., Asad A., Mehmet Y., Ali S. A., Irfan A. M., Zhiwei W., Weiwei S. and Youhong S. 2021. Combating Dual Challenges in Maize Under High

- Planting Density: Stem Lodging and Kernel Abortion. *Frontiers in Plant Science*. 12, 1-19 <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.699085>
- SAS Institute. 2016. SAS/STAT® 9.4 User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 8640 p.
- Reyes-Méndez. C.; Cantú, A. M.; Gill, L. H.; García, O. J. y Mayek, P. N. 2017. Interacción genotipo x ambiente en maíz cultivado en Tamaulipas. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 8(3):571-582.
- Serra. G. V y E. V. Trumper. (2020) Incidencia de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) en el rendimiento del maíz y cálculo de los niveles de daño económico. *AGRISCIENTA*. 37:63-73.
- Xueying F., Daling Ma., Tianen L., Shuping H., Xiaofang and Julin G. Subsoil tillage improved the maize stalk lodging resistance under high planting density. *Frontiers in Plant Science*. 2024, 15, 1-19. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1396182>.

EVALUACIÓN DE PRODUCCIÓN DE AMILASAS Y CELULASAS DE *Trichoderma* spp.

Nelson A. Montenegro Castro¹, Lorena Jacqueline Gómez Godínez^{2*}, Ramón Ignacio Arteaga-Garibay², José Martín Ruvalcaba-Gómez², Rafael Ariza Flores³,
Pedro Cadena Iñiguez⁴

¹Universidad Abierta y a Distancia de México, ²INIFAP-CNRG, ³CIRPAS Campo Experimental Valles Centrales Oaxaca, ⁴CIRPAS Campo experimental: Centro Chiapas. *Autor para correspondencia: gomez.lorena@inifap.gob.mx

RESUMEN

El género *Trichoderma* spp., es un hongo cosmopolita, ampliamente distribuido en ambientes con materia orgánica en descomposición, y ha sido reconocido por su potencial como agente de control biológico desde 1930. Las especies de *Trichoderma* son conocidas por sus propiedades antagónicas contra hongos patógenos, basadas en mecanismos como competencia por nutrientes, micoparasitismo, antibiosis y promoción del crecimiento vegetal. Además, *Trichoderma* es una fuente importante de enzimas, incluyendo celulasas y amilasas, que son clave en su capacidad para controlar fitopatógenos, ya que participan en la lisis de la pared celular de los patógenos, facilitando la absorción de nutrientes.

El objetivo de este estudio fue determinar si la cepa *Trichoderma* T. 805 produce celulasas y amilasas. Para ello, se activó la cepa en medio Agar Papa Dextrosa (PDA) y se evaluó la producción de ambas enzimas mediante medios específicos. En el caso de la celulasa, la cepa no presentó una zona amarilla característica de hidrólisis, lo que indica que no produce esta enzima. Por otro lado, en la evaluación de la amilasa, la cepa mostró un halo de aclaramiento alrededor de las colonias, lo que confirma la producción de esta enzima.

Los resultados sugieren que, aunque la cepa T. 805 no produce celulasa, sí tiene capacidad para secretar amilasa, lo que la convierte en un potencial agente de control biológico. Sin embargo, se recomienda realizar estudios adicionales para

evaluar su efectividad en condiciones in vitro y en plantas, para confirmar su potencial en el control de hongos fitopatógenos.

Palabras clave: *Trichoderma*, enzimas, control biológico.

ABSTRACT

The *Trichoderma* spp. Genus is a cosmopolitan fungus, widely distributed in environments with decaying organic matter, and has been recognized for its potential as a biological control agent since 1930. Species of *Trichoderma* are known for their antagonistic properties against pathogenic fungi, based on mechanisms such as competition for nutrients, mycoparasitism, antibiosis, and plant growth promotion. Additionally, *Trichoderma* is an essential source of enzymes, including cellulases and amylases, which are crucial to its ability to control plant pathogens. These enzymes participate in the lysis of the pathogen cell wall, facilitating nutrient absorption by the fungus.

This study aimed to determine whether the *Trichoderma* strain T. 805 produces cellulases and amylases. To achieve this, the strain was activated in a Potato Dextrose Agar (PDA) medium, and the production of both enzymes was evaluated using specific methods. In the case of cellulase, the strain did not show a yellow halo characteristic of hydrolysis, indicating it does not produce this enzyme. On the other hand, in the amylase evaluation, the strain showed a clearing halo around the colonies, confirming the production of this enzyme.

The results suggest that, although the T. 805 strain does not produce cellulase, it does secrete amylase, making it a potential biological control agent. However, further studies are recommended to assess its effectiveness under in vitro and plant conditions to confirm its potential in controlling pathogenic fungi.

Keywords: *Trichoderma*, enzymes, biological control.

INTRODUCCIÓN

El género *Trichoderma* spp., es un hongo cosmopolita, las especies de este género se encuentran distribuidas en diferentes latitudes y se presentan de forma natural

en diversos ambientes, principalmente en aquellos que cuentan con materia orgánica o desechos vegetales en descomposición (Martínez *et al.*, 2013). Su potencial como agente de control biológico en enfermedades fue reconocido en 1930, desde entonces el control de muchas enfermedades se ha agregado a la lista (Howell, 2002). Las propiedades antagonistas de *Trichoderma* contra diferentes hongos patógenos se encuentran basadas en la activación de un conjunto de mecanismos que incluyen competencia por espacio y nutrientes, micoparasitismo, antibiosis y promoción del crecimiento vegetal (Vargas-Hoyos y Gilchrist-Ramelli, 2015; Hernández-Melchor *et al.*, 2019).

Esta especie es considerada una fuente práctica de enzimas, incluyendo algunas usadas en el área alimenticia (Hernández-Melchor *et al.*, 2019). De igual forma, es capaz de secretar enzimas hidrolíticas cuando detecta la presencia de otro hongo en su medio, con lo que se produce un fenómeno de respuesta enzimática (Kubicek *et al.* 2001)

Estas enzimas resultan de importancia en el uso de *Trichoderma* como agente de control biológico, ya que tienen participación en la lisis de la pared celular de las hifas de hospedantes fitopatógenos, con lo que se facilita la inserción de estructuras especializadas de *Trichoderma* que se encargan de absorber los nutrientes del interior del fitopatógeno (Hidalgo & Moran-Cañedo, 2020). El objetivo fue Determinar si la cepa de *Trichoderma* T. 805 produce celulasas y amilasas.

MATERIALES Y METODOS

Activación de la cepa de *Trichoderma* en un medio enriquecido

Se utilizó con la cepa T. 805. La cual se activó tomando de los viales en ultracongelación un disco de micelio para inocular una placa Petri en medio Agar Papa Dextrosa (PDA), la cual fue incubada a 28 °C por 5 días. Una vez que el hongo llenó la caja Petri se perforó con un sacabocados estéril para colocar los discos en un tubo de ensayo con 10 mL de Tween 80 al 1%, se agitó en vortex por un minuto. Se ajustó la solución a una concentración a 1×10^7 esporas/mL.

Evaluación de la producción de enzima celulasa.

El ensayo se realizó por triplicado usando el procedimiento descrito por Rhaman *et al.*, (2023), modificando la forma de inoculación de placas. A partir de esta suspensión se inocularon 10 microlitros en placas Petri que contenían agar con sal mineral Czapek utilizando KHPO_4 1.0 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5 g, NaNO_3 2.0 g, Peptona (de caseína Tipo 1) 2.0 g, KCl 0.5 g, CBM 5.0 g, agar bacteriológico 20 g, pH 6 ± 0.2 , 1 L de agua destilada. Se incubaron a 28°C durante 3 días. Cuando se alcanzó el crecimiento adecuado, las placas se inundaron con solución acuosa de rojo Congo al 2% p/v por 15 minutos, posteriormente se lavó la superficie con agua destilada y se aplicó NaCl 1(M) por 1.5 minutos. La producción de celulasas se determinó por la presencia o ausencia de un área opaca color amarillo alrededor de la colonia.

Como cepa control se utilizó la cepa EMV6SIC6, reportada como positiva para producción de celulasa por Hernández-Melchor (2022).

Evaluación de la producción de enzima amilasa

El ensayo se realizó por triplicado usando el procedimiento descrito por Figueroa-Ceballos *et al.*, (2019). A partir de la suspensión se inocularon 10 microlitros en placas Petri con agar almidón utilizando almidón 20 g, extracto de carne 3.0 g, Peptona (de caseína Tipo 1) 5.0 g, cloruro de sodio 5.0 g, agar bacteriológico 31 g, pH 6 ± 0.2 , 1 L de agua destilada. Se incubaron a 28°C por 3 días, posteriormente las placas se inundaron con yodo en yoduro de potasio (0.026 % I_2 + 0.26 % KI) como revelador. La producción de amilasas se determinó por la formación de un halo de hidrólisis alrededor de las colonias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

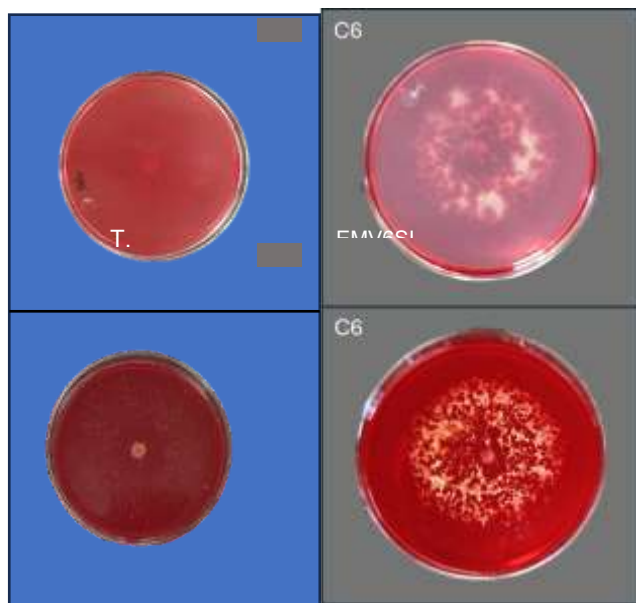
Se probó la capacidad de una cepa de *Trichoderma* para secretar enzimas extracelulares que son útiles contra patógenos.

La cepa estudiada resultó negativa para secreción de celulasa (Figura 1), ya que no se evidencia la presencia de un halo amarillo que indique la hidrólisis de CBM, en

comparación con la cepa control (EMV6SIC6) reportada por Melchor *et al.* (2022) como productora de celulasa, de igual forma, se pudo notar un crecimiento menor en comparación con el crecimiento presentado en PDA y en agar almidón, ya que tardó entre 6 y 7 días para el llenado de placa.

Figura 1. Ensayo de celulasa realizado a *Trichoderma* spp., reverso y frente de la placa Petri donde se evidencia la ausencia de una zona amarilla que indique la presencia de celulasa para la cea T. 805, en comparación con la cepa EMV8SIC6 en la que se evidencia la zona amarilla formada alrededor de la colonia.

En la evaluación para para amilasa la cepa resultó positiva (Figura 2), dado que se



presenta una zona de aclaramiento alrededor de las colonias, asimismo, presentó un crecimiento más acelerado y mayor presencia de micelio, tarando entre 3 y 4 días para el llenado de placa.



Figura 2. Ensayo de amilasa realizado a *Trichoderma* spp., reverso y frente de la placa Petri donde se evidencia la presencia de un halo de aclaramiento alrededor de la colonia.

De acuerdo con lo reportado en otros trabajos, no todas las especies del género *Trichoderma* presentan los mismos mecanismos de acción al confrontarlos con fitopatógenos, sin embargo, el micoparasitismo inducido por la actividad enzimática es uno de los más reportado ya que estas enzimas extracelulares son usadas por *Trichoderma* para provocar la lisis de la pared celular de hongos fitopatógenos.

La cepa estudiada no cuenta con la capacidad de producir celulasa, pero si amilasa por lo que cuenta con el potencial de usarse como agente de control biológico ya que puede inducir la hidrólisis de la pared celular de hongos fitopatógenos permitiendo el arranque de este mecanismo.

CONCLUSIONES

Trichoderma fue capaz de producir enzimas hidrolíticas cuando detecta la presencia de otros hongos, en este estudio se determinó la producción de la enzima amilasa en la cepa estudiada mientras que se descartó la producción de celulasa, sin

embargo, en futuras investigaciones se debería estudiar el impacto que puede tener en confrontaciones in vitro y en plantas para asegurar la completa efectividad de la cepa contra hongos fitopatógenos.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue posible gracias al INIFAP; Centro Nacional de Recursos Genéticos y al proyecto Estrategia de Acompañamiento Técnico como fuente financiera.

LITERATURA CITADA

- Figueroa-Ceballos, R., Morales-Esquivel, O. y Bran-González, M. C. (2019) Producción de amilasas por cepas de hongos anamorfos aislados de la hojarasca de *Quercus* sp. Revista Científica Universidad de San Carlos de Guatemala vol. 29, núm. 1. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/50/50779027/html/index.html#:~:text=Las%20amilasas%20f%C3%BAngicas%20para%20uso,Soccol%20%26%20Mitchell%2C%202000>
- Hernández-Melchor, D. J., Ferrera-Cerrato, R. & Alarcón, A. (2019). *Trichoderma*: IMPORTANCIA AGRÍCOLA, BIOTECNOLÓGICA, Y SISTEMAS DE FERMENTACIÓN PARA PRODUCIR BIOMASA Y ENZIMAS DE INTERÉS INDUSTRIAL. Chilean journal of agricultural & animal sciences, 35(1), 98-112. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205>
- Hernández-Melchor, D. J., Ferrera-Cerrato, R., López-Pérez, P. A., Ferrera-Rodríguez, M. R., García-Ávila, C. J., y Alarcón, A. (2022) QUALITATIVE AND QUANTITATIVE ENZYMATIC PROFILE OF NATIVE *Trichoderma* STRAINS AND BIOCONTROL POTENTIAL AGAINST *Fusarium oxysporum* f.sp. cubense RACE 1. Juornal of Microbiology, Biotetechonology and Food Sciences. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.3264>
- Hidalgo, R y Moran-Caicedo, I. A. (2020): “*Trichoderma*: hongo fungicida usado en tratamientos foliares del suelo y el control de diversas enfermedades producidas por hongos”, Revista Caribeña de Ciencias Sociales (abril 2020)

<https://www.eumed.net/rev/caribe/2020/04/trichoderma-hongo-fungicida.html>

Howell, C. (2002) Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: The history and evolution of current concept. Plant disease. páginas 4-10.

Kubicek CP, Mach RL, Peterbauer CK, Lorito M. *Trichoderma*: from genes to biocontrol. J Plant Pathol. 2001; 83: 11-23.
<http://higiene.unex.es/bibliogr/Antifung/chitin.pdf>

Martínez, B., Infante, D., & Reyes, Y. (2013) *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. Rev. Protección Veg. Vol. 28 No. 1: 1-11.
<http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v28n1/rpv011113.pdf>

Rahman, M., Borah, S. M., Borá, P. K., Bora, P., Sarmah, B. K., Lal, M. K., Tiwari, R. K. y Kumar, R. (2023) Descifrando la actividad antimicrobiana de agentes de biocontrol rizosféricos multifacéticos de cultivos de solanáceas, a saber. *Trichoderma harzianum* MC2 y *Trichoderma harzianum* NBG. Frente. Ciencia vegetal. Segundo. Interacciones entre patógenos vegetales. Volumen 14
<https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1141506>

Vargas-Hoyos, H. A. & Gilchrist-Ramelli, E. (2015). Producción de enzimas hidrolíticas y actividad antagónica de *Trichoderma asperellum* sobre dos cepas de *Fusarium* aisladas de cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum*). Revista mexicana de micología, 42, 9-16. Recuperado en 07 de noviembre de 2024, de
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802015000200003&lng=es&tlng=es

EVALUACIÓN DE PRODUCTOS ORGÁNICOS CONTRA PATÓGENOS QUE AFECTAN A LA RAÍZ Y ESTIMACION DEL INDICE VEGETATIVO EN EL CULTIVO DE CHILE (*Capsicum annum* L.)

Brenda Z. Guerrero Aguilar¹, Ramiro Rocha Rodriguez¹, Víctor Montero, Mario M. González Tavera¹ Jose Luis Pons Hernández, Salvador Villalobos Reyes¹,

INIFAP-CIRCE-CE-Bajío Carr. Celaya–San Miguel de Allende, km 6.5 Celaya, Gto. C.P. 38110, México. *Autor de correspondencia: guerrero.brenda@yahoo.com

RESUMEN

Para el control de patógenos que afectan a la raíz en el cultivo de chile, el más utilizado por el agricultor es el químico por su rápida acción y eficacia, pero el abuso de estos, ha tenido un efecto negativo como deterioro del suelo, disminución de la microbiota, contaminación al medio ambiente y riesgos a la salud humana. Debido a esto se han buscado alternativas que sean sostenibles y nuevas herramientas para obtener información precisa sobre las plantas. El uso de los compuestos orgánicos cobra importancia como ingrediente activo en diversos productos para el control de enfermedades de las plantas, debido a su efecto antimicrobiano entre los cuales se tienen ácido cítrico, ácido acetilsalicílico, ácidos fenólicos, peróxido (Ácido paracético) y quitina entre otros, además de uso de drones, conocidos formalmente como Vehículos Aéreos no Tripulados (VANT). Debido a esto se planteó el siguiente objetivo evaluar diferentes tratamientos orgánicos y estimar el índice de vegetación GLI con la respuesta de chile y la sanidad de las plantas. Para esto se realizaron muestreos durante el ciclo donde se cuantificaron las Unidades Formadoras de Colonias/ g de suelo, y el índice de severidad.

Palabras clave. Índice vegetativo, compuestos orgánicos, fungicidas, fusariosis.

ABSTRACT

For the control of pathogens that affect the root of the chile crop, the most used by the farmer is the chemical for its fast action and effectiveness, but the abuse of these has had a negative effect such as soil deterioration, reduction of the microbiota,

environmental contamination and risks to human health. Because of this, sustainable alternatives and new tools have been sought to obtain accurate information about plants. The use of organic compounds is gaining importance as an active ingredient in various products for the control of plant diseases, due to their antimicrobial effect, among which are citric acid, acetylsalicylic acid, phenolic acids, peroxide (paracetic acid) and chitin, among others, as well as the use of drones, formally known as Unmanned Aerial Vehicles (UAV). Due to this, the following objective was proposed to evaluate different organic treatments and to estimate the GLI vegetation index with the response of chili and the health of the plants. For this purpose, sampling was carried out during the cycle where the Colony Forming Units/ g of soil and the severity index were quantified.

Keys words: Vegetative index, organic compounds, fungicides, Fusarium

INTRODUCCIÓN

La aplicación de compuestos orgánicos en la agricultura ha ido en aumento en los últimos años, ya sea para el desarrollo vegetativo como control de patógenos. Cada uno de estos ácidos tiene un efecto específico en forma individual, por lo que cuando se combinan su efecto se potencializa al generar una molécula diferente que tiene la capacidad de penetrar directamente la membrana celular del microorganismo, por lo que no crean resistencia en los microorganismos patógenos; por el contrario, hay productos elaborados con ácidos orgánicos y compuestos fenólicos que tienen el propósito de inducir resistencias en la planta, es decir, que al aplicarse de manera constante crean mecanismos de defensa contra el ataque de patógenos.

Los peróxidos son otro de los productos que se consideran orgánicos ya que es un poderoso oxidante de este compuesto y un aliado imprescindible, como el peróxido de hidrógeno, ácido paracético, ya que elimina agentes patógenos que amenazan la salud de los cultivos. En cuanto a los compuestos fenólicos son necesarios para la supervivencia de las plantas ante situaciones de estrés impuestas por factores tanto bióticos como abióticos (Broun, 2005). Se sabe que los compuestos fenólicos

tienen funciones protectoras contra los microorganismos patógenos (Osorio et al., 2010), Mientras que el ácido salicílico (AS) es un regulador de crecimiento de las plantas, se ha reportado que incrementa la productividad de cultivos hortícolas tales como pepino, tomate, pimiento morrón y chile habanero (Larqué-Saavedra y Martín-Mex, 2007; Otro es el polisacárido estructural, quitina que forma parte del exoesqueleto de insectos y crustáceos, que actúa como aglutinante natural que mejora la estructura del suelo y promueve la biodiversidad microbiana, estimula el desarrollo vegetativo de la planta además de inhibir el crecimiento de patógenos en el suelo reduciendo la incidencia de enfermedades como la podredumbre de la raíz. (Ramírez et al., 2010). El uso de drones es una de las herramientas que se están implementando en la agricultura, ya que a diferencia de los comunes, estos están equipados con cámaras de luz visible que captan combinaciones de las longitudes de onda Rojo, Verde y Azul, y permiten hacer fotografías de alta calidad, creando imágenes ortofotografías, que son ortorectificadas, útiles para calcular índices de vegetación basados en luz visible, los cuales se emplean para medir el verdor y la cobertura del follaje de las plantas. Entre los índices más utilizados se encuentran el Índice Visible de Resistencia Atmosférica (VARI) (Gitelson *et al.*, 2002), el Índice de Vegetación Azul Verde Rojo (RGBVI) (Bendig *et al.*, 2013), el Índice de Hoja Verde (GLI) (Louhaichi *et al.*, 2001) y el Índice de Verdor Triangular (TGI) (de-Ocampo *et al.*, 2019). La aplicación de estos índices ha permitido estudiar, entre otros, el desarrollo de enfermedades (Gongora-Canull *et al.*, 2019), las relaciones hídricas de las plantas (Walsh *et al.*, 2020), predicción de forraje (Lussem *et al.*, 2018) y el contenido de nitrógeno en las plantas (Gordillo-Salinas *et al.*, 2021).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo fue desarrollado en el INIFAP, Campo Experimental Bajío localizado en Celaya, Guanajuato. El material vegetal utilizado fue una combinación de chile ancho y chile jalapeño durante ciclo primavera-verano de 2024

Tratamientos aplicados: T1 combinación de productos orgánicos (ácido cítrico, ácido acetil salíco y ácido Fumárico), T2: ácidos fenólicos, T3 peróxido (ácido paracético) y T4 quitina y T5,6 fueron controles sin aplicación de ningún compuesto

orgánico, se hicieron 4 aplicaciones, iniciando a los 40 días después del trasplante, y posterior cada 15 días hasta el final del ciclo. Se aplicó de cada tratamiento equivalente a 10 kg/ ha en los sólidos y 10 L/ ha en líquidos.

Muestreo de suelo. Se realizó un muestreo antes del trasplante en el lote experimental, posteriormente se hicieron cuatro muestreos de suelo después de cinco días de cada aplicación y otro al final del ciclo de cultivo. El muestreo se realizó a lo largo de la parcela, tomando el suelo a una profundidad de 30 cm.

Cuantificación del nivel de inóculo en Unidades Formadoras de Colonias (UFC). De las muestras de suelo se tomó un gramo, se colocó en tubos Falcon de 15 mL con 9 mL de agua destilada estéril, se hicieron diluciones seriadas 10^3 . Se tomó una alícuota de 250 μ L y se esparció una caja de medio de cultivo Agar-Papa Dextrosa Agar (PDA) al 25% (16 g de agar Bacteriológico y 10 g de PDA acidificado), con cuatro repeticiones, se incubaron a Temperatura ambiente por 48 h. Posteriormente se conteo en 25 campos por cada caja Petri (cada punto representa el 5% del área de la caja Petri). Para determinar las UFC se sumó el número de cada hongo u oomiceto observado en los 25 puntos de las cuatro cajas Petri, y se estimó el número de colonias presentes por gramo de suelo.

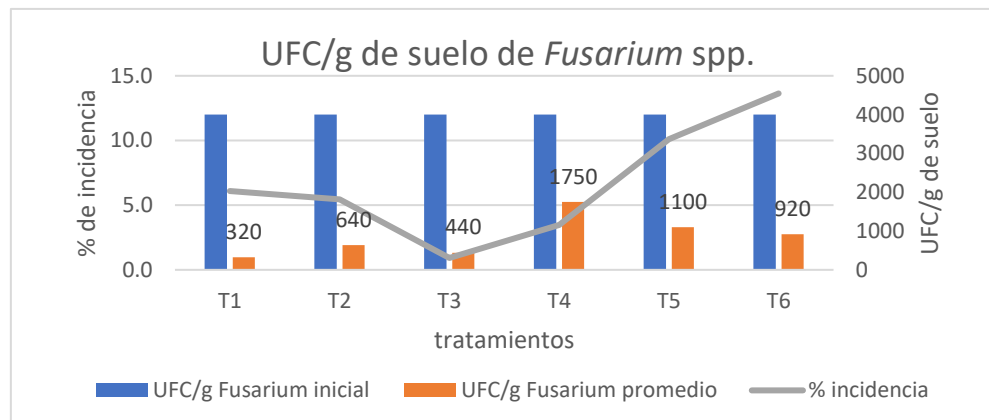
El porcentaje de incidencia de las plantas enfermas fue dividiendo las plantas con síntomas de fusariosis entre las plantas totales multiplicado por cien.

Índice vegetativo. La captura de las fotografías de luz visible se usó un VANT de la marca DJI® modelo Phantom 3 PRO® (Shenzhen, China), con una cámara RGB 4K de 1/2.3" CMOS, resolución de 12.4 megapíxeles. Los vuelos se realizaron cada siete días, durante las últimas cuatro semanas a partir de la primera formación de frutos. Las misiones de vuelo se planificaron mediante la aplicación DJI Pilot® 2020, versión 1.8.1. con los parámetros: altitud de vuelo 25 m, velocidad de despegue 5 m/s, velocidad de vuelo 1 m/s, intervalo entre fotografías de 2 s. De esta manera, se obtuvieron en promedio 45 fotografías. El horario de vuelo fue las 12:00 horas para evitar el exceso de sombras. Las ortofotografías se obtuvieron mediante el programa WebODM®, versión 2.5.5, con ellas se calculó el índice GLI de cada

unidad experimental midiendo la reflectancia de los canales RGB con el script “RGB measure” del programa de edición de imágenes científicas ImageJ®, versión 1.54 (Schneider *et al.*, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis microbiológico realizado al suelo, se encontró que el principal causante de ocasionar síntomas de amarillamiento y marchitamiento de hojas, necrosis de raíz y tallo (Zaccardelli, 2008) fue el género de *Fusarium spp.* En la Figura 1 se observa la cantidad de UFC/g en el suelo antes del trasplante fue 4000 UFC/donde se considera un nivel alto y riesgo para el cultivo, de los tratamientos más efectivo en bajar el nivel de UFC de los tratamientos aplicados fue el tratamiento 1 aplicación de ácido cítrico, acetilsalicílico, el tratamiento de peróxido fue el segundo que bajo a 440 UFC/g y tercero el T2, a base de ácidos fenólicos con 640 UFC/g de *Fusarium spp.*, en cuanto al porcentaje de incidencia el que menos presento fue el peróxido (Acido paracético) con menos del 2%, el menos



efectivo fue el T4 con quitina, comparado con el control y fue uno del tratamiento que tuvo mayor porcentaje de incidencia.

Figura 1. Cuantificación de Unidades Formadoras de colonia por gramo de suelo de *Fusarium spp.* y % de incidencia en el cultivo de Chile.

En la Figura 2 se observa una ortofotografía representativa de la parcela experimental de chile. Se observa la división entre los diferentes tratamientos.

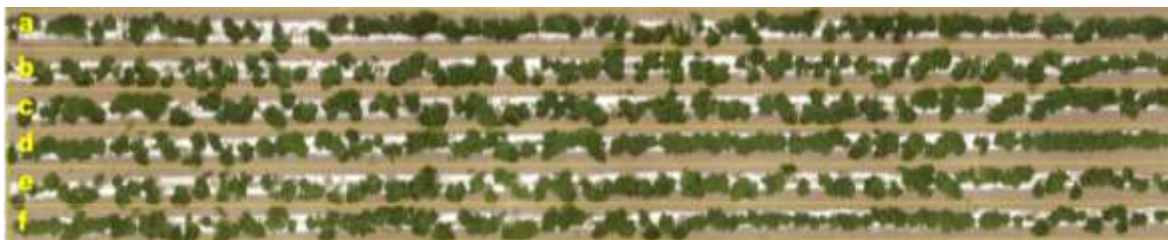
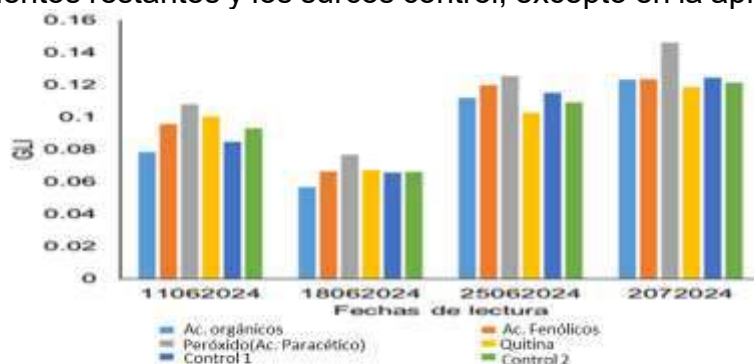


Figura 2. Ortofotografía que muestra la parcela experimental de chile. Tratamientos: a) ácidos orgánicos, b) ácidos fenólicos, c) peróxido (ácido paracético), d) quitina, e) Testigo 1 y f) Testigo 2.

La Figura 3 muestra una gráfica de barras donde se comparan los resultados de la estimación del índice GLI en los cinco tratamientos. Sobresale la barra gris que corresponde al tratamiento con peróxido (Ácido paracético); en este tratamiento el índice GLI alcanzó el valor más alto en todas las fechas de muestreo, con un valor máximo de 0.1463 en la última fecha. Los demás tratamientos no presentan diferencias con el control; aunque es notorio que en las primeras fechas existen algunas diferencias entre tratamientos, al final el valor GLI se iguala entre los tratamientos restantes y los surcos control, excepto en la aplicación de peróxido. Se



ha demostrado que se correlaciona significativamente con la biomasa ($\geq 80\%$, Montero-Tavera *et al.*, 2021) y con el rendimiento ($\geq 70\%$, Mandujano-Bueno *et al.*, 2023). Por lo tanto, se espera que cuando se realicen las pruebas de producción este tratamiento sea el que alcance mayores rendimientos.

Figura 3. Barras de índice vegetativo en diferentes fechas del cultivo de chile.

Por otra parte, las propiedades antisépticas y elicitoras del peróxido son ampliamente conocidas. En esta investigación se encontró que, a pesar de que el suelo donde se estableció este tratamiento fue uno de los que tuvo mayor cantidad de UFC del genero *Fusarium* spp. (agente etiológico de la marchitez del chile), fue el que tuvo menos incidencia de la enfermedad con solo una planta muerta, esto sugiere que el peróxido activó el sistema de defensa de las plantas y las protegió de los daños causados por el patógeno. Para confirmar lo anterior se sugiere realizar estudios de expresión relacionados con la respuesta al estrés oxidativo y genes de resistencia de las plantas.

CONCLUSIÓN

Los compuestos orgánicos es otra alternativa para el control de patógenos, y el que más sobresalió fue el tratamiento 1 que redujo las Unidades Formadoras de colonias, seguido del peróxido (Acido paracetico) en cuanto, el porcentaje de incidencia fue el peróxido fue el que menor cantidad de plantas muertas seguido por el tratamiento 2 y por último en el índice vegetativo fue el de peróxido de hidrogeno ya que en los demás al final del cultivo no hubo muchas diferencias significativas.

LITERATURA CITADA

- Bendig, J., Bolten, A., & Bareth, G. (2013). UAV-based imaging for multitemporal, very high resolution crop surface models to monitor crop growth variability. PFG Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation, 6, 551-562.
- Broun, P. 2005. Transcriptional control of flavonoid biosynthesis: a complex network of conserved regulators involved in multiple aspects of differentiation in Arabidopsis. Curr Opin Plant Biol. 8: 272-279. DOI: 10.1016/j.pbi.2005.03.006.
- de-Ocampo, A. L. P., Bandala, A. A., & Dadios, E. P. (2019). Estimation of triangular greenness index for unknown peak wavelength sensitivity of CMOS-acquired crop images. In 2019 IEEE 11th International Conference on Humanoid,

- Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM) (pp. 1-5). IEEE.
- Gitelson, A. A., Stark, R., Grits, U., Rundquist, D., Kaufman, Y., & Derry, D. (2002). Vegetation and soil lines invisible spectral space: a concept and technique for remote estimation of vegetation fraction. *International Journal of Remote Sensing*, 23, 2537-2562. <https://doi.org/10.1080/01431160110107806>
- Gongora-Canul, C., Salgado, J. D., Singh, D., Cruz, A. P., Cotrozzi, L., Couture, J., Rivadeneira, M. G., Cruppe, G., Valent, B., Todd, T., Poland, J., & Cruz, C. D. (2019). Temporal dynamics of wheat blast epidemics and agreement between remotely sensed data measurements and visual estimations of wheat spike blast (WSB) under field conditions. *Phytopathology*. 110, 393-405.
- Gordillo-Salinas, V. M., Flores-Magdaleno, H., Ortiz-Solorio, C. A., & Arteaga-Ramírez, R. (2021). Evaluation of nitrogen status in a wheat crop using unmanned aerial vehicle images. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 81, 408-419. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392021000300408>
- Louhaichi, M., Borman, M. M., & Johnson, D. E. (2001). Spatially located platform and aerial photography for documentation of grazing impacts on wheat. *Geocarto International*, 16, 65-70. <https://doi.org/10.1080/10106040108542184>
- Lussem, U., Bolten, A., Gnyp, M. L., Jasper, J., & Bareth, G. (2018). Evaluation of RGB-based vegetation indices from UAV imagery to estimate forage yield in Grassland. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 1215-1219. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-3-1215-2018>
- Mandujano-Bueno, A., Paredes-Melesio, R., Buenrostro-Rodríguez, J. F., de-la-Olán, M., Ortiz-Monasterio, I., Gámez-Vázquez, A. J., Inurreta-Aguirre, H. D. y Montero-Tavera, V. (2023). Algoritmo simplificado para aplicación racional

- de nitrógeno en trigos harineros en el Bajío mexicano. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 46, 255-255. <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.3.255>
- Montero, T. V., Ledesma, R. L., Rodríguez, V. A. P., Bravo, G. F de J. y Solís, M. E. (2021). Evaluación de Índices de Vegetación de luz visible y su correlación con cobertura y rendimiento de trigo. XI Reunión Nacional de Investigación Agrícola. Memoria. pp 289-292 [En línea]. Disponible en: http://reunionescientificas2021.inifap.gob.mx/_media/CONVOCATORIAS/MEMORIA_AGR%C3%8DCOLA.pdf. Fecha de consulta: 21 de octubre de 2024.
- Osorio, E.; Flores, M.; Hernández, D.; Ventura, J.; Rodríguez, R. and Aguilar, C. 2010. Biological efficiency of polyphenolic extracts from pecan nuts shell (*Carya illinoensis*), pomegranate husk (*Punica granatum*) and creosote bush leaves (*Larrea tridentata* Cov.) against plant pathogenic fungi. *Ind .Crop Prod.* 31(1):153-157.
- Schneider, C. A., Rasband, W. S., & Eliceiri, K. W. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, 9, 671-675. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2089>.
- Ramírez, M. Á., Rodríguez, A. T., Alfonso, L., & Peniche, C. (2010). La quitina y sus derivados, biopolímeros con potencialidades de aplicación agrícola. *Biotecnología aplicada*, 27(4), 270-276. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s1027-28522010000400002&script=sci_arttext
- Walsh, O. S., Torrior, J. A., Liang, X., Shafian, S., Yang, R., Belmont, K. M., & McClintick-Chess, J. R. (2020). Grain yield, quality, and spectral characteristics of wheat grown under varied nitrogen and irrigation. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 3(1), e20104. <https://doi.org/10.1002/agg2.20104>

EVALUACIÓN DE PROGENIES DE HULE *Hevea brasiliensis* PARA OBTENER CLONES PRECOCES, PRODUCTIVOS Y TOLERANTES A ENFERMEDADES FOLIARES EN VERACRUZ, MÉXICO

Elías Ortiz Cervantes^{1*}

¹Campo Experimental El Palmar, CIR-Golfo Centro, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). México. *Autor de correspondencia:

ortiz.elias@inifap.gob.mx

RESUMEN

En la región central de Veracruz, se evalúa el comportamiento de 22 progenies de medios hermanos de hule, provenientes de clones americanos, asiáticos y africanos de reconocidos atributos en crecimiento, tolerancia a enfermedades y rendimiento. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con 22 tratamientos (progenies), tres repeticiones y 30 plántulas por unidad experimental. El arreglo de plantación en el vivero de progenies fue a 0.60 x 0.60 cm. Las variables evaluadas fueron incidencia de enfermedades foliares, altura de planta y diámetro del tallo. A los tres meses de la plantación las progenies más tolerantes a enfermedades fueron las provenientes de los clones PR261, IAN717, IAN710, GU204, IAN873 y RRIC100, con valores en la escala de Langford (Langford, 1941) de 2.56, 2.73, 2.81, 2.93, 2.98 y 2.98, respectivamente. A los 10 meses, las progenies con mayor altura de planta provienen de los clones PB260, IRCA19, PB280, IRCA111, RR1105 y RRIC100, con valores de 215.51, 208.16, 205.28, 203.78, 203.65 y 196.40 cm, respectivamente. Finalmente, para diámetro del tallo las progenies más sobresalientes a los 10 meses corresponden a los clones PB260, RRIC100, IRCA19 y RR1105, con valores de 21.01, 20.18, 20.16 y 19.33 mm, respectivamente. En esta etapa fueron seleccionados 879 genotipos por sus atributos en crecimiento, rendimiento y tolerancia a enfermedades. En futuras pruebas de rendimiento se hará la depuración de genotipos, los cuales se multiplicarán por injerto y se llevarán a plantación los mejores, en arreglos de plantación más amplios.

Palabras clave: *Pruebas tempranas, caucho, Prueba de Mendes, circunferencia del tallo, altura de planta, mejoramiento genético.*

ABSTRACT

In the central region of Veracruz, the performance of 22 rubber half-sib progenies from American, Asian, and African clones with recognized attributes in growth, disease tolerance, and yield is being evaluated. The experimental design used was randomized blocks with 22 treatments (progenies), three replications, and 30 seedlings per experimental unit. The planting arrangement in the progeny nursery was 0.60 x 0.60 cm. The variables evaluated were the incidence of foliar diseases, plant height, and stem diameter. At three months after planting, the most disease-tolerant progenies were those from clones PR261, IAN717, IAN710, GU204, IAN873, and RRIC100, with values on the Langford scale (Langford, 1941) of 2.56, 2.73, 2.81, 2.93, 2.98 and 2.98, respectively. At 10 months, the progenies with the highest plant height came from clones PB260, IRCA19, PB280, IRCA111, RRII105, and RRIC100, with values of 215.51, 208.16, 205.28, 203.78, 203.65, and 196.40 cm, respectively. Finally, for stem diameter, the most outstanding progenies at 10 months correspond to clones PB260, RRIC100, IRCA19, and RRII105, with values of 21.01, 20.18, 20.16, and 19.33 mm, respectively. At this stage, 879 genotypes were selected for their growth, yield, and disease tolerance attributes. In future yield tests, genotypes will be refined, and multiplied by grafting and the best ones will be taken to plantation in larger plantation arrangements.

Keywords: *Early tests, rubber, Mendes test, stem girth, plant height, and genetic improvement.*

INTRODUCCIÓN

Por más de 80 años, el INIFAP ha contribuido con la introducción, evaluación, validación y difusión de clones de hule de alto rendimiento para el establecimiento de plantaciones en las regiones tropicales del país (Ortiz, 2021). Sin embargo, no se cuenta con material genético competitivo propio, por lo que para superar el rendimiento potencial actual (2,000 kg/ha/año) se depende de la introducción de clones mediante convenios con instituciones internacionales de investigación como el Rubber Research Institute of Malaysia (RRIM, por sus siglas en inglés), el CIRAD-Cultivos perennes (Francia), el International Rubber Research and Development Board (IRRDB, por sus siglas en inglés), el Instituto Agronómico do Norte (IAN-

Brasil), entre otros. En el banco de germoplasma del INIFAP se tienen clones identificados por su rendimiento de látex y tolerancia a enfermedades en las diferentes regiones productoras de hule de México. Dichos clones están en edad reproductiva (floración -fructificación), por lo que mediante polinización libre es posible identificar y seleccionar progenies de medios hermanos con potencial para generar clones con características superiores y adaptados a las condiciones agroecológicas locales (Ortiz, 2021). El objetivo del estudio fue identificar genotipos superiores a partir de poblaciones de medios hermanos, generadas a partir de clones seleccionados, así como identificar clones sobresalientes para futuros programas de mejoramiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el Campo Experimental “El Palmar”, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el municipio de Tezonapa, Ver. a 18° 45' LN y 95° 32' LW y una altitud de 140 m. La región presenta un clima Af(m), con 2800 mm de precipitación y temperatura media anual de 25 °C. Se evaluaron 22 familias de medios hermanos, provenientes de los clones que se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Familias de medios hermanos de 22 clones de hule, introducidos de diferentes países productores de hule.

Progenie	Progenitores	Origen	Progenie	Progenitores	Origen
PB86	Clon primario	Malasia	PR228	--	Indonesia
RRIC105	TJir 1 x Glenshiel-1	India	PB314	RRIM-600 x PB-235	Malasia
PB260	PB 5/51 x PB 49	Malasia	GU204	FX-25 X GT-711	Guatemala
PB312	RRIM-600 x PB-235	Malasia	GA1581	Clon primario	Indonesia
RRIM600	TJIR 1 X PiIB 86	Malasia	PR261	TJir 1 x PR-107	Indonesia
PB280	PBIG (semilla)	Malasia	RRIC100	RRIC-52 x PB-49	Sri Lanka
IAN873	PB 86 x F 1717	Brasil	IAN710	PB-86 X FB-38	Brasil
IRCA19	PB5/51 X RRIM605	Costa de Marfil	RRIM614	TJIR-1 X RRIM-509	Malasia
IRCA111	PB 5/51 X RRIM 605	Costa de Marfil	IRCA41	GT1 X PB5/51	Costa de Marfil
IRCI9	--	Vietnam	IAN754	F-4542 X PB-86	Brasil
GU481	--	Guatemala	IAN717	PB 86 x F-4542	Brasil

² Obtenido en su lugar de origen. ³ Es el clon más usados en México.

Las progenies de medios hermanos se distribuyeron bajo un diseño bloques al azar con 22 tratamientos (progenies) y tres repeticiones. La unidad experimental constó de 30 plántulas distribuidas en un arreglo de plantación de 0.70 x 0.70 m. La colecta de semillas se realizó en plantaciones experimentales de los clones en estudio en la región de Tezonapa, Ver. El periodo de colecta, germinación y trasplante comprendió del 15 de agosto al 15 de noviembre del 2023.

Se evaluó la incidencia de enfermedades foliares, mediante una escala nominal de 1 a 5, en donde el valor más bajo corresponde a plantas sanas y el más elevado a plantas con alto grado de incidencia de enfermedades (Langford, 1945), se evaluó a los 3 meses de sembrado el vivero de progenies. Las principales enfermedades presentes fueron la mancha sudamericana de la hoja causada por el hongo *Pseudocercospora ulei* y la antracnosis de la hoja causada por *Colletotrichum gloeosporoides*. La medición de altura de planta y diámetro del tallo se realizó a los 10 meses de establecido el vivero de progenies. La altura de planta (AP) se midió con una regla graduada, de la base al ápice de la planta. El diámetro del tallo se midió a 5 cm de la unión injerto patrón, con el auxilio de un vernier digital marca Mitutoyo. A los 10 meses se realizó la evaluación de rendimiento mediante la técnica de Mendes Modificada (Mendes, 1971). Para los análisis estadísticos se utilizó el paquete estadístico Statistical Analysis System 9.0 (SAS, 2004).

El análisis del modelo estadístico consideró todos los efectos aleatorios (excepto la media): $Y_{ijk} = m + p_i + b_j + e_{ij} + d_{ijk}$

En donde, Y_{ijk} = valor observado de la k-ésima planta en la j-ésima repetición, dentro de la i-ésima progenie, m =media general, p_i =efecto de la i-ésima progenie (1, 2,...p), b_j =efecto de la j-ésima repetición ($j=1, 2,...b$), e_{ij} = error experimental asociado a la i-ésima progenie, de la j-ésima parcela, y d_{ijk} =efecto de la k-ésima planta, dentro de la ij-ésima parcela.

RESULTADOS Y DISCUSION

Incidencia de enfermedades foliares. De acuerdo al análisis de varianza (ANAVA) para la variable incidencia de enfermedades foliares evaluada mediante la escala

de Langford (1945), a los tres meses de establecido el vivero, se encontraron diferencias altamente significativas entre progenies ($P < 0.001$) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de varianza para las variables incidencia de enfermedades foliares (Escala de Langford), altura de planta (cm) y diámetro del tallo (mm) de 22 progenies de medios hermanos de hule.

Fuente de variación	GL	Cuadrado medio del error		
		Incidencia de enfermedades	Altura de planta (AP)	Diámetro del tallo (DT)
Repeticiones	2	4.2827181 **	169449.926 **	810.81038 **
Clones	21	7.4484057 **	74601.684 **	649.70204 **
Error	1893			
Total	1916			
R-Cuadrada		0.130098	0.250098	0.23804
Raíz MSE		0.756424	54.93899	30.5156
Media		3.208504	172.5722	16.64938
CV (%)		23.57559	31.83536	5.080657

GL=Grados de libertad, ** Existen diferencias altamente significativas con $\alpha=0.01$.

Las progenies más susceptibles a las enfermedades foliares fueron las provenientes de los clones RRIM614, IRCA41, PB86, PB314, GU481, RRIM600, GA1581, PR228, IRCI9 e IRCA19, sin diferencias significativas entre sí, con valores en la escala de Langford de 3.65, 3.56, 3.49, 3.46, 3.45, 3.43, 3.43, 3.43, 3.38 y 3.38, respectivamente. Mientras que las progenies más tolerantes a enfermedades fueron las provenientes de PR261, IAN717, IAN710, GU204, IAN873 y RRIC100, con valores de 2.56, 2.73, 2.81, 2.93, 2.98 y 2.98, respectivamente (Cuadro 3). La mayoría de las progenies que mostraron tolerancia a enfermedades provienen de clones de origen americano (IAN-717, IAN-710, GU-204 y IAN-873), mientras que PR-261 y RRIC-100 son de Indonesia y Sri Lanka, respectivamente. Es importante hacer notar que el clon IAN-717, proviene de F4542 (progenitor masculino), clon brasileño híbrido de *Hevea brasiliensis* x *Hevea benthamiana*, de donde proviene su resistencia.

Altura de planta. De acuerdo al análisis de varianza (ANAVA) para altura de planta a los 10 meses de establecido el vivero de progenies, se encontraron diferencias altamente significativas entre progenies de medios hermanos ($P < 0.001$) (Cuadro 2). Las progenies con mayor altura de planta provienen de los clones PB260, IRCA19,

PB280, IRCA111, RRII105 y RRIC100, con valores de 215.51, 208.16, 205.28, 203.78, 203.65 y 196.40 cm, respectivamente. Los clones progenitores de las progenies mencionadas anteriormente, son originarios de Malasia, Costa de Marfil, India y Sri Lanka, que fueron generados sin la presencia de la mancha sudamericana de la hoja, principal problema en las plantaciones en el continente americano. Por otro lado, las progenies de menor porte provienen de los clones RRII614, PR228, IAN710, IRCA41, GA1581, con altura promedio de 120.17, 127.26, 130.98, 132.62 y 137.60 cm, respectivamente. Dentro del grupo anterior se ubican las progenies de algunos clones altamente susceptibles a la mancha sudamericana de la hoja. Cuadro 3.

Diámetro del tallo. De acuerdo al análisis de varianza (anava) para la variable diámetro del tallo a los 10 meses de establecido el vivero de progenies, se encontraron diferencias altamente significativas entre progenies de medios hermanos ($p < 0.001$) (cuadro 2). Las progenies con el mayor diámetro promedio del tallo corresponden a los clones pb260, rric100, irca19 y rrii105, con valores de 21.01, 20.18, 20.16 y 19.33 mm, respectivamente. Mientras que las progenies con menor crecimiento en diámetro del tallo, correspondieron a los clones irca41, rim614 y pr228, con 11.51, 11.53 y 12.59 mm, respectivamente (cuadro 3).

Selección de genotipos por progenie. De acuerdo con la información de crecimiento, se realizó la selección de los mejores genotipos dentro de cada progenie, fueron seleccionados 687 genotipos (cuadro 4). Debido a que no siempre los clones de hule más vigorosos son los más productivos, se realizó la prueba de Mendes (Mendes, 1971) para determinar en etapa temprana los genotipos más productivos. De acuerdo a los resultados, de la población total fueron seleccionados 451 genotipos por rendimiento de látex mediante la prueba de Mendes. Considerando que algunos genotipos fueron seleccionados por crecimiento y rendimiento, el total de plantas seleccionadas en esta etapa fue de **879 genotipos**. En las pruebas de rendimiento posteriores se hará la depuración, para llevar a evaluación en campo solamente a los mejores individuos.

Cuadro 4. Selección de genotipos sobresalientes en altura de planta, diámetro del tallo y rendimiento de látex mediante la prueba de Mendes (Mendes, 1971) en la evaluación de 22 progenies de medios hermanos de hule en la región central de Veracruz.

Número clon	de Origen progenie	de	No. de genotipos seleccionados por:		
			Crecimiento en AP* y DT**	Rendimiento***	Total de genotipos seleccionados
1	RRIC100	1	47	31	
2	IAN754	2	33	20	
3	IAN710	3	27	21	
4	IAN873	4	30	16	
5	IAN754	5	11	6	
6	RRIM614	6	11	7	
7	GU204	7	22	12	
8	GA1581	8	12	6	
9	IRCA111	9	26	17	
10	PB312	10	54	45	
11	PR261	11	47	27	
12	PB260	12	51	30	
13	RRIM600	13	29	20	
14	IRCA19	14	37	34	
15	IAN717	15	16	12	
16	PR228	16	11	8	
17	GU481	17	20	9	
18	PB86	18	27	15	
19	RRII105	19	25	21	
20	PB314	20	33	23	
21	PB280	21	42	33	
22	RRII105	22	40	16	
23	RRIM600	23	32	22	
			687	451	879

*AP=Altura de planta, DT=Diámetro del tallo, ***rendimiento obtenido mediante la prueba de Mendes (1971).

Cuadro 3. Prueba de comparación de medias Duncan para las variables incidencia de enfermedades foliares (Escala de Langford), altura de planta (cm) y diámetro del tallo (mm) de 22 progenies de hule.

Clones	Incidencia de enfermedades	Grupo Duncan*	Clones	Altura de planta (cm)	Grupo Duncan*	Clones	Diámetro del tallo (mm)	Grupo Duncan*
RRIM614	3.65	A	PB260	215.51	A	PB260	21.01	A
IRCA41	3.56	AB	IRCA19	208.16	AB	RRIC100	20.18	AB
PB86	3.49	ABC	PB280	205.28	AB	IRCA19	20.16	AB
PB314	3.46	ABC	IRCA111	203.78	AB	RRII105	19.33	ABC
GU481	3.45	ABC	RRII105	203.65	AB	PB312	18.90	BC
RRIM600	3.43	ABC	RRIC100	196.40	ABC	IAN873	18.29	CD
GA1581	3.43	ABC	IAN873	192.02	BCD	IRCA111	18.22	CD
PR228	3.43	ABC	PB312	190.61	BCD	PB280	18.16	CD
IRCI9	3.38	ABC	PB314	181.76	CDE	IAN754	17.80	CDE
IRCA19	3.38	ABC	IAN754	180.65	DE	PB314	16.91	DEF
PB280	3.32	BC	RRIM600	177.40	DE	PR261	16.82	DEF
RRII105	3.29	BC	GU481	173.20	DE	RRIM600	16.72	DEFG
IAN754	3.26	CD	PB86	170.05	EF	PB86	16.14	EFGH
IRCA111	3.25	CD	GU204	154.92	FG	GU481	15.66	FGH
PB260	3.05	DE	PR261	154.71	FG	IRCI9	15.02	GHI
PB312	3.01	E	IRCI9	151.05	GH	IAN717	14.57	HI
RRIC100	2.98	EF	IAN717	141.29	GHI	GU204	14.05	IJ
IAN873	2.98	E	GA1581	137.60	GHIJ	IAN710	13.89	IJ
GU204	2.93	EF	IRCA41	132.62	HIJ	GA1581	13.86	IJ
IAN710	2.81	EF	IAN710	130.98	IJ	IRCA41	12.59	JK
IAN717	2.73	FG	PR228	127.26	IJ	RRIM614	11.53	K
PR261	2.56	G	RRIM614	120.17	J	PR228	11.51	K

*Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí, con un $\alpha=0.05$.

CONCLUSIONES

Existe alta variabilidad entre las progenies de medios hermanos y dentro de las mismas, que nos permitirá obtener genotipos de alto valor para la generación de nuevos genotipos de hule en México.

Las progenies de los clones PB-260, RRIC-100, IRCA-19 y PB-280, son vigorosas y los antecedentes de rendimiento del progenitor femenino permitirá obtener genotipos con alto potencial de rendimiento.

En esta primera etapa fueron seleccionados 879 genotipos, los cuales serán depurados mediante diferentes evaluaciones, de tal forma que se identifiquen los genotipos de amplio valor genético.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), las facilidades otorgadas para el desarrollo de los trabajos.

LITERATURA CITADA

LANGFORD, M.H. 1945. South American Leaf Blight of Hevea rubber tree. USDA Technical Bulletin no. 882. Washington, US. 31 p.

Ortiz C.E., Hernández C. JM., Díaz F. VH., Moctezuma L.J. (2021). Paquete tecnológico para el establecimiento y mantenimiento de plantaciones de Hule (Hevea brasiliensis) en México. SADER. INIFAP. 35 P. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/723017/Plantaciones_hule.pdf.

Mendes, L.O.T. (1971). Poliploidização da seringueira: um novo teste para determinação da capacidade de produção de seringueiras jovens. Polímeros 1: 22-30.

EVALUACIÓN DE UN EXTRACTO DE *BIDENS ODORATA* SOBRE LA CINÉTICA RUMINAL DE GAS *IN VITRO* USANDO UNA DIETA ALTA EN GRANO

María Guadalupe Pascacio-Sebollon¹, Amaury Ábrego-Gacía^{2*}, Luis Alberto Miranda-Romero¹, Gustavo Gerardo Medina-Mendoza³, Javier Herrera-Godoy¹, Alejandra G. Yáñez-Vergara⁴

¹Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México, ²Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-CEBAJ, Celaya, Guanajuato, México, ³Investigador, Departamento de Biotecnología y Bioingeniería, CINVESTAV-IPN, Ciudad de México, México, ⁴Investigadora, Programa Transdisciplinario en Desarrollo Científico y Tecnológico para la Sociedad, CINVESTAV-IPN, Ciudad de México, México *Autor de correspondencia: abrego.amaury@inifap.gob.mx

RESUMEN

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por fermentación ruminal, especialmente metano, representan uno de los principales impactos ambientales de la ganadería. Entre las alternativas para mitigar las emisiones de metano ruminal, se encuentran los fitoquímicos, definidos como compuestos bioactivos de las plantas que poseen un potencial farmacológico. *Bidens odorata* (BO) es una planta de la familia *Asteraceae* utilizada en la medicina tradicional mexicana para tratar diversos padecimientos en seres humanos. Sin embargo, el potencial de aplicación de los fitoquímicos en la producción o salud animal, particularmente en rumiantes, no ha sido determinado. El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto *in vitro* de un extracto de BO sobre la cinética de gas y emisión de metano ruminal usando una dieta alta en grano. Los fitoquímicos de BO fueron extraídos con cloroformo, este fue evaporado en un rotavapor y el extracto fue recuperado en etanol. Se usó la técnica de producción de gas *in vitro* en la que se utilizó un inóculo (fluido ruminal) obtenido de dos bovinos raza Holstein, como sustrato una dieta experimental con relación forraje: concentrado de 30:70 y se adicionaron cuatro tratamientos (extracto etanólico): 0, 0.2, 0.4 y 0.6 mL/0.5 g materia seca (MS) incubada.

Los resultados demostraron que el tratamiento 0.6 mL del extracto de *BO* tuvo mayores efectos sobre los parámetros de fermentación. Este redujo el volumen máximo de gas (V_m), aumentó la fase de retardo (L) y la tasa de producción de gas (S) ($P<0.05$); además, la emisión de metano disminuyó 17% ($P<0.05$). Se sugiere que investigaciones futuras *in vitro* evalúen el efecto de *BO* en la fermentación ruminal a partir de dosis > 0.6 mL/0.5 g MS. Finalmente, se recomienda realizar estudios de digestibilidad para comprender el rol del extracto de *BO* como aditivo para mitigar las emisiones de metano entérico.

Palabras clave: *Bidens odorata*, cinética, gases efecto invernadero, rumen, metano.

ABSTRACT

Greenhouse gas (GHG) emissions generated by ruminal fermentation, especially methane, represent one of the main environmental impacts of livestock farming. Among the alternatives to mitigate ruminal methane emissions are phytochemicals, defined as bioactive compounds in plants that have pharmacological potential. *Bidens odorata* (*BO*) is a plant of the *Asteraceae* family that has been used in traditional Mexican medicine to treat various ailments in humans. However, the potential application of phytochemicals in animal production or health, particularly in ruminants, has not been determined. The objective of this experiment was to evaluate the *in vitro* effect of a *BO* extract on gas kinetics and rumen methane emissions using a high-grain diet.

Phytochemicals from *BO* were extracted with chloroform, which was evaporated in a rotary evaporator and the extract was recovered in ethanol. *In vitro* gas production technique was carried out with rumen fluid inoculum from two Holstein cattle, an experimental diet with a forage:concentrate ratio of 30:70 was used as a substrate, and four treatments (ethanolic extract) were added: 0, 0.2, 0.4 and 0.6 mL/0.5 g DM incubated.

The results showed that the 0.6 mL of *BO* extract had the highest effects on fermentation parameters. This treatment reduced the maximum gas volume (V_m) and increased the lag phase (L) and the gas production rate (S) ($P<0.05$); in addition, the methane emission was decreased by 17 % ($P<0.05$). It is suggested that further

research evaluate the *in vitro* effect of *BO* on ruminal fermentation at doses > 0.6 mL/0.5 g DM. Finally, it is recommended to incorporate digestibility studies to understand the role of *BO* extract as an additive to mitigate enteric methane emissions.

Keywords: *Bidens odorata*, kinetics, greenhouse gases, rumen, methane.

INTRODUCCIÓN

Bidens odorata es una planta de la familia *Asteraceae* que ha sido utilizada en la medicina tradicional mexicana para tratar diversos padecimientos. Estudios previos han documentado sus propiedades antidiarreicas en seres humanos (Meléndez et al., 2004, Zapata et al., 2017); sin embargo, su potencial aplicación en la producción o salud animal, particularmente en rumiantes, no ha sido determinada.

En los sistemas de producción intensiva de rumiantes, el uso de dietas altas en grano es una práctica común para maximizar la eficiencia productiva. No obstante, esta estrategia puede conducir a desbalances en la microbiota ruminal, resultando en problemas metabólicos como la diarrea, timpanismo, acidosis. (Uzal, 2023). Por otra parte, la producción intensiva también promueve el incremento en la emisión de gases efecto invernadero originada de fermentación entérica, se ha reportado que el CH₄ producido por rumiantes representa más del 95% del total de CH₄ de las emisiones de la ganadería (McAllister et al., 2015). Además del impacto ambiental por el potencial del calentamiento global que promueve el CH₄, también repercute en la producción de los rumiantes, representando un gasto energético de hasta 12% (de Haas et al., 2011), que en su lugar podría utilizarse para la producción de carne y leche. Entre las alternativas para mitigar las emisiones de metano ruminal, se encuentran los fitoquímicos (Ku-Vera et al., 2020), definidos como compuestos de las plantas que poseen un potencial biológico y farmacológico (Olvera et al., 2017). Además, se ha reportado que algunas plantas de la familia *Asteraceae* a la que pertenece *BO* son capaces de mitigar las emisiones de metano ruminal (Sheida et al. 2022). Sin embargo, la investigación sobre estas plantas es muy escasa en la nutrición de rumiantes, a pesar de sus propiedades antimicrobianos y antiinflamatorios antiulcerosos e inmunoestimulantes (Olegary y Brandford, 2019).

El objetivo de la presente propuesta fue evaluar un extracto *BO* sobre en la cinética de producción de gas *in vitro*, metanogénesis e índices de impacto ambiental a partir de dietas e inóculo de bovinos, con el fin de generar una nueva alternativa ecológica que posibilite disminuir las emisiones de metano de los rumiantes y mejorar la eficiencia productiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

Extracto de *Bidens odorata*. Se recolectaron muestras de la parte aérea de *BO* (flor, hojas y tallo) en Tezoyuca, Estado de México y un ejemplar se depositó en el herbario del Departamento de Zootecnia de la UACH como especie de consulta. Las plantas se deshidrataron en una estufa de secado a 60°C, se molieron y cribaron (2 mm). El extracto de *BO* se realizó colocando 12.5 g de muestra en un matraz balón de 1 L, a reflujo constante con 750 mL de cloroformo a una temperatura de 50°C durante 30 minutos, posterior a esto, el extracto se filtró con membranas de nylon de 0.45 µm, el filtrado se colocó en un rotavapor para eliminar el cloroformo y este se recuperó con 15 mL etanol grado HPLC al 50%.

Cinética de la producción de gas de fermentación *in vitro*. La cinética de producción de gas *in vitro* se realizó siguiendo la metodología de Ábrego-García et al. (2024). El sustrato (dieta experimental) fue una dieta relación forraje: concentrado de 30:70. Esta se deshidrató a 55°C por 24 h, molió y cribó a un tamaño de partícula de 1 mm. El inóculo ruminal se obtuvo de dos bovinos raza Holstein canalados y fistulados en rumen, alojados en el Colegio de postgraduados, campus Montecillos, de alrededor 750 kg de peso vivo, alimentados con una dieta proporción de forraje: concentrado 60:40 (16 % de proteína y 2.7 Mcal de Energía Metabolizable). El fluido ruminal se filtró a través de cuatros capas de gasa y fue utilizado en un tiempo 2 h posterior a su extracción.

Se utilizaron botellas serológicas (biodigestores) color ámbar de 125 mL, se colocaron 0.5 g de MS de sustrato, 10 mL de fluido ruminal, 70 mL de la solución mineral (Ábrego-García et al. 2024) bajo flujo de CO₂ y se adicionaron los tratamientos del extracto de *BO*: 0, 0.2, 0.4 y 0.6 mL/0.5 g MS incubada.

Los frascos fueron tapados herméticamente con un tapón de goma y aro de

aluminio, e incubados en baño María a 39 °C. Posteriormente, se midió la presión generada por el gas de fermentación, con manómetro de 0.0 a 1.0 kg/cm² de capacidad a las 0, 2, 4, 6, 8, 10, 14, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 60 y 72 h de incubación. Las unidades de presión se transformaron en volumen de gas con base en las recomendaciones de Miranda-Romero et al., (2020) y se utilizaron para estimar el volumen máximo (mV, mL/g), la fase de retardo (L, mL/h) y la tasa de producción (S, h) de gas con el procedimiento de regresión no lineal (NLIN) del software SAS 9.4 y el siguiente modelo logístico: $V = mV / (1 + e^{[2 - 4 \times S (t - L)]})$ según lo descrito por Pitt et al., (1999) donde V = volumen de gas en el tiempo (t), mV = volumen máximo de gas, S = la tasa GP y L = la duración de la fase de retardo.

Además, se calcularon las fraccionales de gas: fermentación rápida (FFR), media (FFM) y lenta (FFL) en relación con el volumen total de gas a 72 h de incubación (Ábrego-García et al., 2024).

Cuantificación de GEI: Paralelamente, se realizó una prueba in vitro a 24 horas con las mismas condiciones de inóculo, sustrato y tratamientos con BO para determinar la producción de metano, CO₂ e índices de impacto ambiental. El CH₄ se determinó volumétricamente con una jeringa de vidrio (50 mL) a las 6, 12, 18, 24 h de incubación; el volumen de gas colectado se inyectó en un frasco con una solución de hidróxido de potasio (trampa de CO₂). Finalmente, se calculó el IPCG = $[\text{CO}_2 (\text{mL} / \text{g MS}) + \text{CH}_4 (\text{mL} / \text{g MS}) \times 23]$; donde la constante 23 corresponde a los equivalentes de CO₂ para el CH₄ (Paredes 2022).

Diseño experimental: Se usó un diseño experimental completamente al azar, con tratamientos correspondientes a los niveles del extracto de BO (0, 0.2, 0.4 y 0.6 mL/ 0.5 g MS). Los datos se analizaron mediante el procedimiento GLM de SAS. Las diferencias entre medias de tratamientos se determinaron con la prueba de Tukey (P<0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 muestra los parámetros de cinética ruminal. El Vm se redujo significativamente, L presentó un periodo más largo (P<0.05) y S no tuvo cambios significativos cuando se agregó BO a 6 mL/ 0.5 g MS. En cuanto a la producción de

CH₄ se observó que disminuyó 17 % la emisión de metano ($P<0.05$) cuando se adicionó *BO* a 6 mL/ 0.5 g MS. Este efecto puede debe principalmente a su capacidad de *BO* de inhibir enzimas que intervienen en la síntesis de colesterol (Hernández-Sánchez et al., 2018). Cabe señalar, que las arqueas metanogénicas dominantes del rumen (*Methanobrevibacter gottschalkii* y *Methanobrevibacter ruminantium*) (Henderson et al., 2015) sintetizan su membrana vía mevalonato, ruta que utiliza la enzima hidroximetilglutaril-coenzima-A reductasa, misma que se usa para la síntesis de colesterol en seres humanos (Gottlieb et al., 2016).

Cuadro 1. Cinética ruminal de gas *in vitro*, producción de metano y fracciones fermentables.

T*	Parámetros									
	Vm	S	L	CH ₄	CO ₂	IPCG CO ₂ Eeq	FFR	FFM	FFL	FFT
Control	194.6a	0.039a	1.6a	59.5ab	32.0a	1401.6ab	357.4a	804.3ab	3318.8a	4480.5ab
BO2	198.3a	0.041a	1.7a	64.7ab	34.0a	1521.6ab	373.9a	846.4a	3393.8a	4614.0a
BO4	194.1a	0.043ab	1.6a	85.2a	42.3a	2002.2a	378.5a	852.3a	3333.5a	4564.3a
BO6	160.1b	0.046b	3.5b	49.3b	31.3a	1164.8b	220.9b	680.4b	2761.6b	3662.9b

a, b Medias con literales distintas en la misma columna son diferentes ($p<0.05$). T*= Tratamientos experimentales. Vm= mL /g MS, S= mL/ h, L= /h. CH₄= mL/ g MS, CO₂= mL/ g MS, IPCG= CO₂Eeq, FFR= mg/ g MS, FFM= mg/ g MS, FFL= mg/ g MS, FFT= mg/ g MS. BO2= 0.2 mL BO/ 0.5 g MS incubada. BO4= 0.4 mL BO/ 0.5 g MS incubada. BO6= 0.6 mL BO/ 0.5 g MS incubada.

Con respecto a las fracciones fermentables se demostró una mayor proporción de degradación correspondiente a carbohidratos estructurales, seguido de los carbohidratos de reserva y en menor proporción, carbohidratos solubles (Cuadro 1). Dentro de estas variables, *BO* a 6 mL/ 0.5 g MS disminuyó significativamente los mg/ g MS incubada con respecto al resto de los tratamientos.

En general, la producción de gas disminuyó al adicionar el tratamiento *BO* a 6 mL/ 0.5 g MS (Figura 1), tomando como consideración que el sustrato utilizado favorece la fermentación propiónica (menor volumen de gas) que aquellos que promueven la fermentación acética o butírica (Rivera et al., 2015), se puede sugerir que el modo

se acción del extracto de *BO* se apega a este principio, favoreciendo que las bacterias utilicen la vía de fermentación propiónica.

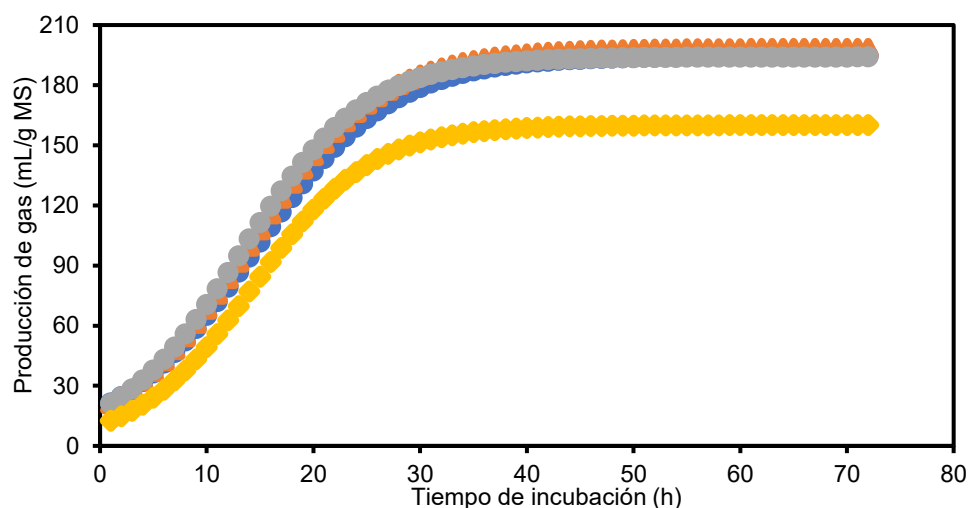


Figura 1. Cinética de producción de gas *in vitro*. Círculos color azul= control; triángulos color naranja= tratamiento *BO* 0.2 mL; círculos color gris= tratamiento *BO* 0.4 mL; rombos color amarillo= tratamiento *BO* 0.6 mL.

CONCLUSIONES

El extracto de *BO* tuvo un efecto anti metanogénico a partir de la dosis mayor utilizada. Se sugiere continuar con experimentaciones de esta índole, tomando como punto de partida la aplicación de la dosis máxima de este experimento. Asimismo, se sugiere evaluar la variable digestibilidad para deducir su correlación con la emisión de GEI.

LITERATURA CITADA

- Ábrego-García A., Medina-Mendoza G.G., Miranda-Romero L.A. (2024). The anti-methanogenic activity of lovastatin in batch cultures using rumen inoculum from sheep, goats, and cows. *Fermentation*. 10, 8: 393.
- INECC (2021). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero. <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero> (consultado el 23 de octubre de 2024).

- De Haas Y., Windig J.J., Calus M.P.L., Dijkstra J., de Haan M., Bannink A., Veerkamp R.F. (2011). Parámetros genéticos para la predicción de la producción de metano y el potencial para reducir las emisiones entéricas a través de la selección genómica. *J. Dairy Sci.*, 94, págs. 6122-6134. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4439>.
- Gottlieb, K., Wachter, V., Sliman, J., & Pimentel, M. (2016). Inhibition of methanogenic archaea by statins as a targeted management strategy for constipation and related disorders. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 43(2), 197-212.
- Hernández-Sánchez, K. M., Garduño-Siciliano, L., Luna-Herrera, J., Zepeda-Vallejo, L. G., Lagunas-Rivera, S., García-Gutiérrez, G. E., & Vargas-Díaz, M. E. (2018). Antimycobacterial and hypolipemiant activities of *Bidens odorata* (Cavanilles). *Journal of ethnopharmacology*, 222, 159-164.
- Henderson, G., Cox, F., Ganesh, S., Jonker, A., Young, W., & Janssen, P. H. (2015). Rumen microbial community composition varies with diet and host, but a core microbiome is found across a wide geographical range. *Scientific reports*, 5(1), 14567.
- Ku-Vera, J. C., Jiménez-Ocampo, R., Valencia-Salazar, S. S., Montoya-Flores, M. D., Molina-Botero, I. C., Arango, J., Solorio-Sánchez, F. J. (2020). Role of secondary plant metabolites on enteric methane mitigation in ruminants. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 584.
- McAllister, T. A., Meale, S. J., Valle, E., Guan, L. L., Zhou, M., Kelly, W. J., ... y Janssen, P. H. (2015). Simposio sobre nutrición de rumiantes: uso de la genómica y la transcriptómica para identificar estrategias para reducir la metanogénesis ruminal. *Revista de ciencia animal*, 93(4), 1431-1449.
- Meléndez-Camargo, M. E., Berdeja, B., & Miranda, G. (2004). Diuretic effect of the aqueous extract of *Bidens odorata* in the rat. *Journal of Ethnopharmacology*, 95(2-3), 363-366. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.08.005>
- Miranda-Romero LA., Tirado-González DN., Tirado-Estrada G., Améndola-Massiotti R., Sandoval-González L., Ramírez-Valverde R., Salem AZ. (2020). Quantifying non-fibrous carbohydrates, acid detergent fiber and cellulose of

- forage through an in vitro gas production technique. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 100: 3099-3110.
- Olvera, G. C., Zavala, D., & Inungaray, M. L. C. (2017). Análisis fitoquímico: Una herramienta para develar el potencial biológico y farmacológico de las plantas. *Tlatemoani: Revista Académica de Investigación*, 8(24), 71-86.
- Paredes KPT (2022) Contribución de las emisiones de gas metano producidas por el ganado bovino al cambio climático. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*. 5: 215. DOI: 10.46380/rias.v5.e215.
- Pitt, R.E.; Cruz, T.L.; Pell, A.N.; Schofield, P.; Doane, P.H. (1999). Uso de modelos de producción de gas *in vitro* en cinética ruminal. *Matemáticas. Biosci.* 159, 145–163. [Google Académico] [Referencia cruzada] [PubMed].
- Rivera, J. E., Molina, C. I., Donney, G., Villegas, G., Chará, J., & Barahona, R. (2015). Dinámica de fermentación y producción de metano en dietas de sistemas silvopastoriles intensivos con *L. leucocephala* y sistemas convencionales orientados a la producción de leche. *Investigación Ganadera para el Desarrollo Rural*, 27(4).
- Sheida, E. V., Ryazanov, V. A., Denisenko, K. S., & Shoshina, O. V. (2022). Changes in the concentration of methane in the ecosystem in vitro against the background of Asteraceae family plants biomass. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 42, p. 01015). EDP Sciences.
- Uzal, FA (2023). Enfermedades digestivas de bovinos en engorde a corral. ISSN 1688-6674. Páginas 56-58. Recuperado de: [El-manejo-nutricional-durante-los-primeros-21-dias-postparto-afecta-la-metabolomica-endometrial-al-final-del-periodo-de-espera-voluntario-de-vacas-lecheras.pdf](#).
- Zapata-Morales, J. R., Alonso-Castro, A. J., Domínguez, F., Carranza-Álvarez, C., Isiordia-Espinoza, M., Hernández-Morales, A., & Solorio-Alvarado, C. (2017). The antinociceptive effects of a standardized ethanol extract of the *Bidens odorata* Cav (Asteraceae) leaves are mediated by ATP-sensitive K⁺ channels. *Journal of Ethnopharmacology*. 207, 30-33. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.06.021>

EVALUACIÓN DEL ÁCIDO ACETILSALICÍLICO Y SACAROSA COMO MODULADORES DE LA RESPUESTA FISIOLÓGICA AL ESTRÉS EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L)

Faustino Ramírez Ramírez¹, Humberto Tinoco Villa¹, Jorge Peralta Nava¹, Luis Antonio Gama Moreno¹, María de Jesús Ramírez Ramírez¹, Fabiola Bejarano Rebolledo¹, Osvado Amador Camacho¹, Diana Hernández Monreal¹,

¹Tecnológico Nacional de México Campus Tlajomulco, Jal., Departamento de Ciencias Agropecuarias. Programa Académico de Ingeniería en Agronomía. Cuerpo Académico Ambientes Sustentables. Km. 10 Carretera Tlajomulco-San Miguel Cuyutlán, Cto. Vicente Fernández Gómez, 45640 Tlajomulco de Zúñiga, Jal.Tel (33) 3772-4426 Y 3772-4427-

mail: faustino.rr@tlajomulco.tecnm.mx

RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo de gran importancia a nivel global, enfrentándose a diversas condiciones ambientales adversas que pueden comprometer su productividad. Este estudio investiga el impacto de la aplicación foliar de ácido acetilsalicílico (AAS) y sacarosa como estrategias para mejorar la tolerancia al estrés abiótico en maíz. La investigación se realizó en una parcela agrícola en Vista Hermosa, Michoacán, durante el ciclo agrícola primavera-verano 2024. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con tres tratamientos: T1 (dosis baja: 500 mg de AAS y 100 g de sacarosa), T2 (dosis alta: 1000 mg de AAS y 200 g de sacarosa) y T3 (testigo sin aplicación). Las aplicaciones se realizaron el 30 de agosto de 2024, y se midieron la altura de las plantas en dos momentos para evaluar el efecto del tratamiento. Los resultados preliminares muestran que la aplicación de AAS y sacarosa tiene un efecto positivo en la altura de las plantas, sugiriendo que estos compuestos pueden actuar como moduladores en la respuesta fisiológica del maíz bajo condiciones de estrés. Este trabajo contribuye al desarrollo de nuevas estrategias agronómicas para optimizar el rendimiento del maíz en entornos adversos, promoviendo la sostenibilidad agrícola.

Palabras clave: ácido acetilsalicílico, sacarosa, maíz, estrés abiótico, fisiología vegetal,

ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L.) is a crop of great global importance, facing various adverse environmental conditions that can compromise its productivity. This study investigates the impact of foliar application of acetylsalicylic acid (ASA) and sucrose as strategies to improve abiotic stress tolerance in corn. The research was conducted on an agricultural plot in Vista Hermosa, Michoacán, during the spring-summer agricultural cycle of 2024. A completely randomized block experimental design was used, with three treatments: T1 (low dose: 500 mg of ASA and 100 g of sucrose), T2 (high dose: 1000 mg of ASA and 200 g of sucrose), and T3 (control without application). Applications were made on August 30, 2024, and plant height was measured at two time points to evaluate the treatment effect. Preliminary results show that the application of ASA and sucrose has a positive effect on plant height, suggesting that these compounds may act as modulators in the physiological response of corn under stress conditions. This work contributes to the development of new agronomic strategies to optimize corn yield in adverse environments, promoting agricultural sustainability.

Keywords: *acetylsalicylic acid, sucrose, corn, abiotic stress, plant physiology*

INTRODUCCION

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, con un papel esencial en la alimentación humana y animal, así como en la producción industrial de una amplia gama de productos derivados. Sin embargo, las condiciones ambientales adversas, como el estrés abiótico generado por la sequía, temperaturas extremas o la salinidad del suelo, representan una amenaza significativa para su rendimiento y productividad. Ante estos desafíos, el desarrollo de estrategias que mejoren la tolerancia de las plantas a dichas condiciones es fundamental para asegurar la sostenibilidad de la producción agrícola.

El ácido acetilsalicílico (AAS), un derivado sintético del ácido salicílico ha sido ampliamente estudiado como una molécula señalizadora en plantas, capaz de activar mecanismos de defensa y regular respuestas fisiológicas ante situaciones

de estrés. Su aplicación exógena ha mostrado efectos positivos en la reducción de daños causados por el estrés abiótico, favoreciendo el crecimiento y la productividad de las plantas. Por otro lado, la sacarosa, un carbohidrato clave en el metabolismo vegetal, juega un rol crucial en la señalización celular y en la regulación de procesos fisiológicos, además de proporcionar energía durante los momentos de estrés. La combinación de estas dos moléculas puede ofrecer un enfoque innovador para modular la respuesta de las plantas, mejorando tanto la resistencia al estrés como el desarrollo vegetativo.

Diversos estudios han demostrado que la aplicación foliar de ácido acetilsalicílico y azúcares simples, como la sacarosa, puede influir en la homeostasis de las plantas y en su capacidad para soportar condiciones de estrés. Sin embargo, aún existen limitaciones en cuanto a la comprensión de los mecanismos específicos por los cuales estos compuestos afectan la fisiología del maíz bajo estrés abiótico. En este contexto, se plantea la necesidad de evaluar el efecto conjunto del ácido acetilsalicílico y la sacarosa como moduladores de las respuestas fisiológicas en el cultivo de maíz, con el objetivo de desarrollar estrategias que optimicen su rendimiento en condiciones adversas.

Este estudio tiene como propósito analizar el impacto de la aplicación foliar de ácido acetilsalicílico y sacarosa sobre la respuesta fisiológica del maíz bajo condiciones de estrés, con un enfoque en la regulación de parámetros clave como la fotosíntesis, la transpiración, el balance hídrico y la actividad antioxidante. Los resultados de esta investigación podrían proporcionar conocimientos valiosos sobre nuevas herramientas de manejo agronómico para mejorar la resistencia del maíz a los factores de estrés ambiental, contribuyendo así a la mejora de la producción agrícola en zonas vulnerables a condiciones climáticas extremas. El objetivo fue Evaluar el efecto del ácido acetilsalicílico y la sacarosa aplicados de forma foliar como moduladores de la respuesta fisiológica al estrés abiótico en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), para mejorar la tolerancia a condiciones adversas y optimizar su rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la localidad de El Capulín, municipio de Vista Hermosa, Michoacán, durante el ciclo agrícola primavera-verano 2024, en una parcela de uso agrícola con suelo de textura arcillosa y condiciones de temporal. La parcela se destinó a la siembra directa de maíz sin preparación previa del terreno (“al az”).

Se utilizó semilla de maíz híbrido comercial **CAMALEÓN** (Asgrow®), un híbrido de ciclo corto con un tiempo de maduración de 165 a 175 días. La siembra se realizó el 12 de julio de 2024, utilizando una sembradora de precisión con una separación de 0.75 m entre surcos y una densidad de siembra de 7 semillas por metro lineal.

El diseño experimental consistió en tres tratamientos que implicaron la aplicación de aspirina efervescente como fuente de ácido acetilsalicílico y azúcar de caña como fuente de sacarosa, disueltos en agua. Estos tratamientos fueron comparados con un control sin tratamiento.

- T1 (Dosis baja): 500 mg de aspirina efervescente y 100 g de azúcar disueltos en 15 L de agua.
- T2 (Dosis alta): 1000 mg de aspirina efervescente y 200 g de azúcar disueltos en 15 L de agua.
- T3 (Testigo): Sin aplicación de aspirina ni azúcar (control).

Los tratamientos fueron aplicados el 30 de agosto de 2024 utilizando una aspersora de mochila de 15 L para asegurar la cobertura uniforme de las plantas.

El diseño experimental empleado fue un diseño en bloques completamente al azar (BCA) con tres repeticiones por tratamiento. Cada repetición incluyó 100 plantas dispuestas en dos hileras de 50 plantas cada una. Los tratamientos se asignaron de forma aleatoria dentro de cada bloque, manteniendo una separación de dos hileras sin tratamiento entre las parcelas tratadas para prevenir la contaminación cruzada. La disposición de los tratamientos dentro de los bloques permitió asegurar tanto la aleatorización como el control de la variabilidad del suelo

En este estudio, se evaluaron diversas variables para determinar el impacto de la aplicación foliar de ácido salicílico sobre el crecimiento y desarrollo de las plántulas de trigo. Las variables seleccionadas fueron la altura de la planta, el peso fresco de la raíz y la biomasa fresca total.

Altura de la planta: Se midió en dos momentos clave para evaluar el crecimiento diferencial debido a los tratamientos aplicados. La primera medición se realizó el 30 de agosto de 2024, inmediatamente después de la aplicación de los tratamientos. En este momento, se midió la altura de 10 plantas seleccionadas de forma intercalada en cada repetición. La segunda medición se llevó a cabo el 6 de septiembre de 2024, en la misma planta, para observar el cambio en la altura debido a la influencia del tratamiento.

Las soluciones de ácido acetilsalicílico y sacarosa se prepararon empleando una balanza granataria para medir con precisión las cantidades requeridas de cada compuesto (500 mg o 1000 mg de ácido acetilsalicílico y 100 g o 200 g de sacarosa). Estas soluciones se aplicaron al follaje de las plantas mediante una aspersora de mochila, garantizando una distribución homogénea sobre las hojas

Los datos de altura de las plantas obtenidos en ambas mediciones se analizarán utilizando análisis de varianza (ANOVA) para detectar diferencias significativas entre los tratamientos. Posteriormente, se aplicará una prueba de comparación de medias (Tukey) para identificar qué tratamientos presentaron diferencias significativas en comparación con el control y entre sí.

RESULTADOS DISCUSIÓN

Los resultados del experimento se presentan a continuación, destacando la influencia de los tratamientos de ácido acetilsalicílico y sacarosa sobre la altura de las plantas de maíz (*Zea mays* L.). El análisis de varianza (ANOVA) realizado reveló que el modelo general es estadísticamente significativo ($p = 0.0232$), lo que indica que existen diferencias en la altura de las plantas entre los tratamientos aplicados. En particular, se observó que el efecto de los tratamientos fue altamente significativo

($p = 0.0043$), lo que sugiere que las combinaciones de ácido acetilsalicílico y sacarosa influyeron de manera diferenciada en el crecimiento de las plantas. Por el contrario, el efecto de los bloques no resultó significativo ($p = 0.8440$), lo que implica que la variabilidad entre los bloques no tuvo un impacto relevante en los resultados obtenidos (Cuadro 1). Estos resultados subrayan la importancia de las sustancias aplicadas para modular la respuesta del maíz en condiciones de estrés.

Cuadro 1.- Efecto del ácido acetilsalicílico y sacarosa como moduladores de la respuesta fisiológica al estrés en el cultivo de maíz 1a eval.

Procedimiento ANOVA					
Variable dependiente: altplt					
Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	4	462.911111	115.727778	2.99	0.0232
Error	85	3289.811111	38.703660		
Total corregido	89	3752.722222			

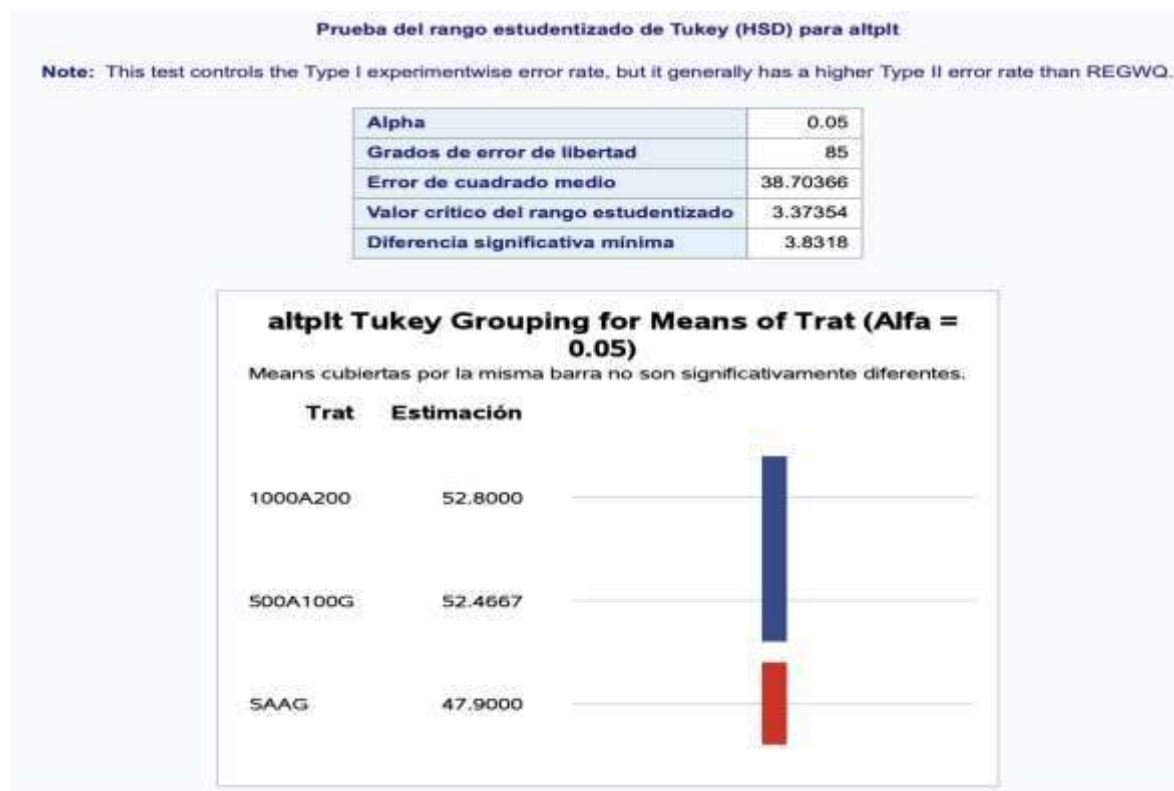
R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de altplt
0.123353	12.18521	6.221227	51.05556

Origen	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Trat	2	449.755556	224.877778	5.81	0.0043
blo	2	13.155556	6.577778	0.17	0.8440

Fuente: SAS® Studio 2024

De la prueba de Tukey para realizar comparaciones múltiples entre las medias de los tratamientos. Los resultados mostraron que las alturas promedio de las plantas tratadas con 1000 mg de ácido acetilsalicílico y 200 g de sacarosa (52.80 cm) y con 500 mg de ácido acetilsalicílico y 100 g de sacarosa (52.47 cm) no presentaron diferencias significativas entre sí. Sin embargo, ambos tratamientos exhibieron alturas significativamente mayores que el tratamiento testigo (sin aplicación), que alcanzó una altura promedio de 47.90 cm (Tabla 2).

Cuadro 2.- Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para altplt 1ª eval.



Fuente: SAS® Studio 2024

Estos hallazgos sugieren que tanto el ácido acetilsalicílico como la sacarosa pueden actuar como promotores del crecimiento en condiciones de estrés, al menos en las concentraciones probadas. La mayor altura de las plantas tratadas en comparación con el testigo refuerza la hipótesis de que la aplicación de estos compuestos puede ser beneficiosa para mejorar la respuesta del maíz al estrés ambiental. En particular, el tratamiento con la dosis más alta de ácido acetilsalicílico y sacarosa parece ser el más efectivo para estimular el crecimiento de las plantas, lo que sugiere que estos moduladores pueden tener un potencial considerable para la mejora de cultivos en condiciones adversas (Grafica 1):

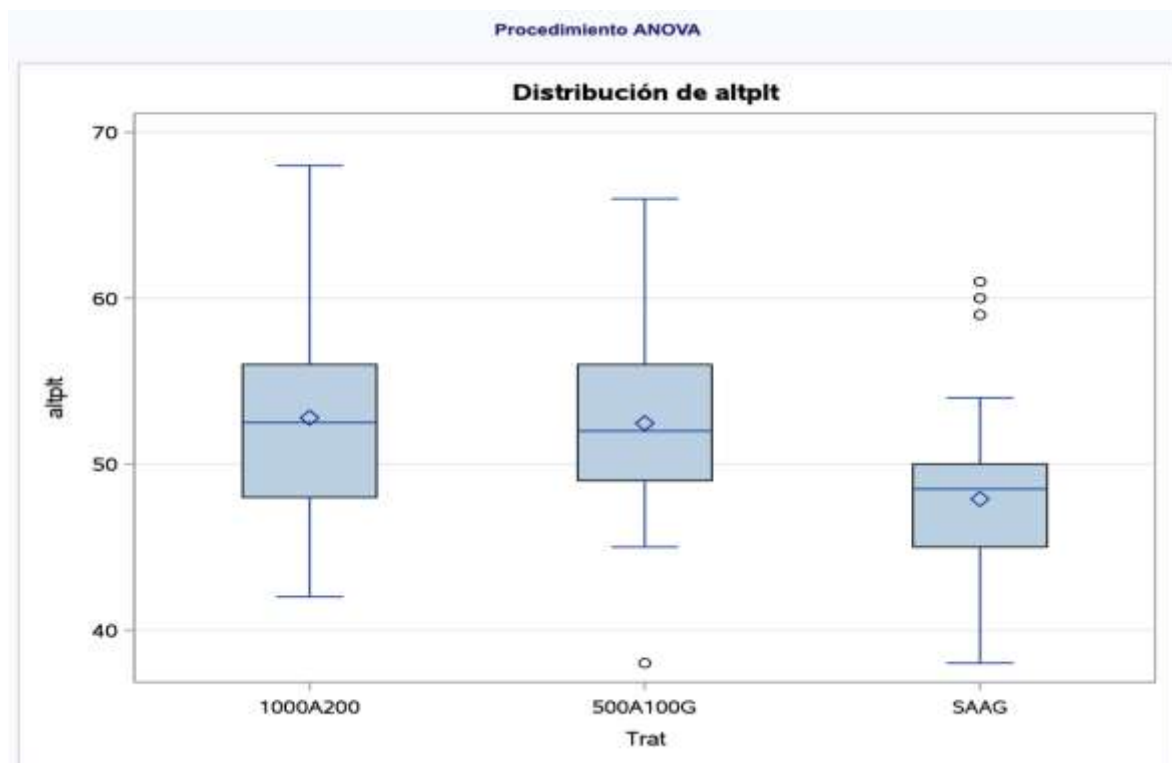


Figura 1.- Distribución de los tratamientos 1ª evaluación. Fuente: SAS® Studio 2024

Los resultados obtenidos resaltan la importancia de explorar el uso de moduladores fisiológicos como el ácido acetilsalicílico y la sacarosa para mejorar la resistencia y el crecimiento del maíz bajo condiciones de estrés, lo que podría tener implicaciones significativas para la agricultura sostenible y la producción alimentaria en contextos desafiantes. Estos hallazgos, junto con las diferencias significativas observadas en la altura de las plántulas, coinciden con los reportados en otras especies como *Glycine max* (Gutiérrez et al., 1998), *Chrysanthemum morifolium* (Villanueva-Couoh et al., 2009), *Lycopersicum esculentum* (Larqué-Saavedra et al., 2010) y *Carica papaya* (Martín-Mex et al., 2012), donde el ácido salicílico favorece el aumento de la altura y la biomasa.

Evaluación del efecto del ácido acetilsalicílico y sacarosa como moduladores de la respuesta fisiológica al estrés en el cultivo de maíz (*Zea mays* L). 2a eval.

En esta segunda evaluación del estudio sobre el efecto del ácido acetilsalicílico y la sacarosa como moduladores de la respuesta fisiológica al estrés en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si los tratamientos aplicados generaban diferencias significativas en la altura de las plantas.

Los resultados del ANOVA indican que el modelo general es significativo ($p = 0.0041$), lo que sugiere que al menos uno de los tratamientos aplicados tiene un efecto sobre la altura de las plantas. En particular, el análisis muestra que el efecto de los tratamientos también es altamente significativo ($p = 0.0003$), indicando que las combinaciones de ácido acetilsalicílico y sacarosa afectan de manera diferente la altura de las plantas. Por otro lado, el efecto de los bloques no fue significativo ($p = 0.8680$), lo que implica que la variabilidad entre bloques no influyó en las diferencias observadas (Cuadro 3).

Cuadro 3.- Efecto del ácido acetilsalicílico y sacarosa como moduladores de la respuesta fisiológica al estrés en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). 2a eval.

Procedimiento ANOVA					
Variable dependiente: altpit					
Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	5	1137.283333	227.456667	3.93	0.0041
Error	54	3121.700000	57.809259		
Total corregido	59	4258.983333			

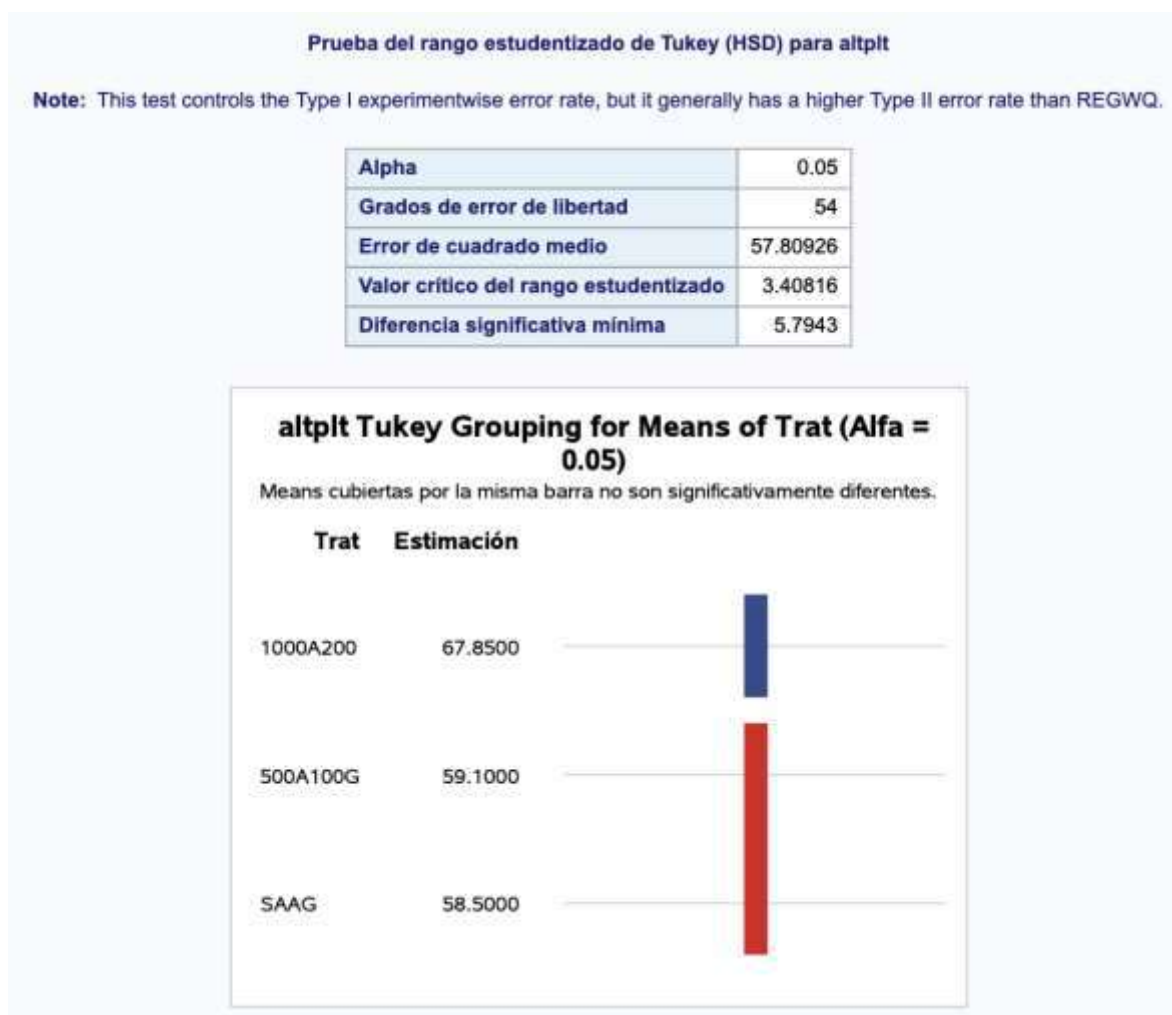
R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de altpit
0.267032	12.29966	7.603240	61.81667

Origen	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Trat	2	1095.633333	547.816667	9.48	0.0003
blo	3	41.650000	13.883333	0.24	0.8680

Fuente: SAS® Studio 2024

Al aplicar la prueba de Tukey para realizar comparaciones múltiples entre las medias de los tratamientos, se obtuvieron los siguientes promedios de altura: el tratamiento con 1000 mg de ácido acetilsalicílico y 200 g de sacarosa alcanzó una altura promedio de 67.85 cm, mientras que el tratamiento con 500 mg de ácido acetilsalicílico y 100 g de sacarosa mostró una altura promedio de 59.10 cm. El tratamiento testigo (sin aplicación) presentó una altura promedio de 58.50 cm. Las diferencias entre el tratamiento con 1000 mg de ácido acetilsalicílico y 200 g de sacarosa y los otros dos tratamientos fueron significativas, ya que superaron la diferencia mínima significativa de 5.7943 cm (Tabla 4).

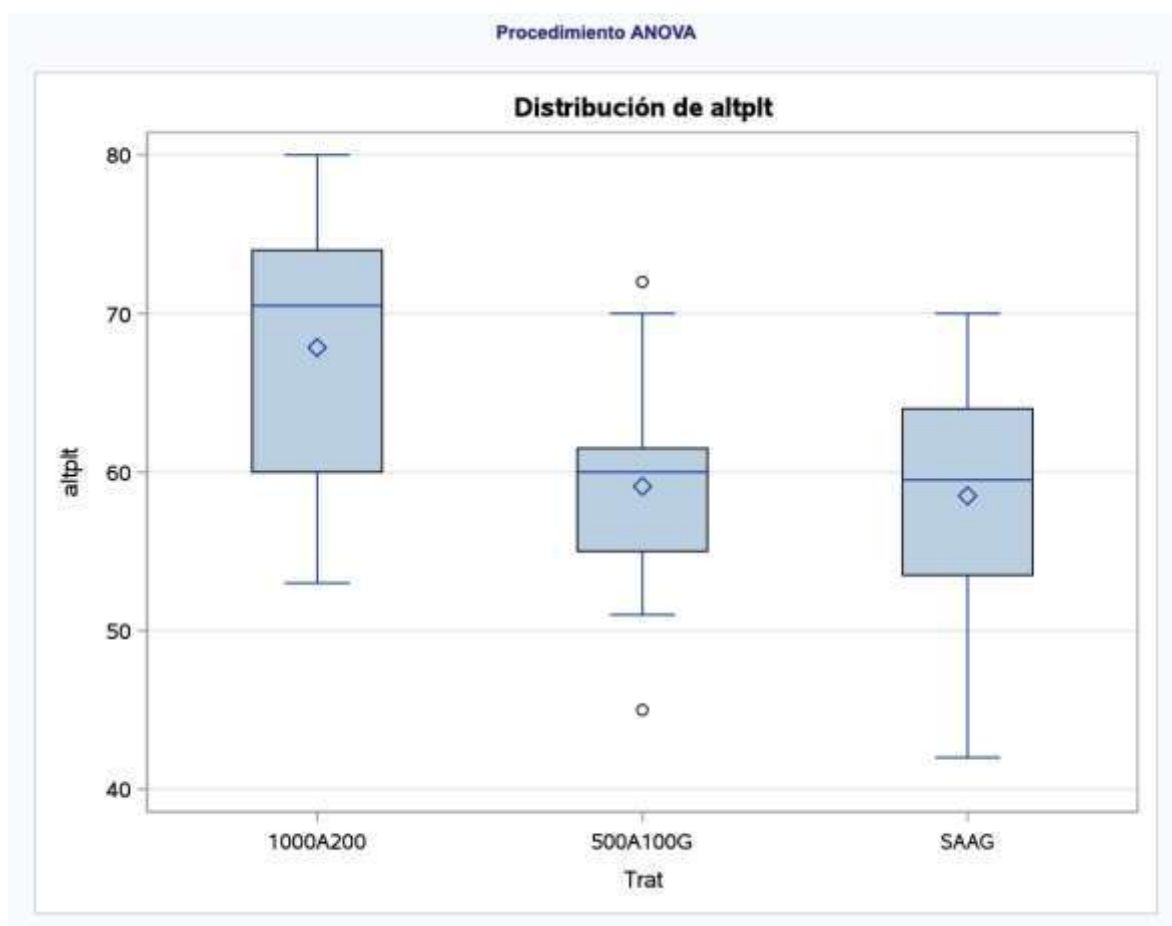
Cuadro 4.- Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para altplt 2ª eval.



Fuente: SAS® Studio 2024

Estos resultados corroboran la hipótesis de que el ácido acetilsalicílico y la sacarosa tienen un efecto positivo en el crecimiento de las plantas de maíz bajo condiciones de estrés. En particular, el tratamiento con la dosis más alta de ácido acetilsalicílico y sacarosa no solo resultó en la mayor altura promedio, sino que también destacó como el más efectivo para promover el crecimiento en comparación con los otros tratamientos evaluados (Grafica 2)

Figura 2.- Distribución de los tratamientos 2ª evaluación.



Fuente: SAS® Studio 2024

La interpretación de estos resultados sugiere que la aplicación de ácido acetilsalicílico y sacarosa podría ser una estrategia efectiva para mejorar la resistencia del maíz al estrés, promoviendo su crecimiento y desarrollo en condiciones adversas. Estos hallazgos son relevantes para el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles y la mejora de cultivos, y justifican la continuación de la investigación en este ámbito para evaluar el impacto de estas sustancias en diferentes condiciones de estrés y en otros parámetros fisiológicos y agronómicos del maíz. En estudios previos realizados con trigo, Singh y Usha (2003) reportaron un aumento en el contenido de clorofila y en la actividad de la Rubisco, mientras que El Tayeb y Ahmed (2010) señalaron un incremento en los niveles de azúcar y proteínas en plántulas expuestas a estrés. Hayat et al. (2005) encontraron que la actividad de las enzimas nitrato reductasa y anhidrasa carbónica se incrementaba cuando las semillas eran sumergidas en soluciones de 100 μ M de ácido salicílico (AS). En maíz, Khodary (2004) observó un aumento en la actividad fotosintética cuando las plantas fueron asperjadas con 10 mM de AS. Estos procesos, estrechamente relacionados con la formación de materia seca (Galston, 1967), podrían haber influido en los resultados obtenidos en el presente estudio.

La eficiencia de los tratamientos evidenciada en ambas evaluaciones (primera y segunda) demuestra que la aplicación de ácido acetilsalicílico y sacarosa tiene un efecto significativo en la altura de las plantas de maíz. En particular, el tratamiento que combinó 1000 mg de ácido acetilsalicílico y 200 g de sacarosa mostró el mayor incremento en altura, lo que indica que esta combinación puede ser particularmente efectiva para mejorar el crecimiento bajo condiciones de estrés.

Los análisis de varianza (ANOVA) realizados demuestran que los tratamientos aplicados influyeron de manera significativa en la variable dependiente (altura de las plantas). La significatividad del modelo y de los tratamientos sugiere que las intervenciones realizadas son válidas y que las diferencias observadas en las alturas de las plantas no se deben al azar, sino a los efectos reales de las aplicaciones de ácido acetilsalicílico y sacarosa.

La no significatividad del efecto de los bloques indica que las variaciones ambientales o de manejo dentro de los bloques no afectaron de manera sustancial los resultados, lo que fortalece la validez de los hallazgos al sugerir que los tratamientos fueron consistentes en diferentes condiciones.

La identificación de ácido acetilsalicílico y sacarosa como moduladores de la respuesta fisiológica al estrés ofrece una oportunidad valiosa para los productores de maíz. Estas sustancias pueden ser incorporadas en estrategias de manejo agronómico para mitigar los efectos negativos del estrés ambiental, como la sequía o las temperaturas extremas, mejorando así la productividad del cultivo.

Este estudio establece una base sólida para futuras investigaciones sobre el uso de reguladores del crecimiento y azúcares en la agricultura. Se sugiere que se realicen estudios adicionales que exploren el impacto de diferentes concentraciones de ácido acetilsalicílico y sacarosa en otros parámetros fisiológicos y agronómicos, como el rendimiento, la calidad del grano y la resistencia a enfermedades.

Los resultados contribuyen al cuerpo de conocimiento sobre el manejo del estrés en cultivos, proporcionando evidencia científica sobre el potencial uso de compuestos como el ácido acetilsalicílico y la sacarosa para optimizar el crecimiento y la salud de las plantas.

A los agricultores y técnicos agrícolas se les recomienda considerar la aplicación de ácido acetilsalicílico y sacarosa como parte de un enfoque integrado para la gestión del estrés en el maíz, asegurando el uso adecuado de dosis y condiciones de aplicación para maximizar los beneficios observados en este estudio.

LITERATURA CITADA

Alvim, P. 1960. Net assimilation rate and growth behavior of beans as affected by giberellic acid urea and sugar sprays. *Plant Physiol.* 35: 285-288.

- Arzani, K., and H. Hokmabadi. 2002. Effects of some carbohydrates on qualitative and quantitative traits of pistachio nuts cv. Kalleh-Ghoochi. *Acta Hort.* 594: 291-295.
- El Tayeb, M. A. and N. L. Ahmed. 2010. Response of wheat cultivars to drought and Salicylic acid. *Am. Euras. J. Agron.* 3: 1-7.
- Galston, A. W. 1967. *La vida de las plantas verdes*. UTEMA. México, D. F.
- Villanueva-Couoh, E., G. Alcántar-González, P. Sánchez-García, M. Soria-Fregoso y A. Larqué Saavedra. 2009. Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfóxido en la floración de *Chrysanthemum morifolium* (Ramat) Kitamura en Yucatán. *Rev. Chapingo Serie Hortic.* 15: 25-31.
- Elwan, M. W. M. and M. A. M. El-Hamahmy. 2009. Improved productivity and quality associated with salicylic acid application in greenhouse pepper. *Sci. Hortic.* 122: 521-526.
- Fahad, S. and A. Bano. 2012. Effect of salicylic acid on physiological and biochemical characterization of maize grown in saline area. *Pak. J. Bot.* 44: 1433-1438.
- Fariduddin, Q., S. Hayat, and A. Ahmad. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity, and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica* 41: 281-284.
- Gunes, A., A. Inal, M. Alpaslan, F. Eraslan, E. G. Bagci, and N. Cicek. 2007. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *J. Plant Physiol.* 164: 728-736.
- Gutiérrez-Coronado, M. A., C. Trejo-López, and A. Larqué-Saavedra. 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiol. Biochem.* 36: 563-565.

- Hayat, Q., S. Hayat, M. Irfan, and A. Ahmad. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environ. Exp. Bot.* 68: 14-25.
- Hayat, S., Q. Fariduddin, B. Ali, and A. Ahmad. 2005. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. *Acta Agron. Hungarica* 53: 433-437.
- Iglesias, D. J., F. R. Tadeo, F. Legaz, E. Primo-Millo, and M. Talon. 2001. In vivo sucrose stimulation of colour change in citrus fruit epicarps: Interactions between nutritional and hormonal signals. *Physiol. Plant.* 112: 244-250.
- Khodary, S. E. A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. *Int. J. Agri. Biol.* 6: 5-8.
- Larqué-Saavedra, A., and R. Martín-Mex. 2007. Effects of salicylic acid on the bioproductivity of plants. In S. Hayat and A. Ahmad (Eds.), *Salicylic acid, a plant hormone* (pp. 15-23). Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Larqué-Saavedra, A., R. Martín-Mex, A. Nexticapán-Garcés, S. Vergara-Yoisura, and M. Gutiérrez-Rendón. 2010. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Rev. Chapingo Serie Hortic.* 16: 183-187.
- Martignone, R. A., and F. Nakayama. 1983. Fertilización foliar con urea y sacarosa en soya. *Phyton* 43: 167-178.
- Martín-Mex, R., A. Nexticapán-Garcés, and A. Larqué-Saavedra. 2013. Potential benefits of salicylic acid in food production. In S. Hayat, A. Ahmad, and M. N. Alyemeni (Eds.), *Salicylic acid* (pp. 299-313). Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Martín-Mex, R., A. Nexticapán-Garcés, R. Herrera-Tuz, S. Vergara-Yoisura, and A. Larqué-Saavedra. 2012. Efecto positivo de aplicaciones de ácido salicílico en

- la productividad de papaya (*Carica papaya*). *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 18: 1637-1643.
- Martín-Mex, R., S. Vergara-Yoisura, A. Nexticapán-Garcés, and A. Larqué-Saavedra. 2010. Application of low concentrations of salicylic acid increases the number of flowers in *Petunia hybrida*. *Agrociencia* 44: 773-778.
- Rivas-San Vicente, M., and J. Plasencia. 2011. Salicylic acid beyond defence: Its role in plant growth and development. *J. Exp. Bot.* 62: 3321-3338.
- Sánchez-Chávez, E., R. Barrera-Tovar, E. Muñoz-Márquez, D. L. Ojeda-Barrios, and A. Anchondo-Nájera. 2011. Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional del chile jalapeño. *Rev. Chapingo Serie Hortic.* 17: 63-66.
- SAS. 1999. SAS/STAT User's Guide (Release 8.20). SAS Inst. Inc. Cary, NC, USA. 558 p.
- Schupp, J., and B. Hennion. 1997. The quality of strawberry plants in relation to carbohydrate reserves in roots. *Acta Hort.* 439: 617-621.
- Stapleton, S. C., C. Chandler K., D. Legard E., J. Price E., and J. Sumler C. 2001. Transplant source affects fruiting performance and pests of 'Sweet Charlie' strawberry in Florida. *HorTechnology* 11: 61-65.
- Villegas, T. O. G., M. de las N. Rodríguez M., L. I. Trejo T., and G. Alcántar G. 2001. Potencial de la miel de abeja en la nutrición de plántulas de tomate. *Terra* 19: 97-102.
- Wien, H. C. 1997. Transplanting. In: Wien H. C. (ed). *The Physiology of Vegetable Crops*, CABI publishing. Cambridge, U.K. pp: 73-121.

EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DE PLÁNTULA EN POBLACIONES DE MAÍZ NATIVO PIGMENTADO DE VALLES ALTOS

Juan Estrada-Urbina¹; Amaury Abrego-García²; Ricardo Ernesto Preciado-Ortiz²;
Eloy Canales-Sosa³; José Luis Escobar-Álvarez^{2*}

¹Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad, Producción de Semillas, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. ²INIFAP Campo Experimental Bajío. ³Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Centro de Estudios Profesionales. *Autor de correspondencia: escobar.luis@inifap.gob.mx.

RESUMEN

La siembra de maíz en el estado de Tlaxcala bajo condiciones de temporal contempla una superficie del 99.3 % con poblaciones nativas de maíz blanco; el resto es con maíces pigmentados. El vigor de semilla juega un papel importante para la emergencia y establecimiento del cultivo, y su desarrollo satisfactorio en campo; no obstante, el vigor puede verse afectado por las condiciones ambientales durante en el desarrollo del cultivo. En años recientes se ha empleado una metodología cualitativa para la evaluación en campo del establecimiento, el vigor y la uniformidad plántula, por lo que, el objetivo del presente estudio fue determinar la relación de esta metodología en tres poblaciones de maíz pigmentado (blanco, azul, y amarillo), con la emergencia de plántulas, altura de planta y producción de biomasa, así como la estimación de los índices de vigor en campo. Se evaluó el porcentaje de emergencia, altura de planta, producción de biomasa y, con estos resultados, se calificó el establecimiento de plántula, uniformidad de plántula, y vigor de plántula en campo, por medio de una escala del 1 al 5 (donde: 1 = Muy alto y 5 = Muy bajo) para el cálculo de los índices de vigor I y II. Se encontró que en etapa de plántula la población de maíz blanco presentó la mayor altura de planta, producción biomasa, e índices de vigor I y II; la población de grano azul mostró los valores más bajo. La altura de planta mostró una estrecha asociación con la producción de biomasa y los índices de vigor I y II. Por otra parte, en la población

de maíz blanco las variables de establecimiento y uniformidad se asociaron con el vigor.

Palabras clave: *Escala cualitativa, calidad de plántula, maíces nativos, vigor de plántula.*

ABSTRACT

Maize production in Tlaxcala state during the rain-fed season represents 99.3% of the area with white-grain native populations; the remaining percentage corresponds to colored maize. Seed vigor plays an important role for the emergence and establishment of crops, and its performance in field. However, the vigor can be affected during the growth of the crop due to the environmental conditions. In recent years, it has been used a qualitative methodology to evaluate field establishment, seedling vigor and uniformity, so, the aim of this study was to determine the relationship of the methodology above mentioned for three maize colored populations (white, blue, and yellow), with the seedling emergence, plant height and biomass production, as well as the estimation of the field vigor indices. It was evaluated the emergence percentage, plant height, and biomass production, so with these results, the seedling establishment, seedling uniformity, and seedling vigor in field were qualified to calculate the vigor index I and II through a scale from 1 to 5 (where: 1 = Very high, and 5 = Very low). It was found that during the seedling growth stage the population of white grain had the best plant height, biomass production, and vigor indices I and II; the blue one showed the lowest values. The plant height was closely correlated with the biomass production and with the vigor indices I and II. On the other hand, the establishment and uniformity were associated with the vigor in the white maize population.

Keywords: *Native corn, qualitative scale, seedling quality, seedling vigor.*

INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cultivos más importantes en México por sus múltiples diferentes usos en el ámbito culinario. En el estado de Tlaxcala este cultivo se siembra mayormente en el ciclo de temporal, lo que trae como consecuencia una

variación en la emergencia, un bajo establecimiento de plántulas, así como una falta de uniformidad en la floración y desarrollo de grano; en consecuencia, estos factores derivan en un menor rendimiento (Pérez de la Cerda *et al.*, 2007). Para determinar la calidad de la plántula se consideran los caracteres morfológicos los cuales son los más utilizados debido a la facilidad de su evaluación; entre ellos destacan la altura del tallo y la producción de biomasa, que permiten estimar los índices de vigor I y II (Cervantes-Ortiz *et al.*, 2007). La calidad de la planta es importante durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo de maíz, en virtud de que con ello es posible asegurar un óptimo desarrollo inicial y establecimiento en campo; estas características, aunado a la emergencia de plántula, están relacionados con aspectos genéticos y agronómicos (Pérez de la Cerda *et al.*, 2007). La emergencia y el establecimiento de plántula están influenciados por condiciones ambientales, como: temperatura, humedad del suelo, calidad fisiológica, y calidad genética de la semilla (Guaman-Guaman *et al.*, 2020). Para facilitar la evaluación en campo, se ha considerado calificar las plántulas durante las primeras etapas de desarrollo por medio de parámetros que incluyan el establecimiento, la uniformidad y el vigor, con una escala nominal (categórica) para determinar su asociación con el porcentaje de germinación, altura de plántula y producción de biomasa, toda vez que se ha demostrado que estas características presentan una fuerte asociación positiva con el vigor (Cervantes-Ortiz *et al.*, 2007).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en una parcela de una productora cooperante en la localidad del Progreso, Santa Cruz, Tlaxcala México (19° 21' 05" N y 98° 08' 07" O, a 2350 m.s.n.m). El clima de la localidad es templado sub-húmedo, con temperatura promedio y precipitación media anual de 26 °C y 1022 mm, respectivamente. Se efectuó una siembra manual con humedad residual en el ciclo de temporal PV-2024. Cada parcela experimental constó de tres surcos de 5 m de largo por 0.8 m de ancho y una distancia entre planta de 40 cm. Se utilizaron tres poblaciones de maíces pigmentados: Blanco, Azul y Amarillo, en un diseño experimental en bloques completos al azar con tres tratamientos. Las variables evaluadas fueron:

emergencia de plántulas (PE, %), altura de planta (ALT, cm), producción de biomasa (BIOM, g planta⁻¹); adicionalmente y posterior a los 20 días después de la emergencia, se calificó el establecimiento (EST), uniformidad (UNI) y vigor (VIG) de plántula en campo, mediante una escala nominal del 1 al 5, donde: 1 = Muy alto, 2 = Alto, 3 = Medio, 4 = Bajo y 5 = Muy bajo. Los índices de vigor I y II fueron estimados mediante el producto del porcentaje de germinación con la longitud (IV-I) y el peso seco de la plántula (IV-II), respectivamente (Kharb *et al.*, 1994). Los datos expresados en porcentaje se transformaron con la raíz cuadrada del arcoseno y posteriormente, se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y en las fuentes de variación en que se presentó significancia estadística al 5% se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$). Además, se realizó un análisis de correlación de Pearson ($\alpha = 0.05$) para determinar la asociación entre las variables. Todos los datos fueron analizados con el paquete estadístico SAS v.9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del ANOVA (Cuadro 1) muestran los cuadrados medios para las variables evaluadas; no se detectaron diferencias significativas ($p > 0.05$) para PE y para las calificaciones de EST, UNI, y VIG. No obstante, para ALT, BIOM, así como IV-I e IV-II las diferencias fueron estadísticamente significativas al 5% ($p < 0.05$).

Cuadro 1. Cuadrados medios para las variables en plántula a los 20 días después de la emergencia, en tres poblaciones de maíces pigmentados.

FV	GL	PE	ALT	BIOM	EST	UNI	VIG	IV-I	IV-II
Trat	2	13.321 ^{ns}	158.934 [*]	1.143 [*]	0.821 ^{ns}	0.654 ^{ns}	0.724 ^{ns}	1269140.5 [*]	4837.3 [*]
Error	6	5.235	13.694	0.078	2.031	1.726	0.694	127221.5	316.7
CV		2.5	10.9	9.7	19.7	15.1	10.5	11.6	17.3

FV = fuente de variación; GL = grados de libertad; Trat = tratamiento; CV = coeficiente de variación; PE = emergencia (%); ALT = altura (cm); BIOM = biomasa (g planta⁻¹); EST = establecimiento; UNI = uniformidad; VIG = vigor; IV-I = índice de vigor I; IV-II = índice de vigor II. * = $p < 0.05$; ns = no significativo ($p > 0.05$).

Los valores del Cuadro 2 demuestran que la población de maíz blanco presentó los valores más altos en ALT, BIOM, así como IV-I e IV-II; por otra parte, en la población

de maíz azul se registró la menor respuesta en etapa de plántula, con excepción del PE el cual fue estadísticamente igual ($p > 0.05$) al del maíz blanco. Con Respecto al EST), UNI, y VIG, las diferencias no fueron significativas ($p > 0.05$) para las tres poblaciones estudiadas.

Cuadro 2. Valores medios de las variables evaluadas en etapa de plántula, para tres poblaciones de maíz de grano pigmentado de Valles Altos

Trat	PE	ALT	BIOM	EST	UNI	VIG	IV-I	IV-II
Blanco	91.1 ^a	40.9 ^a	3.4 ^a	1.6 ^a	2.3 ^a	2.0 ^a	3725.9 ^a	308.7 ^a
Azul	91.7 ^a	26.4 ^b	2.2 ^b	1.9 ^a	2.6 ^a	2.1 ^a	2424.5 ^b	205.3 ^b
Amarillo	87.8 ^a	34.7 ^{ab}	3.1 ^a	1.4 ^a	2.1 ^a	1.7 ^a	3050.3 ^{ab}	275.6 ^a
DMSH	5.7	9.2	0.7	3.5	3.2	2.0	893.5	44.5

Trat = Tratamiento; PE = emergencia (%); ALT = altura (cm); BIOM = biomasa (g planta^{-1}); EST = establecimiento; UNI = uniformidad; VIG = vigor; IV-I = índice de vigor I; IV-II = índice de vigor II. Medias con diferente letra en cada columna son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de medias *post hoc* de Tukey ($p < 0.05$). DMSH = Diferencia Mínima Significativa Honesta de acuerdo con la prueba de medias de Tukey

Hay reportes que indican que en etapas tempranas del desarrollo de maíz para poblaciones progenitoras, cruza adicionales e híbridos, los valores de PE y ALT fluctuaron en el orden de 66.2 - 92.9% y 24.8 – 27.7 cm (Esquivel-Esquivel *et al.*, 2009). El peso seco de mesocótilo, longitud de mesocótilo, y longitud de coleóptilo, influyen en el establecimiento en campo y, como consecuencia, promueven un mayor rendimiento de grano en las regiones donde siembra de maíz se realiza con humedad residual (Pérez de la Cerda *et al.*, 2007).

En el Cuadro 3 se muestran los resultados del análisis de correlación de Pearson. Es posible observar que la ALT se correlacionó positivamente con la BIOM ($r = 0.867$) y los IV-I e IV-II ($r = 0.991$, y $r = 0.978$, respectivamente); mientras que, el VIG mostró asociación con la EST ($r = 0.778$) y la UNI ($r = 0.877$). También se detectó una correlación positiva entre el IV-I y el IV-II ($r = 0.965$). Al respecto, Parihar *et al.* (2022), encontraron correlaciones positivas entre la emergencia en campo con la longitud de la plántula, y con las diferentes pruebas de vigor. En el presente

trabajo, el PE presentó una correlación positiva con la UNI y el VIG; sin embargo, la correlación fue no significativa ($p > 0.05$, Cuadro 3).

Cuadro 3. Coeficientes de correlación de Pearson y significancia entre las variables cuantitativas y cualitativas evaluadas en etapa de plántula en poblaciones de maíz pigmentado de Valles Altos.

	PE	ALT	BIOM	EST	UNI	VIG	IV-I	IV-II
PE	1							
ALT	-0.02714	1						
BIOM	-0.13193	0.86674*	1					
EST	0.06572	-0.49238	-0.51149	1				
UNI	0.31898	-0.3235	-0.47753	0.6533	1			
VIG	0.29544	-0.28282	-0.44706	0.7782*	0.87682*	1		
IV-I	0.10709	0.99072**	0.84483*	-0.46369	-0.27235	-0.22738	1	
IV-II	-0.06365	0.97768**	0.94458**	-0.49075	-0.39599	-0.32363	0.96505**	1

PE = emergencia; ALT = altura (cm); BIOM = biomasa (g planta⁻¹); EST = establecimiento; UNI = uniformidad; VIG = vigor; IV-I = índice de vigor I; IV-II = índice de vigor II. * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$.

La emergencia involucra el establecimiento de plántulas en campo el cual a su vez se encuentra influenciado por las condiciones ambientales, como: la temperatura, el agua, la luz y la profundidad de siembra (Texeira *et al.*, 2021). Es por ello que un bajo porcentaje de emergencia conllevará a un bajo establecimiento en campo (Pérez de la Cerda *et al.*, 2007). Igualmente, resulta importante considerar que la densidad de población y el tamaño de semilla están relacionados con el establecimiento y uniformidad del cultivo (Virgen-Vargas *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

La población de maíz blanco expresó los mejores valores en altura de plántula y producción de biomasa; a su vez, estas variables mostraron una asociación positiva con los índices de vigor I y II. Las tres poblaciones presentaron calificaciones que

fueron de “Muy alto” a “Alto” para las variables de establecimiento, uniformidad, y vigor.

La altura de plántula y producción de biomasa se correlacionaron positivamente con los índices de vigor I y II; asimismo, la calificación de vigor se asoció con el establecimiento y la uniformidad.

Los parámetros de establecimiento, uniformidad y vigor no presentaron correlación con las variables de germinación, altura de plántula, y producción de biomasa, respectivamente.

LITERATURA CITADA

- Cervantes-Ortiz, F., García-De los Santos, G., Carballo-Carballo, A., Bergvinson, D., Crossa, J. L., Mendoza-Elos, M. y Moreno-Martínez, E. (2007). Herencia del vigor de plántula y su relación con caracteres de planta adulta en líneas endogámicas de maíz tropical. *Agrociencia*, 41, 425-433.
- Esquivel-Esquivel, G., Castillo-González, F., Hernández-Casillas, J. M., Santacruz-Varela, A., García-de los Santos, G., Acosta-Gallego J. A. y Ramírez-Hernández, A. (2009). Aptitud combinatoria y heterosis en etapas tempranas del desarrollo del maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 32(4), 311-318. <https://doi.org/10.35196/rfm.2009.4.311>.
- Guamán-Guamán, R. N., Desiderio-Vera, T. J., Villavicencio-Abril, A. F., Ulloa-Cortázar, S. M., Romero-Salguero, E. J. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7(2), 047-056. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196>.
- Kharb, R. P. S., Lather, B. P. S. and Deswal, D. P. (1994). Prediction of field emergence through heritability and genetic advance of vigour parameters. *Seed Science and Technology*, 22(3), 461-466.
- Parihar, A. S., Tiwari, A. P. and Dr. Bajpai, V. P. (2022). Correlation of seed vigour with field emergence in lentil varieties (*Lens culinaris*). *The Pharma Innovation Journal*, 11(9), 2677-2679. <https://doi.org/10.22271/tpi.2022.v11.i9ag.15876>

- Pérez de la Cerda, F. J., Córdova-Téllez, L., Santacruz-Varela, A., Castillo-González, F., Cárdenas-Soriano, E. y Delgado-Alvarado, A. (2007). Relación entre vigor inicial, rendimiento y sus componentes en poblaciones de maíz Chalqueño. *Agricultura Técnica en México*, 33(1), 5-16.
- Teixeira, S. B., Pires, S. N., Ávila, G. E., Silva, B. P. E., Schmitz, V. N., Deuner, C., da Silva Armesto, R., da Silva Moura, D. and Deuner, S. (2021). Application of vigor indexes to evaluate the cold tolerance in rice seeds germination conditioned in plant extract. *Scientific Reports*, 11, 11038. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-90487-x>
- Virgen-Vargas, J., Zepeda-Bautista, R., Ávila-Perches, M. A., Espinosa-Calderón, A., Arellano-Vázquez, J. L. y Gámez-Vázquez, A. J. (2014). Producción de semilla de líneas progenitoras de maíz: densidad de población e interacción. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 323-335. <https://doi.org/10.15517/am.v25i2.15439>.

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE BIOCONTROL DE *Trichoderma spp.*, ANTES Y DESPUÉS DE SER SOMETIDO EN EL MÉTODO DE LIOFILIZACIÓN PARA SU CONSERVACIÓN

María G. Estrada-Hernández¹, Lorena Jacqueline Gómez-Godínez^{2*}, Ramón Ignacio Arteaga-Garibay², José Martín Ruvalcaba-Gómez², Hugo Alberto Zaldívar López²

¹Instituto Tecnológico Nacional de México- La Piedad, ²INIFAP; Centro Nacional de Recursos Genéticos. *Autor para correspondencia: gomez.lorena@inifap.gob.mx. ¹ Estudiante del Instituto Tecnológico Nacional de México- La Piedad, ² Investigadora del INIFAP-CNRG. *Autor para correspondencia: gomez.lorena@inifap.gob.mx

RESUMEN

El control de enfermedades causadas por hongos fitopatógenos es fundamental en la agricultura moderna, patógenos como *Alternaria spp.*, *Cladosporium spp.*, *Colletotrichum spp.*, y *Phytophthora spp.*, pueden reducir considerablemente la productividad y calidad de los cultivos. Para enfrentar este desafío de forma sostenible, se ha popularizado el uso de agentes biocontroladores como *Trichoderma spp.*, conocido por inhibir el crecimiento de diversos patógenos mediante mecanismos como la competencia por nutrientes, la producción de compuestos antifúngicos y la inducción de resistencia en plantas. Sin embargo, la eficacia de *Trichoderma spp.*, varía entre cepas, lo que hace fundamental identificar aquellas con alta actividad antagonista. Este estudio evalúa la capacidad inhibitoria de una cepa de *Trichoderma spp.* (16.4) frente a cinco hongos fitopatógenos (*Alternaria spp.*, *Fusarium spp.*, *Cladosporium spp.*, *Phytophthora spp.*, y *Colletotrichum spp.*) mediante confrontaciones duales en Agar Dextrosa Papa (PDA). Este método permite observar la interacción directa entre los hongos, aportando información clave sobre la eficacia de las cepas antagonistas. Además, el estudio examina el impacto de los métodos de conservación, como la liofilización y la ultracongelación, en la viabilidad y efectividad biocontroladora de *Trichoderma spp.* La comparación de estos métodos es crucial, ya que afectan la estabilidad y

funcionalidad del hongo, asegurando que las cepas mantengan su actividad tras el almacenamiento.

Identificar las condiciones óptimas de conservación ayuda a seleccionar cepas adaptadas para programas de manejo integrado de plagas, promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles. Al conservar la viabilidad y efectividad de *Trichoderma spp.*, se reduce la dependencia de fungicidas químicos y se fomenta el uso de agentes de control biológico, beneficiando tanto a los agricultores como al medio ambiente.

Palabras clave: *Trichoderma*, Liofilización, Conservación

ABSTRACT

The control of diseases caused by phytopathogenic fungi is essential in modern agriculture, as pathogens like *Alternaria spp.*, *Cladosporium spp.*, *Colletotrichum spp.*, and *Phytophthora spp.* can significantly reduce crop productivity and quality. To address this challenge sustainably, the use of biocontrol agents such as *Trichoderma spp.* has become popular due to its ability to inhibit the growth of various pathogens through mechanisms like nutrient competition, production of antifungal compounds, and induction of resistance in plants. However, the efficacy of *Trichoderma spp.* varies between strains, making it essential to identify those with high antagonistic activity. This study evaluates the inhibitory capacity of one *Trichoderma spp.* strains (16.4) against five phytopathogenic fungi (*Alternaria spp.*, *Fusarium spp.*, *Cladosporium spp.*, *Phytophthora spp.*, and *Colletotrichum spp.*) through dual confrontations on Potato Dextrose Agar (PDA). This method allows direct observation of fungal interactions, providing key insights into the efficacy of antagonistic strains. Additionally, the study examines the impact of preservation methods, such as lyophilization and ultrafreezing, on the viability and biocontrol effectiveness of *Trichoderma spp.* Comparing these methods is crucial, as they affect the stability and functionality of the fungus, ensuring that the strains retain their activity after storage. Identifying optimal preservation conditions helps in selecting strains adapted for integrated pest management programs, promoting more

sustainable agricultural practices. By preserving the viability and effectiveness of *Trichoderma spp.*, reliance on chemical fungicides is reduced, and the use of biological control agents is encouraged, benefiting both farmers and the environment.

Keywords: *Trichoderma*, lyophilization, conservation, biocontrol, agriculture

INTRODUCCIÓN

El uso de agentes biológicos como *Trichoderma* ofrece una alternativa sostenible y ecológica a los agroquímicos tradicionales para el control de patógenos agrícolas, lo cual es fundamental para reducir el impacto ambiental y los riesgos para la salud humana. Sin embargo, la eficacia de *Trichoderma* como agente de biocontrol depende en gran medida de su conservación, ya que los métodos empleados pueden afectar su viabilidad y actividad. Los resultados obtenidos proporcionan información valiosa para maximizar el uso de *Trichoderma* en la agricultura y promover prácticas de manejo de plagas más eficientes y sostenibles. Identificar técnicas de conservación efectivas, como la ultracongelación y la liofilización, para mejorar la capacidad del hongo para controlar patógenos. Con el objetivo de obtener productos fúngicos de alta calidad, se hace necesario el mantenimiento y conservación de cultivos fúngicos, lo cual tiene primordial importancia para garantizar las características originales de las cepas de producción, de forma que pueda disponerse en el tiempo de un clon del microorganismo, con su estabilidad genética y fenotípica establecidas (Jenkins y Grzywacz, 2003). Al mejorar los métodos de conservación, se puede aumentar la disponibilidad y eficacia de *Trichoderma* como bioplaguicida, ofreciendo a los agricultores una herramienta viable y accesible para reducir el uso de pesticidas químicos, favorecer la salud del suelo y avanzar hacia una producción agrícola más responsable con el medio ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Procedimiento para la elaboración de confrontaciones.

Aislamiento: Se aislaron hongos de *Trichoderma spp.*, (16.4) *Alternaria spp.*, *Cladosporium spp.*, *Fusarium spp.*, *Phytophthora spp* y *Colletotrichum spp.*, recibidas en el CNRG y analizadas en el Laboratorio de Recursos Genéticos Microbianos los cuales habían sido obtenidos de muestras de suelo enfermo de cítricos de Veracruz. en medio PDA y se incubaron a $25-28 \pm 2$ °C en oscuridad durante una semana, para obtener un mayor crecimiento.

Inoculación del hongo fitopatógeno y del hongo antagonista (*Trichoderma spp*): Se cortaron pequeños discos de micelio del hongo fitopatógeno y del antagonista respectivamente, usando un popote esterilizado. Posteriormente, se pasaron los discos de micelio a un tubo de ensayo con 9 ml de Tween 80 al 0.1 % para preparar una suspensión de esporas por cada muestra y ajustar a la concentración requerida (1×10^6 esporas/ml). Y colocar por triplicado, 10 μ l de la suspensión del hongo fitopatógeno en el centro de una placa de Petri con medio de cultivo, e incubar a 25 ± 2 °C en oscuridad durante 24 horas. Transcurridas las 24 horas, se colocó por triplicado 10 μ l de la suspensión en los 4 puntos cardinales de cada placa de Petri posteriormente inoculada con los hongos fitopatógenos y se incubaron a 25 ± 2 °C en oscuridad durante 1 semana. Posteriormente, se prepararon placas por triplicado de control, inoculando solo los hongos fitopatógenos y solo *Trichoderma spp.*, en placas separadas para observar su crecimiento normal sin ser sometidos a la competencia por espacio / nutrientes.

Observación y evaluación de la capacidad antagónica de *Trichoderma spp.*, frente a Hongos fitopatógenos: Se monitorearon diariamente las placas para asegurar la ausencia de contaminación y verificar un desarrollo adecuado de los hongos. Al concluir el periodo de incubación, se evaluó el crecimiento de ambos hongos y se midió la zona de inhibición entre ellos utilizando una regla, con el fin de determinar la eficacia del antagonismo. Para determinar el grado de invasión-destrucción de *Trichoderma spp.* se empleó la escala que determina cualitativa y cuantitativamente la capacidad antagónica que posee el hongo *Trichoderma spp* en invadir y destruir la colonia de los hongos fitopatógenos, utilizando índices o valores que van desde 0-4, considerando como índice 3 una capacidad antagónica satisfactoria para una

cepa de *Trichoderma spp.* La tabla 1 representa la escala de evaluación de la capacidad antagonista de *Trichoderma spp.* sobre los hongos fitopatógenos. (Bell et ál., 1982; Calistru et ál., 1997; Ortiz y Orduz, 2001).

Procedimiento para someter a *trichoderma* al método de liofilización.

Aislamientos y ajuste de la suspensión de esporas: En medio de cultivo Agar Extracto de Malta (EMA) se aisló *Trichoderma spp* (16.4) y se incubó a $25-28 \pm 2^\circ\text{C}$ en oscuridad durante una semana, para obtener suficiente biomasa. Una vez obtenido el crecimiento, se extrajeron las esporas necesarias para preparar una suspensión de esporas por cada muestra y se ajustó a la concentración requerida (1×10^9 esporas/ml).

Preparación de la suspensión con crioprotector: Se prepararon viales diferentes, cada uno con un crioprotector distinto (leche solución al 20%, trehalosa solución al 10% y glicerol solución al 10%). Para posteriormente colocar en los viales 50 % volumen de la suspensión de esporas de *Trichoderma* (500 μl). Previamente ajustada a la concentración requerida (1×10^9 esporas/ml), en cada vial y se mezcló con el 50 % de la solución de crioprotector correspondiente (500 μl). Y se agitó bien cada suspensión para asegurar que el crioprotector se mezcle de manera uniforme con las células de *Trichoderma*.

Congelación previa: Se sometió las suspensiones a una temperatura baja (aproximadamente -80°C) durante al menos 2 horas. Este paso ayuda a proteger la estructura celular antes de la liofilización.

Liofilización: Se transfirieron los viales congelados al liofilizador marca LABCONCO, previamente programado, para iniciar el ciclo de liofilización, que consta de las fases de congelación, secado primario (eliminación de agua en estado sólido) y secado secundario (eliminación de agua residual). Dejando que el liofilizador complete el ciclo de 48 horas.

Almacenamiento: Finalmente se obtuvo un polvo seco de *Trichoderma*, el cual fue almacenado en condiciones de baja humedad y temperatura, para conservar la

viabilidad. Se repitió el mismo procedimiento para la elaboración de confrontaciones post liofilización

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio, se evaluó la capacidad de *Trichoderma* spp. (16.4) para inhibir el crecimiento de cinco agentes fitopatógenos: *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp., *Phytophthora* spp. y *Colletotrichum* spp. Los resultados mostraron diferencias significativas en la eficacia inhibitoria entre las cepas de *Trichoderma* spp. evaluadas.

La cepa 16.4 de *Trichoderma* spp. mostró inhibición considerable del crecimiento en todos los fitopatógenos, con zonas de inhibición promedio de 2.5 cm, respectivamente.

En la Fig. 1 se muestra la inhibición que presentaron la cepa de *Trichoderma* spp., respectivamente con *Fusarium* spp., uno de los géneros más representativos de las 5 cepas de fitopatógenos.

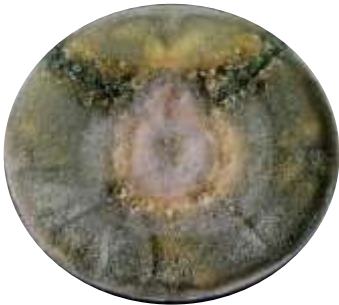
RESULTADOS	Fto p 14.4- Tri 16.4
La cepa 16.4 inhibió significativamente el crecimiento de <i>Fusarium</i> spp. (14.4). <i>Escala de Bell et al. (1982): 2</i> <i>PICR: 81 %</i>	

Figura 1: Inhibición del crecimiento de *Fusarium* spp.

Para conservar *Trichoderma*, se empleó el método de liofilización, utilizando leche, trehalosa y glicerol como crioprotectores. Los resultados indicaron que la leche y la trehalosa fueron los crioprotectores más efectivos para mantener la viabilidad y la capacidad inhibitoria de las cepas. En comparación, el uso de glicerol como crioprotector no presentó resultados tan favorables en la conservación de las propiedades biocontroladoras de *Trichoderma spp.*

Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para el manejo integrado de plagas. La alta eficacia inhibitoria demostrada por la cepa 16.4 sugiere que estas cepas podrían ser candidatas prometedoras para el desarrollo de bioplaguicidas comerciales. La selección de métodos de conservación adecuados, como el uso de leche y trehalosa, es fundamental para garantizar la viabilidad y efectividad de *Trichoderma* como agente biocontrolador en condiciones de campo, ofreciendo una alternativa ecológica y sostenible al uso de agroquímicos.

En las siguientes figuras se muestra la inhibición que presentaron la cepa post liofilización de *Trichoderma spp.*, respectivamente con *Fusarium spp.*, uno de los géneros más representativos de las 5 cepas de fitopatógenos.

RESULTADOS	Fto p 12.2- T1Tri 16.4
La cepa 16.4 inhibió significativamente el crecimiento de <i>Fusarium spp.</i> (14.4). <i>Escala de Bell et al. (1982): 2</i> <i>PICR: 81 %</i>	

Figura 2: Inhibición del crecimiento de *Fusarium spp.* con los *Trichodermas* sometidos a liofilización con leche como crioprotector.

RESULTADOS	Fto p 12.2-T2 Tri 16.4
La cepa 16.4 inhibió significativamente el crecimiento de <i>Fusarium spp.</i> (12.2). <i>Escala de Bell et al. (1982): 2</i> <i>PICR: 81 %</i>	

Figura 3: Inhibición del crecimiento de *Fusarium spp.*, con los *Trichodermas* sometidos a liofilización con trehalosa como crioprotector.

RESULTADOS	Fto p 12.2-T3 Tri 16.4
Ninguna de las cepas de <i>Trichoderma</i> inhibieron el crecimiento de <i>Fusarium spp.</i> (12.2). <i>Escala de Bell et al. (1982): 0</i> <i>PICR: 0%</i>	

Figura 4: Inhibición del crecimiento de *Fusarium spp.*, con los *Trichodermas* sometidos a liofilización con glicerol como crioprotector.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio, confirman que las cepas 37.1 y 16.4 de *Trichoderma spp.* poseen una notable capacidad inhibitoria contra los fitopatógenos *Alternaria spp.*, *Cladosporium spp.*, *Fusarium spp.*, *Phytophthora spp.* y

Colletotrichum spp., lo cual las convierte en prometedoras candidatas para el desarrollo de bioplaguicidas en programas de manejo integrado de plagas. La variabilidad observada en la eficacia inhibitoria entre cepas destaca la importancia de seleccionar cepas específicas con alta actividad antagonista para lograr un control efectivo de patógenos. Asimismo, los resultados de conservación mediante liofilización mostraron que el uso de leche y trehalosa como crioprotectores favorece significativamente la viabilidad y funcionalidad biocontroladora de *Trichoderma spp.* frente al glicerol. Estos hallazgos subrayan la relevancia de optimizar las técnicas de conservación para asegurar la eficacia de *Trichoderma* en condiciones de campo, ofreciendo una solución sostenible y ecológica que puede reducir el uso de fungicidas químicos, beneficiando tanto a los agricultores como al medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue posible gracias al INIFAP; Centro Nacional de Recursos Genéticos

LITERATURA CITADA

- Asad, S. A. (2022). Mechanisms of action and biocontrol potential of *Trichoderma* against fungal plant diseases - A review. *Ecological Complexity*, 49, 100978. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2021.100978>
- Ibma. (2024, mayo 9). El biocontrol como estrategia económica para la agricultura sustentable. *IBMA España*. <https://ibmaspain.es/el-biocontrol-como-estrategia-economica-para-la-agricultura-sustentable/>
- Jaklitsch, W. M., & Voglmayr, H. (2015). Biodiversity of *Trichoderma* (Hypocreaceae) in Southern Europe and Macaronesia. *Studies in Mycology*, 80, 1-87.
- Jenkins, N. E., & Grzywacz, D. (2003). Towards the standardization of quality control of fungal and viral biocontrol agents. En J. C. Morales Ramos, M. G. Rojas, & D. I. Shapiro-Ilan (Eds.), *Quality control and production of biological control agents: Theory and testing procedures* (pp. xx-xx). CAB International.

Zeilinger, S., Gruber, S., Bansal, R., & Mukherjee, P. K. (2016). Secondary metabolism in *Trichoderma* – Chemistry meets genomics. *Fungal Biology Reviews*, 30(2), 74-90.

EVALUACIÓN DEL ESTRÉS LABORAL EN EMPRESAS PEQUEÑAS CON ENFOQUE DE RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL

Israel Servín Gómez¹, María Concepción González Cuevas¹, Luis Felipe Noriega Román¹, Dolores Guadalupe Álvarez Orozco¹, Nancy Beatriz EquihuaToral²

¹TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato, ²Estudiante de Ingeniería en Gestión Empresarial TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. Autor de correspondencia: Israel.sg@roque.tecnm

RESUMEN

En el contexto actual, la cuestión del estrés laboral, es un factor que impacta en el desempeño de los colaboradores de negocios comerciales. Los modelos de negocio en donde la retribución a los empleados tiene sustento en los resultados comerciales que obtenga a la organización, puede definir niveles de estrés en cuanto al logro de metas que permitan alcanzar sus expectativas económicas. Es de lo que resulta, la importancia para diagnosticar los factores estresantes, tanto internos del colaborador, endógenos y exógenos que permitan tener una base para la toma de decisiones asertiva, en cuanto a la mejora del estatus de salud de los colaboradores.

Palabras clave. *Desempeño, estrés, factores, comercial*

INTRODUCCIÓN

El estrés en un mundo en donde el cambio y la transformación son permanentes y generan altos niveles de incertidumbre y complejidad, lo ambiguo, impreciso e inseguro se abren camino. Una experiencia se considera como estresante cuando se percibe cognoscitivamente como retadora, desafiante, amenazante, dañina o desagradable para la persona

El grado de ansiedad que experimenta el individuo se determina por la relevancia de la situación. Un ejemplo son las situaciones de logro en las cuales el estrés puede depender de las consecuencias del éxito o fracaso.

El estrés laboral es la reacción que tiene un individuo ante exigencias y presiones laborales que no ajustan a sus conocimientos y capacidades y que ponen a prueba a su capacidad.

Este concepto surge hacia 1930, cuando un estudiante austriaco de la carrera de medicina de la Universidad de Praga observó que todos los enfermos, independientemente de la enfermedad que sufrían, presentaban síntomas comunes y generales. Este joven, llamado Hans Selye (1907-1983), lo denominó “síndrome de estar enfermo” o “síndrome general de adaptación”. (Fernandez, 2010.p.112)

El fenómeno que es vigente en el siglo XXI y considerado importante en la legislación colombiana como enfermedad laboral (República de Colombia, 2009), derivada de trabajos con sobrecarga cuantitativa, trabajo repetitivo, trabajos con efectos psicosociales, etc (Osorio & Cárdenas Niño, 2017 p. 82).

En 1973, el propio Selye definía el estrés como “la respuesta no específica de la cualquier demanda que sobre él se ejerce”. Lo característico del estrés es el esfuerzo adaptativo frente a un problema y la reacción inespecífica (Barrio, García, Ruiz, & Arce, 2006.p.38).

Se define el estrés como un constructo interactivo, que constituye una reacción de la persona tanto en el ámbito fisiológico como psicológico, ante un estímulo configurado por la interacción de factores individuales, ambientales y sociales, y que conlleva a un proceso de adaptación o desequilibrio del organismo. (Mena Lopez y Campos Alvarez, 2002. p. 150).

En términos sencillos, podemos definir el estrés como un estado de tensión psíquica que se acompaña de cambios fisiológicos. Aunque la literatura indica que el estrés tiene efectos perjudiciales para la salud, los especialistas distinguen dos tipos de estrés: uno positivo y otro negativo. (Arias gallegos, 2012. p. 526).

El estrés laboral se ha convertido en una seria preocupación para las organizaciones por las consecuencias negativas que causa en el desempeño y la salud física y mental (psicológica) de los trabajadores (Gabel-Shemueli, Peralta Rondan, Paiva Lozano, y Aguirre Huarcaya, 2012.p.272).

La actividad física constituye un aspecto determinante de la calidad de vida. La Organización Mundial de la Salud (OMS) informa que la inactividad física es responsable de más de dos millones de muertes por año; el sedentarismo duplica el riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes. (Ramon Suarez, Zapata Vidales, y Cardona-Arias, 2014.p.132)

El estrés ha despertado el interés de investigadores del área de la salud, por su consideración como la “enfermedad del siglo veinte. (Osorio y Cardenas Niño, 2017 p. 82)

Recordar la definición del estrés como el proceso o mecanismo general por el cual el organismo mantiene su equilibrio interno, adaptándose a las exigencias, presiones e influencias a las que está expuesto en el entorno en que se desarrolla (Guitierrez Strauss y Vilorio-Doria, 2014 p.6)

“El estrés laboral es un fenómeno que afecta a un alto porcentaje de trabajadores en el mundo industrializado, y que conlleva un alto coste personal, psicosocial y económico. A nivel social, los factores psicosociales, muchos de los cuales son precursores del estrés laboral y facilitadores de sus consecuencias” (Serrano Rosa, Moya Albiol, y Salvador, 2009 p.150)

Un asunto fundamental en el estudio del estrés laboral está relacionado con su abordaje metodológico. En relación con la medición del estrés, esta se ha basado primordialmente en las medidas de autoreporte para evaluar aspectos como las demandas laborales, la habilidad para afrontar estas demandas, el control sobre el trabajo y el apoyo que se recibe en relación con el trabajo. (Hermosa R y Perilla T, 2015 p. 4).

El enfoque de procesos del estrés lo considera como un proceso de adaptación al estrés laboral, que se caracteriza por desorientación profesional, desgaste, sentimientos de culpa por falta de éxito profesional, frialdad o distanciamiento emocional y aislamiento. (Pérez Cruz, 2012 p.55).

El estrés laboral aparece cuando las exigencias del entorno laboral superan la capacidad de las personas para hacerles frente o mantenerlas bajo control (Gabel-Shemueli R. , Peralta Rondan, Paiva Lozano, y Aguirre Huarcaya, 2012 p. 275).

Varios estudios han sugerido que las emociones guardan relación con el estrés laboral. De acuerdo con su estado emocional, inducido por situaciones potencialmente estresantes, las personas afrontan mejor o peor dichas situaciones (Gabel-Shemueli R. , Peralta Rondan, Paiva Lozano, & Aguirre Huarcaya, 2012 p. 277)

Las consecuencias negativas del estrés laboral en la competitividad de las empresas, tanto en su efectividad como en la eficiencia del desempeño individual y organizacional, ha sido una de las principales motivaciones del presente estudio al analizarlos factores (Gabel-Shemueli R. , Peralta Rondan, Paiva Lozano, & Aguirre Huarcaya, 2012 p. 288)

El estrés es una reacción de lucha (afrontamiento) o de huida del organismo como respuesta a una amenaza para la supervivencia o la autoestima personal. Es decir, se refiere a las consecuencias de las demandas que nos solicita el ambiente. En consecuencia se produce tanto en condiciones positivas como negativas: la vida cotidiana conlleva indefectiblemente estrés. (Barrio, García, Ruiz, y Arce. 2006,p. 40).

De acuerdo con Pairó (1999), a lo largo del siglo XX el estrés se ha convertido en un fenómeno relevante y reconocido socialmente, siendo vinculado con frecuencia al trabajo y a la actividad laboral. (Pérez Cruz, 2012.p.53).

El estrés es causado por situaciones estresores. Un estresor o situación estresante es cualquier estímulo o situación que provoca la respuesta de estrés en el profesional.

Estos factores psicosociales tienen que ver con las percepciones, experiencias y expectativas del trabajador con respecto a su desarrollo personal y relaciones humanas. El estrés influye directamente en el aspecto psicosocial del trabajo, por lo que es muy importante estudiarlo y analizarlo.

Dentro de los factores psicosociales, tenemos la situación del ambiente laboral, la satisfacción laboral y las características personales del trabajador. El clima organizacional implica desde la organización, administración y sistemas de trabajo hasta la calidad de las relaciones humanas.

Dentro de las características personales del trabajador podemos considerar su estilo de vida, sus experiencias, expectativas, la estabilidad laboral, en nivel de salud y el bienestar familiar. (Universidad Católica Boliviana San Pablo, 2007). Veremos a continuación los principales factores psicosociales que condicionan el estrés laboral: En el contexto comercial surge la cuestión sobre las estrategias que implementan las personas para su manejo desde el enfoque personal y externo. A través de la organización del tiempo, definir límites de trabajo y hacer ejercicio si se puede disminuir el nivel de estrés de las personas que se encuentran bajo la presión de logro de objetivos comerciales de una organización.

MATERIALES Y MÉTODOS

El método cuantitativo es aquel que se basa en variables numéricas para investigar, analizar y comprobar información y datos en esta investigación, intenta especificar y delimitar las causas del estrés laboral, además de la fuerza de las variables, la generalización y objetivación de cada uno de los resultados obtenidos para deducir una población; y para esto se necesita una recaudación o acopio metódico u ordenado, y analizar toda la información numérica que se tiene.

Durante el proceso de investigación la información generada será durante un estudio cuantitativo; primeramente, se aplicó este estudio para identificar los posibles factores que causan el estrés mediante una serie de entrevistas, posteriormente un estudio por medio de un indicador que muestre los resultados para expresar los datos mediante gráficas y generar conclusiones con base a la interpretación de los mismos, la muestra se integro por 60 colaboradores de empresas comerciales ubicadas en la zona centro de la ciudad de Celaya Gto, aplicándose el instrumento en los meses de septiembre y octubre de 2024.

El estrés laboral o estrés en el trabajo es un tipo de estrés propio de las sociedades actuales, en las que la creciente presión en el entorno laboral puede provocar la saturación física o mental del trabajador, generando diversas consecuencias que no sólo afectan a su salud, sino también a la de su entorno más próximo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos por los 13 ítems de los que constan el instrumento para lo cual una vez que se aplicó la encuesta se hizo la acumulación de las respuestas para construir la gráfica correspondiente a cada ítem y marcar tendencia en cada una.

El 19% de la muestra seleccionada no se siente satisfecho con las horas de su jornada laboral lo que costa que el 29 % por ciento de la encuesta se siente satisfecho con las horas en la jornada laboral afirman que les su horario y que es flexible. El dato quemas más se repitió fue la 5 (y fue en totalmente de acuerdo). (Véase la Figura 1: Estrés laboral)

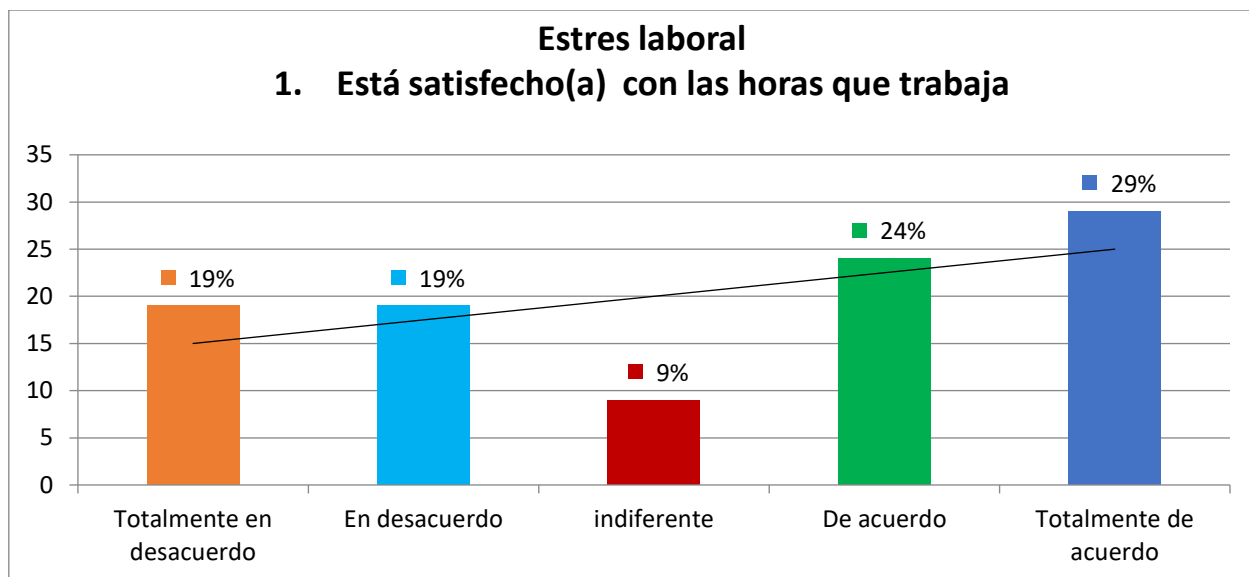


Figura 1. Estrés laboral. Nota: Elaboración propia

El 39% por ciento de la muestra seleccionada está satisfecho con el sistema de turnos las personas encuestadas comentan que están de acuerdo con el horario que tiene con lo contrario el 19% de la muestra afirmó que no le gusta el sistema de turnos porque hay horarios en el cual salen tarde (véase en la siguiente Grafica No 2: Estrés laboral)

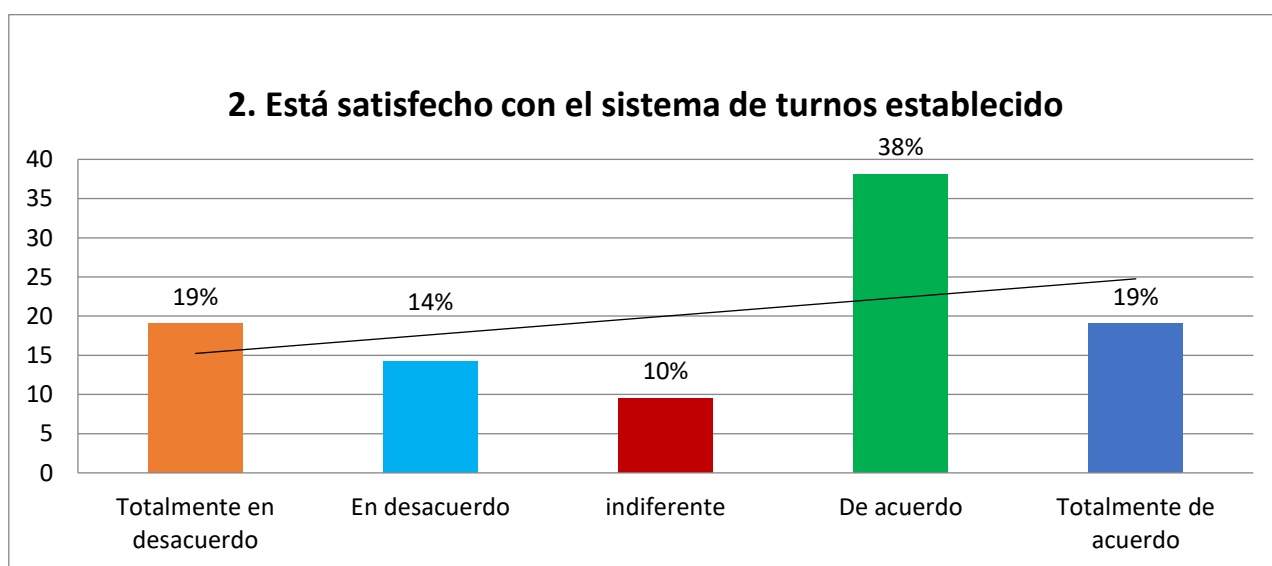


Figura 2. Estrés laboral por turnos. Nota: Elaboración propia

El 38% de la muestra seleccionada está satisfecha con lo que reciben de salario ya que es muy buena la cantidad que ganan a la semana pero de ese 100% el 10% esta desacuerdo porque no creen que cubran sus expectativas de pago (véase en la siguiente Figura No 3: Estrés laboral)

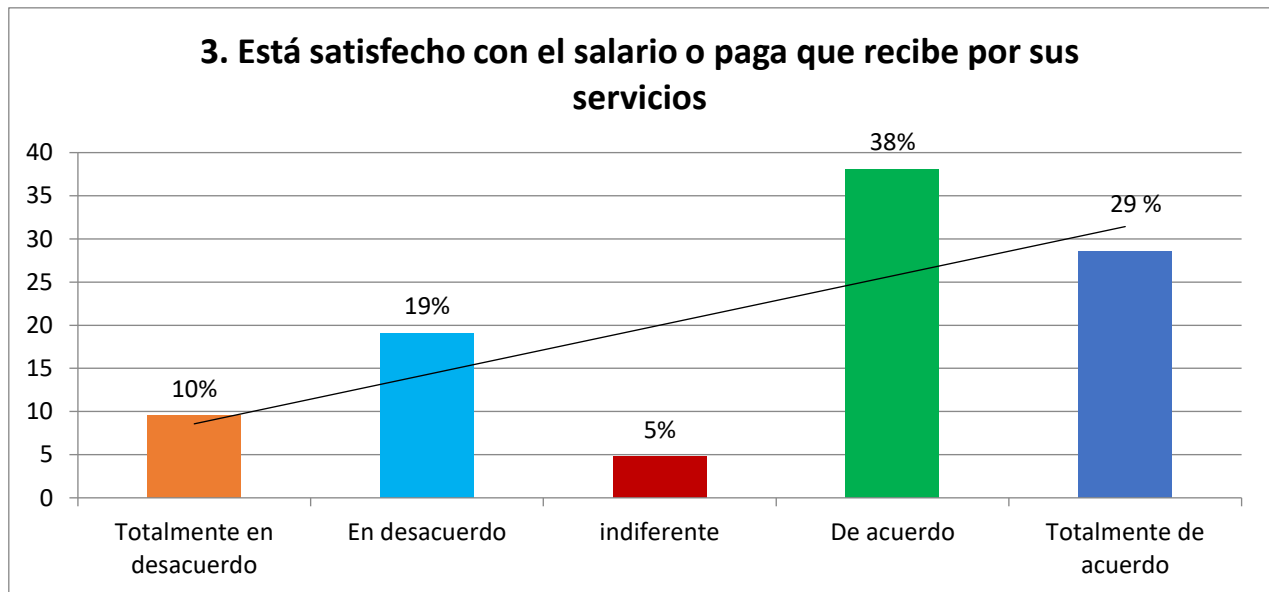


Figura 3. Satisfacción con pago del servicio. Nota: Elaboración propia

El 33% de la muestra seleccionada afirman que hay horas en la que no hay clientes y en ese tiempo tomar un descanso para relajarse un poco. En lo contrario de ese 100% el 14% nos dice que no tiene tiempos de descanso que la mayoría de tiempo tiene clientes que atender (véase en la Figura No 4: Estrés laboral)

Del 100% el 33% de la muestra seleccionada nos dicen que no tiene un rango de concentración porque no es difícil su trabajo. Tanto que el 29% nos afirma que si tienen que tener concentración por los códigos que se tiene que aprender por cada artículo (véase en Figura 5: Estrés laboral)

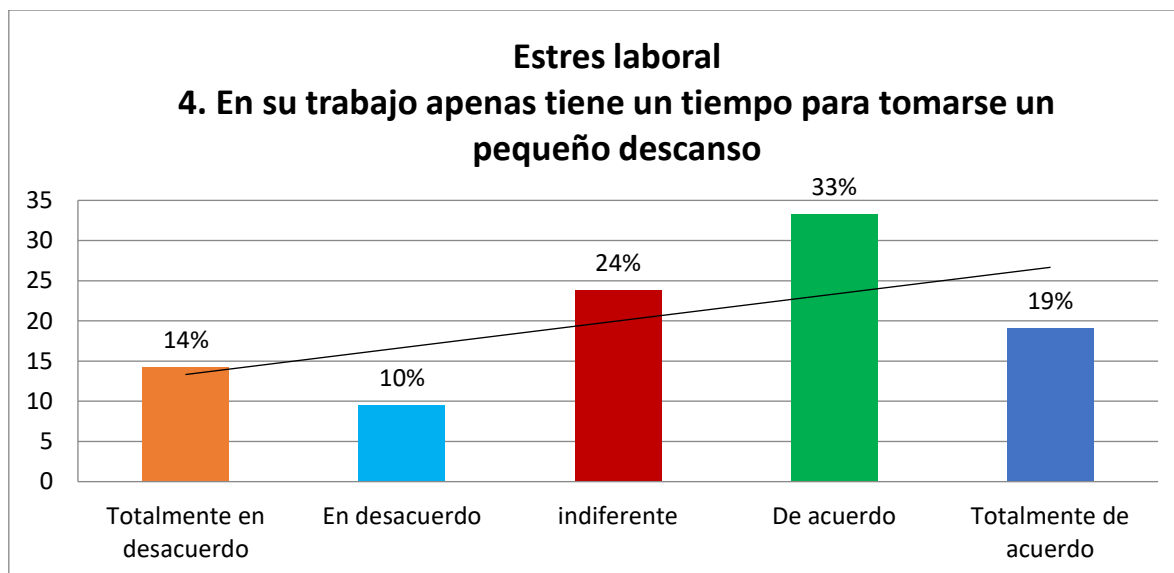


Figura 4. Estrés laboral, tiempo de desnaso. Nota: Elaboración propia

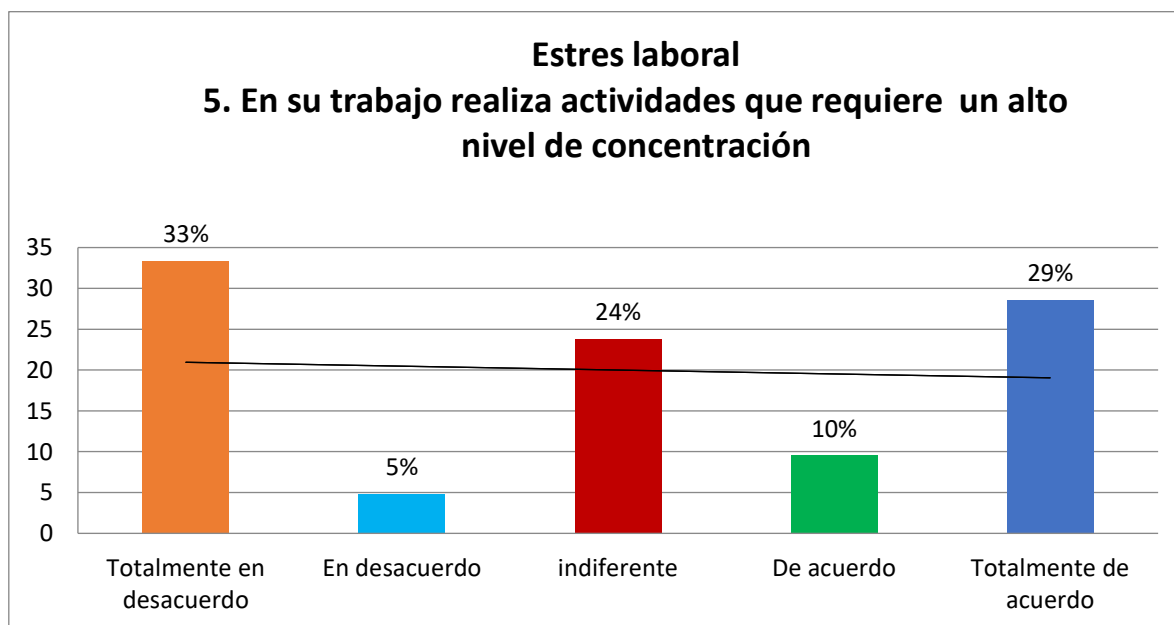


Figura 5. Exigencia en nivel de concentración. Nota: Elaboración propia

El 38% de la muestra seleccionada afirma que salen muy agotados de su jornada laboral ya que es mucho tiempo el que están parados atendiendo a los clientes .Y el 14% de los afirman que no salen cansados (véase en la Figura 6: Estrés laboral)

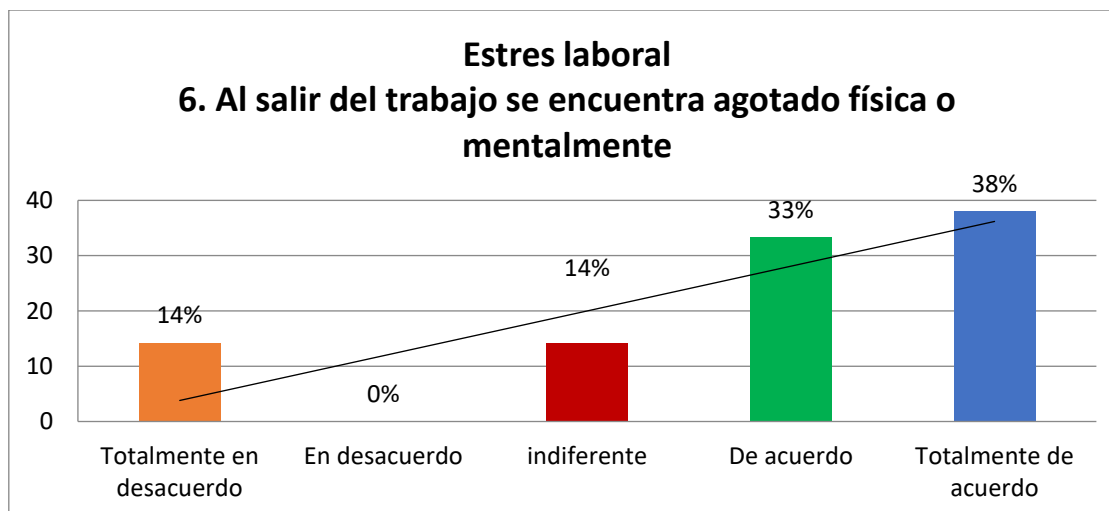


Figura. 6. Nivel de agotamiento en la jornada. Nota: Elaboración propia

Del 100% el 38% de la muestra seleccionada afirma que si tratan con clientes enojados pero lo que hacen es mostrarle una sonrisa y no dejarlos que los llene de negatividad. El 10% de la muestra no tiene clientes de ese tipo (Véase en la Figura 7. Estrés laboral)

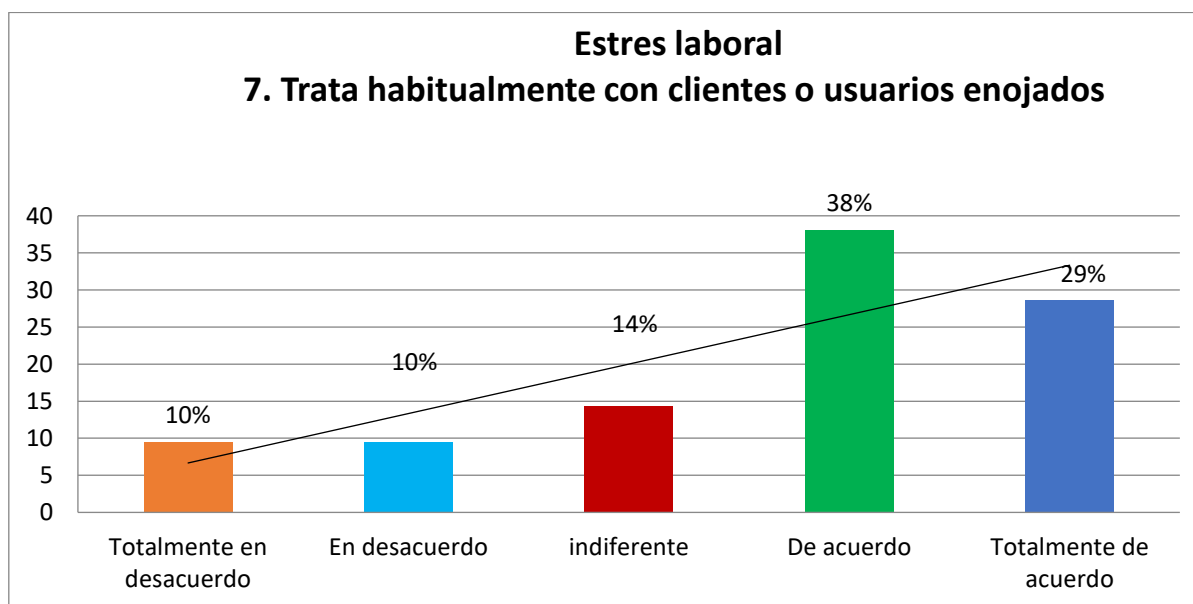


Figura 7. Frecuencia de trato con clientes irritados. Nota: Elaboración propia

El 38% de la muestra seleccionada utiliza a sus superiores de trabajo para cumplir eficazmente con las asignaciones de trabajo lo que nos dice que el 29% de la muestra afirma que no tiene una el apoyo de sus superiores (véase en la Figura 8: Estrés laboral)

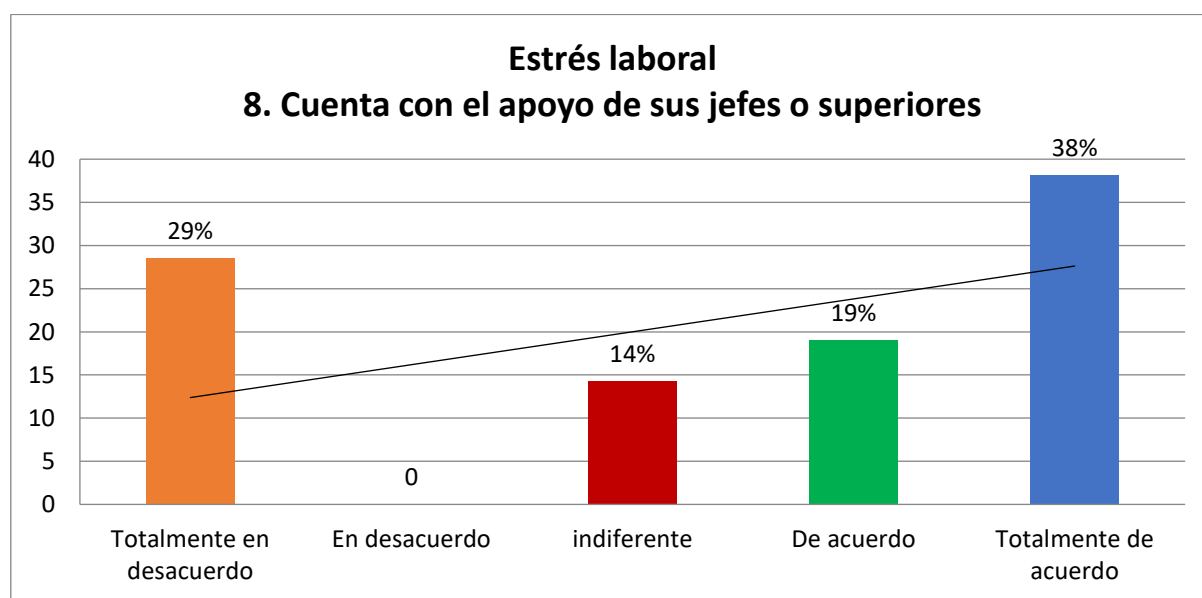


Figura 8. Apoyo del mando superior. Nota: Elaboración propia

El 48% de los empleados demuestra que su relación de trabajo es buena mientras que el 33% le es indiferente (véase en la Figura 9: Estrés laboral)

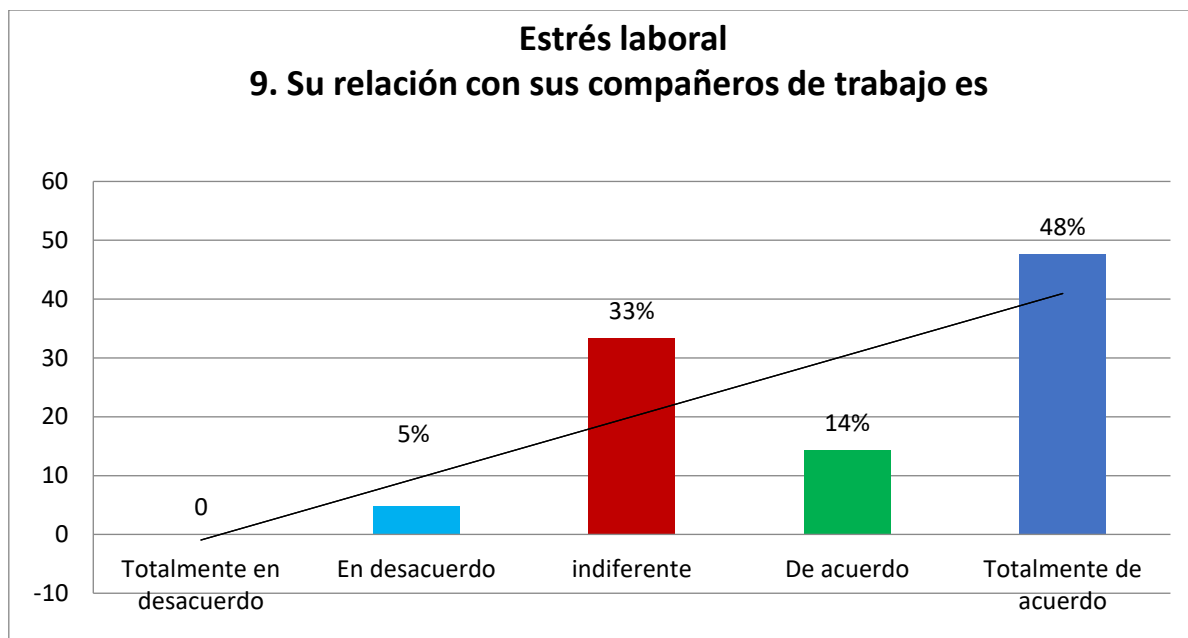


Figura 9. Relación con compañeros de trabajo. Nota: Elaboración propia

El 43% de los empleados no realizan trabajos peligrosos y el 24 % si lo realiza (véase en la Figura 10: Estrés laboral)

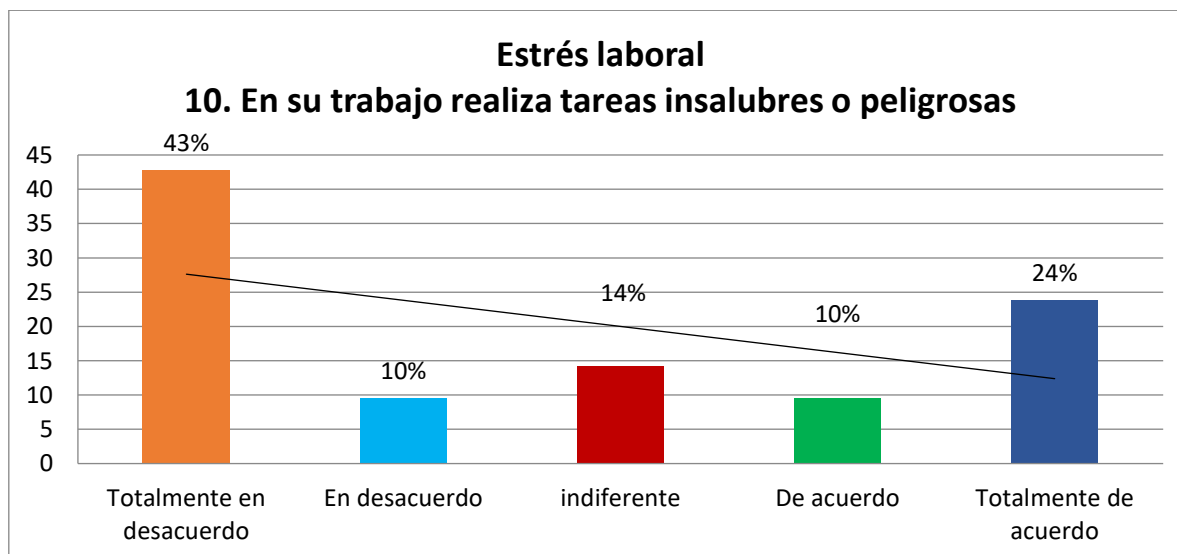


Figura 10. Existe riesgo en su área de trabajo. Nota: Elaboración propia

El 38% de los empleados están de totalmente de acuerdo que la temperatura es confortable y tenemos un empate de 19% de empleados están en indiferencia y de acuerdo (véase en la Grafica No 11: Estrés laboral)

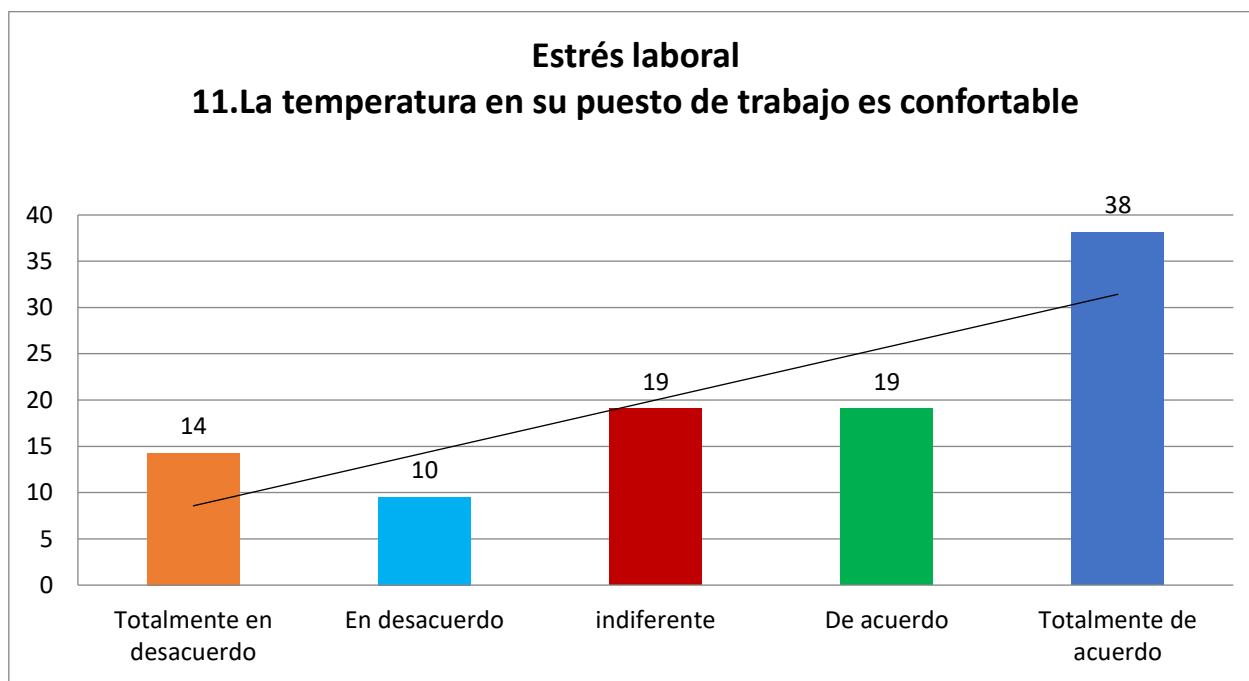


Figura 11. Área de trabajo confortable, Nota: Elaboración propia

El 43% de los empleados están totalmente de acuerdo que están expuestos a ruidos molestos y un empate de un 24% que están en de acuerdo y indiferente. (Véase en la Grafica No 12: Estrés laboral)

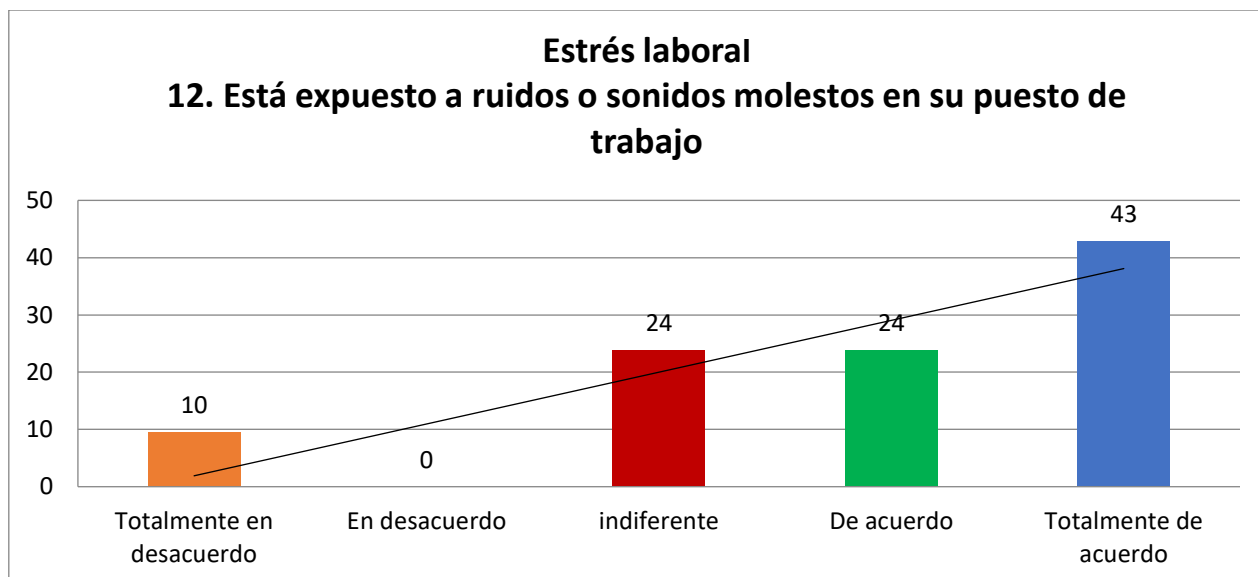


Figura 12. Frecuencia de exposición a ruidos. Nota: Elaboración propia

El 62% de los empleados están totalmente de acuerdo que no se drogan y tenemos un 24% que lo realizan. (Véase en la Grafica No 13: Estrés laboral)

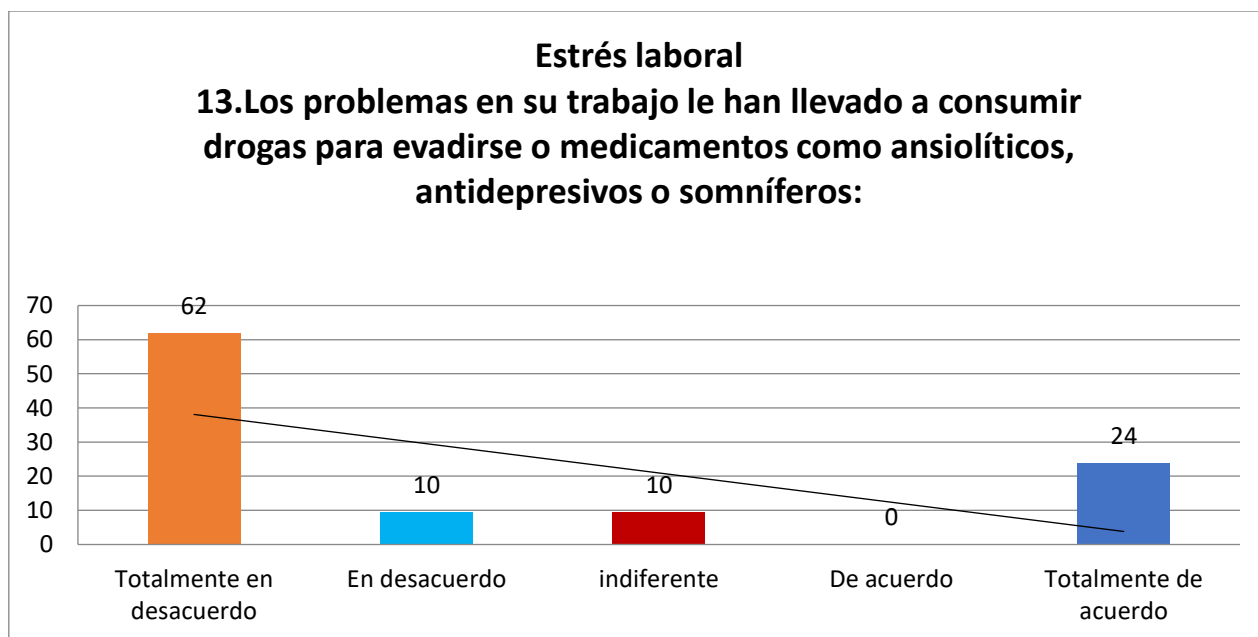


Figura 13. Consumo de drogas. Nota: Elaboración propia

El análisis e interpretación de cada pregunta permitió comprender las causas que determina que los empleados tengan estrés laboral e identificar los factores que

provocan el estrés para combatirlos En conclusión la mayoría de los encuestados tienen una técnicas que les permiten mantenerse relajados, además los encuestados si tienen una buena relación con sus compañeros de trabajo con los que pueden tener algún apoyo para logran actividades de acuerdo a la prioridad y consideran conservar la calma con los clientes en diversas situaciones.

El objetivo se logró porque se analizó también la problemática para buscar estrategias para atacar el estrés también.

Los empleados de la empresa respondieron que están de acuerdo con el apoyo que obtienen de los jefes y compañeros por su esfuerzo que emplean en sus actividades laborales, porque más de la mitad de los empleados hacen el buen uso de su tiempo lo cual les permite tener un buen clima laboral dentro de la empresa esto gracias a la buena organización. También dice que los empleados en ocasiones atienden a clientes enojados, pero siempre tratan bien a los empleados para que regresen a comprar.

LITERATURA CITADA

- Arias gallegos, w. I. (2012). estres laboral de los trabajadores desde el enfoque de los suceso vitales. revista cubana de salud publica volmuen 83 numero 4, 526.
- Barrio, J., García, M., Ruiz, I., & Arce, A. (2006). EL ESTRÉS COMO RESPUESTA . International Journal of Developmental and Educational Psychology, vol. 1, núm. 1, 38,40,41,42.
- Fernandez, P. H. (2010). la influencia de los factores estresantes del trabajo en el rendimiento laboral . Universidad del Centro Educativo Latinoamericano, 112.
- Gabel-Shemueli, R., Peralta Rondan, V., Paiva Lozano, R. A., & Aguirre Huarcaya, G. (2012). Estrés laboral: relaciones con inteligencia emocional, factores demográficos y ocupacionales. Revista Venezolana de Gerencia, vol. 17, núm. 58, 277.
- Gutierrez Strauss, A. M., & Vilorio-Doria, J. C. (2014). Riesgos Psicosociales y el estres en ele ambiente laboral. Salud Uninorte, vol 30,num 1, 6.

- Hermosa R, A. M., & Perilla T, L. E. (2015). Retos investigativos en psicología de la salud ocupacional: el estrés labora. Revista Facultad Nacional de Salud Pública, vol. 33, núm. 2, 4.
- Mena Lopez, L., & Campos Alvarez, J. (2002). evaluacion de factores presentes en el estres laboral. revista de psicologia volumen x, 149.
- Osorio, J. E., & Cárdenas Niño, L. (2017). Estrés laboral: estudio de revisió. Diversitas: Perspectivas en Psicología, vol. 13, 82.
- Pérez Cruz, O. A. (2012). Análisis de la seguridad laboral mediante la medición de los niveles de estrés laboral . Forum Empresarial, vol. 17, núm. 2, , 56.
- Ramon Suarez, G., Zapata Vidales, S., & Cardona-Arias, J. (2014). estres laboral y la actividad fisica en los empleados . Diversitas; Perspectivas en psicologia,vol 10, num 1, 132.
- Serrano Rosa, M. A., Moya Albiol, L., & Salvador, A. (2009). Estrés laboral y salud: Indicadores cardiovasculares y endocrinos . Anales de Psicología, vol. 25, núm. 1,, 150.
- Universidad Católica Boliviana San Pablo. (2007). "EL ESTRÉS LABORAL COMO SÍNTOMA DE UNA EMPRESA". PERSPECTIVAS, núm. 20, 56.
- arias gallegos, w. I. (2012). estres laboral de los trabajadores desde el enfoque de los suceso vitales. revista cubana de salud publica volmuen 83 numero 4, 526.
- Barrio, J., García, M., Ruiz, I., & Arce, A. (2006). EL ESTRÉS COMO RESPUESTA . International Journal of Developmental and Educational Psychology, vol. 1, núm. 1, 38,40,41,42.
- Fernadez, P. H. (2010). la influencia de los factores estresantes del trabajo en el rendimiento laboral . Universidad del Centro Educativo Latinoamericano, 112.
- Fernández, P. H. (2010). LA INFLUENCIA DE LOS FACTORES ESTRESANTES DEL TRABAJO EN EL RENDIMIENTO LABORAL . Invenio, vol. 13, núm. 25, 122.
- Gabel-Shemueli, R., Peralta Rondan, V., Paiva Lozano, R. A., & Aguirre Huarcaya, G. (2012). Estrés laboral: relaciones con inteligencia emocional, factores

- demográficos y ocupacionales. Revista Venezolana de Gerencia, vol. 17, núm. 58, 277.
- Gutierrez Strauss, A. M., & Viloria-Doria, J. C. (2014). Riesgos Psicosociales y el estres en ele ambiente laboral. Salud Uninorte, vol 30,num 1, 6.
- Hermosa R, A. M., & Perilla T, L. E. (2015). Retos investigativos en psicología de la salud ocupacional: el estrés labora. Revista Facultad Nacional de Salud Pública, vol. 33, núm. 2, 4.
- Mena Lopez, L., & Campos Alvarez, J. (2002). evaluacion de factores presentes en el estres laboral. revista de psicologia volumen x, 149.
- Osorio, J. E., & Cárdenas Niño, L. (2017). Estrés laboral: estudio de revisió. Diversitas: Perspectivas en Psicología, vol. 13, 82.
- Pérez Cruz, O. A. (2012). Análisis de la seguridad laboral mediante la medición de los niveles de estrés laboral . Forum Empresarial, vol. 17, núm. 2, , 56.
- Ramon Suarez, G., Zapata Vidales, S., & Cardona-Arias, J. (2014). estres laboral y la actividad fisica en los empleados . Diversitas; Perspectivas en psicologia,vol 10, num 1, 132.
- Serrano Rosa, M. A., Moya Albiol, L., & Salvador, A. (2009). Estrés laboral y salud: Indicadores cardiovasculares y endocrinos . Anales de Psicología, vol. 25, núm. 1,, 150.

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD FÍSICA DE PROGENITORES DE HÍBRIDOS DE MAÍZ

Rocío E. Hernández Caldera¹; Miguel A. Avila Perches¹, Alfredo J. Gámez Vázquez¹; José R. A. Dorantes González¹; Mirna Bobadilla Melendez¹; Francisco P. Gámez Vazquez¹;

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y pecuarias.

perches.miguel@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se evaluaron nueve líneas endogámicas, tres cruza simples progenitoras y un híbrido trilineal en 2018 y 2019 en la localidad de Coatlinchán, Estado de México en el ciclo de primavera-verano, bajo condiciones de riego. Se evaluó la emergencia total (ET), rendimiento (REN) y la calidad física con el peso de mil semillas (PMS) y peso hectolítrico (PH). Se observaron diferencias estadísticas ($p \leq 0.01$) en ET, PMS, PH y REN entre genotipos (G) y ambientes (A); y en la interacción genotipo ambiente (G*A) las variables presentaron diferencias ($p \leq 0.01$) a excepción de PH que presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$). Para A (2018 y 2019) se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). El mejor A fue 2018 para ET y REN; y en 2019 para PMS y PH. En las expresiones del REN y ET, presentaron mayor importancia las líneas endogámicas hembra M-55 y M-47. Las tres cruza simples y M-48 presentaron el mejor comportamiento en REN.

Palabras clave: *Zea mays*, progenitores, peso hectolítrico, peso de mil semillas.

ABSTRACT

Nine inbred lines, three simple parental crosses and a trilinear hybrid were evaluated in 2018 and 2019 in the town of Coatlinchán, Estado de México in the spring-summer cycle, under irrigation conditions. Total emergence (TE) and yield (YIE) were evaluated; and physical quality; thousand seed weight (TSW) and hectoliter weight (HW). Statistical differences ($p \leq 0.01$) were observed in TE, TSW, HW and YIE between genotypes (G) and environments (E); and in the genotype environment interaction (G * A) the variables presented differences ($p \leq 0.01$) except for HW which

presented significant differences ($p \leq 0.05$). For A (2018 and 2019) statistical differences were found ($p \leq 0.05$). The best A was 2018 for TE and YIE; and in 2019 for TSW and HW. In the YIE and TE expressions that presented greater importance were the female inbred lines M-55 and M-47. The three single crosses and M-48 showed the best performance in REN.

Keywords: *Zea mays*, parents, hectoliter weight, thousand seed weight.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales más importantes cultivado en varias regiones del mundo. En México, es la base de la alimentación y se producen 26.5 millones de t de grano, con rendimientos promedio de 3.9 t ha^{-1} (SIAP, 2022); por lo que su producción es prioridad para el país. En la zona de Valles Altos en el Estado de México se producen 1,779,468 t, que corresponde al 6.59 % de la producción nacional con rendimientos de 3.9 t ha^{-1} (SIAP 2022). La producción nacional de semilla certificada de maíz fue de 87,390 t; cubriéndose una superficie de 3,972,312 ha. En el Estado de México se siembran aproximadamente 81 ha para la producción de semilla certificada y se tiene una producción de 191.96 t; considerada una cantidad pequeña en comparación con Guanajuato, (SNICS, 2024). En la producción de cualquier cultivo la calidad de semillas es un parámetro importante relacionado con el rendimiento; sin embargo, la información sobre el tema es limitada por lo que el objetivo de esta investigación fue conocer el rendimiento de semilla de líneas endogámicas y cruza simples que intervienen en la formación de híbridos para lograr buenos rendimientos de maíz para Valles Altos.

MATERIALES Y MÉTODOS

En 2018 y 2019, se evaluaron 12 progenitores de híbridos trilineales de maíz; 9 líneas endogámicas (M-55, M-54, M-43, M-44, M-52, M-47, M-46, M-48, CML-242) y 3 cruza simples (M-55xM-54, M-43xM-44 y M-47xM-46) y un híbrido testigo (H-70); en el Campo Experimental Valle de México, ubicado en la localidad de Coatlinchán, Estado de México. El suelo es tipo franco arenoso (Bouyoucos método

AS-09), presenta un contenido de N y P moderadamente alto; materia orgánica moderadamente alta. La siembra se realizó en el ciclo primavera-verano, el 11 mayo en 2018 y 9 de mayo en 2019, la densidad de población fue de 65,000 plantas ha⁻¹, se fertilizó con la fórmula 150-70-00 (NPK), los ensayos se condujeron bajo condiciones de riego, se aplicó un riego de germinación y dos de auxilio. El control de plagas y enfermedades se realizó de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial (ambientes y genotipos), con tres repeticiones. La unidad experimental fue de cuatro surcos de 5 m de largo y 0.86 m de distancia entre surcos, la parcela útil fueron los dos surcos centrales. Los datos en porcentaje se transformaron mediante la función de arcoseno $\sqrt[3]{x}$, para normalizar la distribución y estabilizar las varianzas. Se evaluó el rendimiento y caracteres de calidad física, con la metodología siguiente: 1) Rendimiento (REN) en t ha⁻¹ al 14 % de humedad, con la fórmula: $RS = [PC \times \% MS \times \% G \times FC] / 8600$, donde PC: peso de campo de mazorca en t ha⁻¹, % MS: porcentaje de materia seca (100 - % humedad de semilla), % G: porcentaje de semilla, como promedio de la relación entre el peso de semilla y el peso de mazorca sin brácteas, multiplicado por 100, FC: factor de corrección (10000 m² / la superficie útil de la parcela), 8600: valor constante; 2) Emergencia total (ET), se consideró el último conteo (15 días después del establecimiento del experimento) total de plántulas emergidas entre el número total de semillas sembradas y se expresó en porcentaje; 3) peso de mil semillas (PMS) en gramos, para lo cual se contaron y pesaron ocho repeticiones de 100 semillas por parcela experimental; se calculó la varianza y coeficiente de variación (C.V.); si el valor del C.V. era menor del 4 % se consideraba correcto el dato y se obtuvo el PMS multiplicando la media aritmética de las repeticiones por 10 (ISTA, 2005); 4) peso hectolítrico (PH) se determinó en una báscula marca OHAUS® y se expresó en kg hL⁻¹.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con relación a la precipitación de los ambientes de prueba se observó que el año 2018 (776 mm) fue más húmedo que el 2019 (416 mm), pero se presentó una mejor distribución de esta en 2019. Considerando el periodo fenológico del cultivo, el total

del ciclo en 2018 fue mayor en 30 % (CNA, 2019); concentrándose la mayor precipitación en el mes de junio; es decir, después de un mes de la siembra (Figura 1). En relación a las temperaturas máximas se observaron valores similares en los dos años de evaluación; a diferencia de la temperatura promedio que, en 2018, fue superior de 0.8 a 1.6 °C durante el ciclo fenológico de 2019; y las temperaturas mínimas fueron inferiores en 2019 de 1 a 2 °C (CNA, 2019), por mes durante el ciclo del cultivo a excepción del mes de Julio (Cuadro 1).

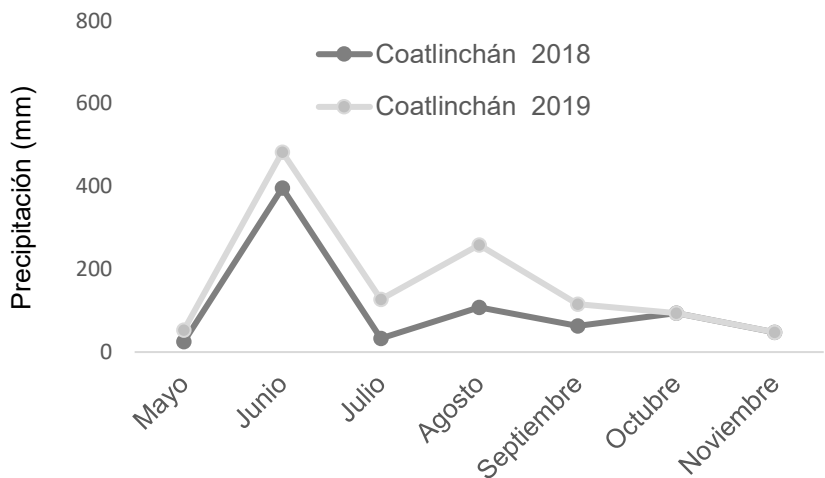


Figura 1 Precipitación pluvial de los dos ambientes (años) de evaluación de progenitores de híbridos trilineales de maíz. Coatlinchán, Estado de México. 2018-2019.

Cuadro 1 Temperaturas máximas, medias y mínimas registradas durante el ciclo del cultivo. Coatlinchán, Estado de México 2018-2019

		Temperatura (°C) mensual durante el ciclo fenológico del cultivo							
									Mayo-Nov
		May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Media
Máxima	2018	34	32	30	29	29	29	29	30.3
	2019	34	32	29	30	29	--	--	30.8
Media	2018	18.5	18.3	17.6	17.9	17.3	15.2	13.6	16.9
	2019	20.1	19.1	18.2	18.6	18.3	--	--	18.9
Mínima	2018	6	8	6	8	9	6	1	6.3
	2019	5	6	8	7	8	--	--	6.8

Comisión Nacional del Agua, 2021.

En el análisis de varianza combinado (Cuadro 2) la emergencia total (ET), peso de mil semillas (PMS), peso hectolítrico (PH) y rendimiento (REN) mostraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.01$) entre genotipos (G) y en ambientes (A); y en la interacción genotipo ambiente (G*A) las variables presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) a excepción de PH que presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$). La fuente de variación de mayor importancia con base en la magnitud de sus cuadrados medios, fue G, seguida de A y de la interacción G*A para la expresión de las variables ET (48, 41 y 11 %), y REN (79, 13 y 8); para las variables de calidad física la aportación mayor fue A, G y de la interacción G*A, para la expresión de PMS (62, 35 y 3 %) y para PH (88, 11, 1 %).

Cuadro 2 Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de rendimiento y calidad física de progenitores de híbridos de maíz Coatlinchán, Estado de México, 2018-2019.

F.V.	G.L.	ET	PMS	PH	REN
Genotipo (G)	12	415.11 **	14187.65 **	75.66 **	39.30 **
Ambiente (A)	1	350.30 **	25575.30 **	577.29 **	6.31 **
G*A	12	97.16 **	1341.35 **	6.82 *	3.83 **
Error	48	25.77	526.89	3.16	0.74
R ²		0.84	0.89	0.91	0.93
C.V. (%)		6.22	9.30	2.49	17.90
$\bar{x}$		81.51	246.56	71.40	4.81

**Significativo ($p \leq 0.01$), F.V.: fuentes de variación, G.L.: grados de libertad, R²: coeficiente de determinación, C.V.: coeficiente de variación, ET: emergencia total, PMS: peso de mil semillas, PH: peso hectolítrico, REN: rendimiento.

En relación al efecto de ambientes (años), entre 2018 y 2019 se encontraron diferencias estadísticas significativas, para todas las variables de calidad física (Cuadro 3). El mejor comportamiento fue en 2018 con los mayores valores para ET y REN; en este ambiente se presentó un rango de temperatura promedio mínima y máxima de 6.3 y 30.3 °C durante el desarrollo del cultivo (Cuadro 1) y una precipitación de 776 mm mayor a 2019; sin embargo en 2019 se presentaron los

mayores valores en PMS y PH, al presentarse un rango promedio de temperaturas máximas y mínimas de 30.8 y 6.8 °C y ser más caluroso que 2018, sin embargo presentó una precipitación 30 % menor con una mejor distribución. No obstante que, los experimentos se condujeron bajo condiciones de riego, la precipitación en los ambientes, modificó la humedad relativa y temperatura, factores que influyen en la fisiología de la planta (Lira-Saldívar, 2007).

Cuadro 3. Prueba de medias entre los ambientes (años) para las variables de calidad física de progenitores de híbridos de maíz. Coatlínchán, Estado de México. 2018-2019.

Ambiente	ET	PMS	PH	REN
COA 2018	83.63 a	228.46 b	68.67 b	5.10 a
COA 2019	79.39 b	264.68 a	74.12 a	4.53 b
DMSH	2.31	10.45	0.81	0.39

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). DMSH: diferencia mínima significativa honesta. ET: Emergencia total, PMS: Peso de mil semillas, PH: Peso hectolítrico, REN: rendimiento.

La comparación de medias entre los progenitores endogámicos hembra (Cuadro 4), la M-43 y M-47 presentaron mayor ET ($p \leq 0.05$), PMS sobresalieron M-43 y M-55; M-47 sobresalió en PH y la M-55 y M-47 en REN. De las seis líneas macho, la M-48 presentó los mayores valores ($p \leq 0.05$) en las expresiones de las variables evaluadas de rendimiento y calidad física y sobresalir del resto de las líneas macho; mientras que la línea M-54 presentó el menor rendimiento. La cruce simple hembra (M-43xM-44) superó ($p \leq 0.05$) en ET, PMS y PH a sus similares; a diferencia de la expresión de REN donde las cruces simples hembra no mostraron diferencias estadísticamente; sin embargo, M-47xM-46 mostró numéricamente el mayor rendimiento.

Cuadro 4. Prueba de medias entre los genotipos para las variables de calidad física de progenitores de híbridos de maíz. Coatlínchán, Estado de México. 2018-2019.

Genotipo	ET	PMS	PH	REN
M-43	88.00 c	224.73 d	68.43 g	3.33 e
M-47	85.33 c	191.80 e	74.36 b	3.85 d
M-55	84.26 d	223.47 d	71.10 e	4.20 d
M-48	90.06 b	276.80 b	76.43 a	7.90 b
M-46	79.50 g	272.37 b	71.00 e	3.31 e
M-54	70.83 i	223.60 d	63.56 i	1.48 h
M-52	71.56 h	154.17 f	68.06 h	2.61 f
M-44	79.96 f	241.53 c	69.13 f	3.33 e
CML-242	66.33 j	200.70 d	71.38 d	1.90 g
M-47×M-46	78.85 g	279.18 b	72.68 c	7.36 c
M-43×M-44	87.81 c	305.90 a	73.30 b	6.91 c
M-55×M-54	81.66 e	300.97 a	71.90 d	7.03 c
H-70	95.51 a	310.28 a	76.38 a	9.38 a
DMSH	10.21	46.1	3.5	1.73

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). DMSH: diferencia mínima significativa honesta. ET: Emergencia total, PMS: Peso de mil semillas, PH: Peso hectolítrico, REN: rendimiento.

En el análisis de componentes principales (Cuadro 5), se observó que el CP1 explicó el 77 % y el CP2 el 12 % de la variabilidad total de los datos originales; por lo que en conjunto explican el 89 % de la variabilidad total medida de las variables. Con base en el valor absoluto de los vectores propios se determinó la importancia de las variables dentro de cada componente; el REN, fue la variable con mayor ponderación en el componente 1 (0.4811); y en el componente 2 el PMS (0.7898) variables no correlacionadas. Entre las variables del componente 1, se observó una correlación mayor entre REN y ET (0.4811, 0.4730 y 0.4602) con los mayores valores característicos positivos. La variable de PMS (0.7898) en el CP2 sobresalió con los mayores valores característicos positivos; sin embargo, no se correlacionó con las demás variables.

Cuadro 5 Análisis de componentes principales de las variables de rendimiento y calidad de progenitores de híbridos de maíz

Variables	Componentes	
	CP1	CP2
Emergencia Total	0.4602	-0.3548
Peso de Mil Semillas	0.3953	0.7898
Peso Hectolítrico	0.4203	-0.1927
Rendimiento de semilla	0.4811	0.2440
Valor propio	3.84	0.58
% de varianza acumulada	77	89
Nombre del componente	Rendimiento de semilla	Peso de mil semillas

En la Figura 2, se presenta el biplot para el CP1 y CP2, donde se observan una dispersión de los genotipos; mostrándose la variabilidad que existe entre los 12 progenitores; se formaron 6 grupos presentando una asociación directa; en el cuadrante I se aprecia que el híbrido H-70 presentó la mayor expresión en REN y PMS; en el primer grupo se asociaron las cruza simples hembras presentaron buena expresión en estas mismas variables; el híbrido H-70 presentó una asociación con la línea M-48 macho que sobresalió entre las líneas al presentar un buen comportamiento asociado a su origen, ligado a una región templada y subtropical así como a su nivel de endogamia que le permite contrarrestar los factores abióticos (Virgen-Vargas *et al.*, 2014; Hernández-Caldera *et al.*, 2023) principalmente temperatura y humedad; esta a su vez se asoció con la cruza simple hembra M-43xM-44; en el cuadrante II se ubicaron dos grupos de líneas macho M-46 y M-44; y M-54 y CML-242 en otro. En el cuadrante III se aprecia que la línea macho M-52 fue la que presentó el menor REN y PMS. En el cuadrante IV se formó el sexto grupo con las líneas hembras M-43 y M-55 con comportamientos muy similares y M-47.

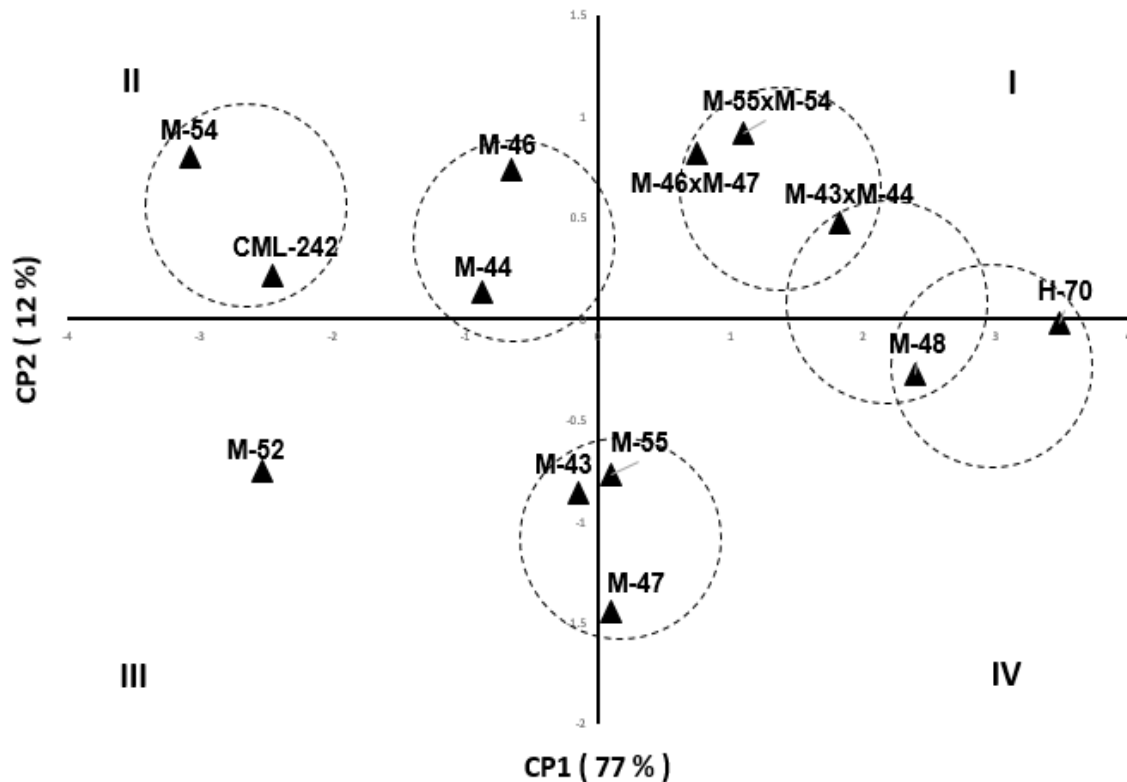


Figura 2. Análisis de componentes principales de correlación de híbridos de maíz.

CONCLUSIONES

Los progenitores M-55, M-47 y las cruza simples M-47xM-46, M-55xM-54, M-43xM-44 presentaron el mejor comportamiento en rendimiento; y la línea macho, M-48 puede considerarse para ser utilizada también como hembra por su alta productividad.

LITERATURA CITADA

CNA, Comisión Nacional del Agua (2019). *Servicio Meteorológico Nacional*. <http://www.cna.gob.mx>.

Hernández-Caldera, R. E., García-De los Santos, G., Zepeda-Bautista, R., Arellano-Vázquez, J. L., Gámez-Vázquez, A. J., y Avila-Perches, M.A. (2023). Estabilidad del rendimiento de semilla de progenitores de híbridos de maíz de Valles Altos. *Revista Fitotecnia Mexicana* 46 (4), 349-356. <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.4.349>

ISTA, International Seed Testing Association (2005). *International rules for seed testing*. Zurich. Switzerland.

Líra-Saldívar, R. H. (2007). *Fisiología Vegetal*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Editorial Trillas, 2ed, p. 141.

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2022). *Panorama Agroalimentario 2022*. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> 2022

SNICS, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (2024). *Producción de semilla calificada por el SNICS*. Boletín informativo. 1:7. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/756949/2022_Vol_1.pdf

Virgen-Vargas, J., Zepeda-Bautista, R., Avila-Perches, M. A., Espinosa-Calderón, A., Arellano-Vázquez, J. L. y Gámez-Vázquez, A. J. (2014). Producción de semilla de líneas progenitoras de maíz: densidad de población e interacción. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 323-335.

EVALUACIÓN DEL USO DE BACTERIAS PROMOTORAS EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE *Phaseolus vulgaris*

María J. Alfaro-Bonilla¹; Lorena J. Gómez-Godínez^{2*}, José Luis Aguirre-Noyola²,
Carlos Hugo Avendaño-Arrazate

¹Estudiante de licenciatura, Tecnológico Nacional de México-La Piedad, ²Investigadora, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias-Centro Nacional de Recursos Genéticos. *Autor de correspondencia: gomez.lorena@inifap.gob.mx

RESUMEN

El frijol es una de las leguminosas más consumidas e importantes en la cultura mexicana por lo que se ha buscado implementar soluciones a distintos factores que pueden afectar su desarrollo durante la cosecha como lo son la sequía y las enfermedades provocadas por patógenos además de buscar promover su rápido crecimiento. La presente investigación tiene como objetivo principal evaluar el impacto de 2 cepas promotoras de crecimiento en las que destacan el género *Bacillus spp.* y *Enterobacter spp.* en el desarrollo de las plantas de frijol, por ello fue necesario emplear algunas técnicas para comprobar su efectividad como lo fue el sometimiento a sequía moderada de las plantas en invernadero y pruebas de antagonismo con hongos fitopatógenos en el laboratorio además de realizar pruebas rápidas de las semillas inoculadas envueltas en sanitas o también llamadas “tacos”. Cabe destacar que fueron utilizadas 12 macetas con 3 plantas en las que se aplicaron 4 tratamientos, cada uno con 3 réplicas. Se colocaron 2 tratamientos como controles, al control positivo se le agregó fertilizante en la etapa V4 y al control negativo solo solución salina al momento de la inoculación. Posterior al sometimiento a sequía se obtuvo que la cepa perteneciente a *Enterobacter spp.* dio mejores resultados ya que sus hojas seguían verdes y sin importar la sequía presentaron bastantes vainas y respecto al antagonismo, la cepa de *Bacillus spp.* presentó mayor capacidad de inhibición de fitopatógenos.

Palabras clave: PGPR, *phaseolus vulgaris*, sometimiento a sequía & antagonismo con hongos fitopatógenos.

ABSTRACT

Beans are one of the most consumed and important leguminous plants in Mexican culture, which is why we have sought to implement solutions to different factors that can affect their development during harvest, such as drought and diseases caused by pathogens, in addition to promoting their rapid growth. The main objective of this research is to evaluate the impact of 2 growth-promoting strains, including *Bacillus spp.* and *Enterobacter spp.* on the development of bean plants, so it was necessary to use some techniques to test their effectiveness, such as subjecting plants to moderate drought in greenhouses and antagonism tests with phytopathogenic fungi in the laboratory, in addition to conducting rapid tests of inoculated seeds wrapped in sanitas or also called “tacos”. It should be noted that 12 pots with 3 plants were used, in which 4 treatments were applied, each with 3 replicates. Two treatments were used as controls; fertilizer was added to the positive control at the V4 stage and only saline solution was added to the negative control at the time of inoculation. After drought, the strain belonging to *Enterobacter spp.* gave better results since its leaves were still green and, regardless of the drought, presented enough pods, and with respect to antagonism, the *Bacillus spp.* strain presented a greater capacity to inhibit phytopathogens.

Keywords: PGPR, *phaseolus vulgaris*, submission to drought & antagonism with phytopathogenic fungi.

INTRODUCCIÓN

El frijol juega un papel importante en la cultura mexicana, ya que es un alimento que se consume con regularidad hace miles de años. Actualmente existen problemas en las cosechas gracias a la gran cantidad de químicos y fertilizantes que se le suministran a los suelos así como también a factores abióticos provocando que los suelos pierdan constantemente su capacidad para retener agua y nutrientes dañando directamente los cultivos, en estos casos han sido usadas algunas bacterias como una estrategia para reducir daños a los suelos y cultivos, estas son llamadas bacterias promotoras de crecimiento o por sus siglas en inglés PGPR

(Plant Growth Promoting Rhizobacteria), estas son bacterias que funcionan mediante mecanismos de acción como fijamiento del nitrógeno, producción de fitohormonas y sideróforos para obtener plantas con mejor desarrollo, además de que han sido bastante utilizadas cuando se trata de suelos con demasiada sal, durante sequías y estrés por metales pesados.

En México se han realizado estudios llevados a cabo con estas bacterias promotoras, específicamente en el estado de Guanajuato en el año 2015 se realizó un estudio de bacterias promotoras de crecimiento de plantas aisladas de zonas naturales protegidas. Estas bacterias se tomaron de dos árboles de mezquite y encino, los cuales son nativos de dicha región. Se obtuvieron 21 aislados que fueron posteriormente utilizados en el desarrollo de rábano, pepino y en confrontación de hongos fitopatógenos. Como resultado, dos de las 21 cepas utilizadas fueron las que mostraron más beneficios con un 100% de germinación.

Ahora bien, en el caso del frijol, se buscó una alternativa para reducir el uso de agroquímicos que pueden ser dañinos a largo plazo, considerando bacterias del género *Bacillus spp.* y *Enterobacter spp.* para evaluar la manera en la que benefician la planta.

MATERIALES Y MÉTODOS

- Obtención de cepas

Se utilizaron dos cepas pertenecientes a los géneros *bacillus spp.* (5.5) y *enterobacter spp.* (36.8). Estas cepas fueron obtenidas por el personal técnico del Centro Nacional de Recursos Genéticos, a partir de muestras de suelo recolectadas en plantaciones de cítricos provenientes de Veracruz, entre los que se encontraban toronja, limón y naranja, sin embargo, algunas muestras estaban infectadas de HLB, que es una enfermedad que afecta principalmente a este tipo de árboles. A continuación, las cepas con las que se trabajó y sus códigos asignados.

- Preparación de sustrato y macetas.

Se hizo uso de vermiculita y Peat Moss en proporción 1:1 como sustrato. Se utilizaron aproximadamente 25 kilogramos de este sustrato para la cantidad de 12 macetas. Se implementaron 4 tratamientos con 3 réplicas entre los cuales se emplearon 3 macetas para control negativo y 3 para control positivo obteniendo 12 en total.

- Esterilización de semillas y germinación.

Para este paso, las semillas a germinar se esterilizaron con alcohol al 70%, cloro al 10% y tiosulfato de sodio al 2%. Primeramente, se agregó el alcohol hasta cubrir y se agitó durante 1 minuto para después realizar un lavado con agua estéril, después de desechar el agua se agregó el cloro y se agitó durante 10 minutos y de igual manera se lavó 5 veces más con agua estéril, finalmente se agregó el tiosulfato y se hicieron 2 lavados posteriores. Después de este proceso se colocaron de entre 10 y 15 semillas estériles a germinar en agar agua al 0.7%.

- Siembra de semillas en macetas.

Fueron necesarios 2 mecheros a cada lado de la maceta para mantener la esterilidad. De las cajas se tomaron las semillas que si germinaron y se enterraron con unas pinzas estériles. En cada maceta se sembraron 3 semillas sumergiendo las pinzas entre cada una en alcohol al 70% para posteriormente flamearlas.

- Suspensión de bacterias e inoculación.

Para realizar la inoculación de las bacterias en las macetas se realizó una suspensión de bacterias en concentración 10^8 para una abundante proliferación en raíces. Se incubó caldo de soya tripticaseína con cada cepa, al día siguiente cuando había indicios de crecimiento bacteriano se midió la absorbancia en un espectrofotómetro a 600 nm para determinar la cantidad necesaria de caldo. Los caldos se centrifugaron a 5000 rpm y 4°C durante 15 minutos, se desechó el sobrenadante y se agregó 5 ml de solución salina para centrifugar 2 veces más durante 10 minutos en las mismas condiciones sin olvidar la solución salina entre cada lavado y se le agregó el volumen final. Para inocular se agregó 1 mililitro de

cada suspensión para cada maceta correspondiente, mientras que al control negativo se le agregó solución salina.

- Sometimiento a sequía o estrés hídrico.

Uno de los beneficios de las bacterias promotoras de crecimiento es su capacidad de adaptación, por lo que se decidió realizar pruebas de sometimiento a sequía para determinar la o las bacterias que tenían una mejor respuesta ante este tipo de estrés.

Se tenían dos opciones que consistieron en someter a sequía moderada y sequía severa por lo que al iniciar la etapa fenológica R5 se mantuvieron las plantas sin riego durante una semana para determinar las plantas inoculadas que soportaron más la sequía, por consiguiente, dichas plantas serían sometidas a sequía severa, es decir, 15 días sin riego.

- Pruebas de antagonismo con hongos fitopatógenos.

Se realizaron pruebas de este tipo para determinar la cepa que tiene capacidad de inhibición frente a hongos fitopatógenos que pueden llegar a causar enfermedades en la planta. Se realizó suspensión de esporas y suspensión de bacterias para dicha prueba, en el centro se colocó la suspensión de esporas y al día siguiente la suspensión de las cepas con sus controles, es decir, solo la suspensión de esporas.

- Pruebas rápidas en tacos.

Esta prueba fue realizada en sanitas de papel, se esterilizaron semillas de frijol como se mostró anteriormente y se colocaron entre 5 y 10 semillas con 10 ml de suspensión de bacterias. Para cada tratamiento se realizaron también 3 réplicas y un control donde no se le añadió suspensión y solo se regó con agua estéril. Estos tacos se llevaron a cámara de crecimiento durante 15 días para su posterior evaluación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La principal característica de estas bacterias tal como su nombre lo dice, es promover el crecimiento de las plantas, tanto del follaje como de las raíces, por lo que cuando los tacos cumplieron 15 días, se procedió a medir y pesar ambas partes de la planta, llegando a la conclusión de que la cepa 36.8 tuvo mayor influencia principalmente en las raíces, que es la parte esencial de la planta donde se absorben todos los nutrientes necesarios.



Figura 1. Comparación de plantas inoculadas con las distintas cepas y control.

Antes del estrés hídrico, las plantas del control negativo eran quienes tenían una mejor apariencia, aunque después de la sequía se pudo observar una diferencia muy notoria entre las plantas inoculadas con los controles, ya que las plantas inoculadas tuvieron una mayor resistencia, mientras que los controles se vieron bastante deteriorados a causa de la falta de agua. La cepa que tuvo mejor efecto frente a estrés hídrico fue la 36.8 con un poco de ventaja gracias a que independientemente de la sequía produjo bastantes vainas.

DISCUSIÓN

La mayoría de resultados han sido favorables, demostrando que las PGPR tienen muchas aplicaciones en las que se encuentra la resolución a problemáticas como en este caso la salinidad. En la sequía se pudo demostrar que los géneros *Bacillus*, *pseudomonas* y *enterobacter* tienen una gran capacidad para soportar la sequía durante una semana, pero dadas las circunstancias de algunas plantas, es probable que no soporten la sequía severa pero pueden ser útiles también para otras

problemáticas como lo son también las enfermedades causadas por fitopatógenos, para ello es importante tener en cuenta que no todas las bacterias funcionan igual, deben hacerse las investigaciones correspondientes para obtener un análisis más detallado del funcionamiento de cada cepa en cada problemática.

Es posible hacer un análisis con los estudios realizados, sin embargo, es conveniente realizar más investigaciones frente a otras problemáticas o líneas de investigación. Las más comunes son las ya mencionadas anteriormente, pero gracias al abuso de químicos y el cambio climático van surgiendo nuevas problemáticas que dañan el desarrollo de las plantas como lo es también el exceso de agua en las inundaciones, se ha demostrado que este exceso también limita la absorción de nutrientes por lo que las PGPR podrían ser también una alternativa.

CONCLUSIONES

En conclusión, el uso de bacterias promotoras de crecimiento es una gran alternativa para los diferentes retos a los que se enfrentan las cosechas día a día, y principalmente a todas aquellas que tienen una función alimentaria tan extensa como lo es el frijol en México. Fue fácil darse cuenta que tuvieron un papel importante durante la sequía ya que presentaron una mayor resistencia a este tipo de estrés comparado con los controles, debido a que los controles estaban casi secos y presentaban pocas vainas. El género *bacillus* quién predominó en la inhibición de los mismos gracias a sus metabolitos, de tal manera que, si se busca combatir o prevenir enfermedades causadas por patógenos, esta es la mejor alternativa además de ser uno de los géneros que promovió el crecimiento del follaje y la raíz. Esta puede ser una importante estrategia sostenible para mejorar las cosechas reduciendo la dependencia de agroquímicos y mejorando la salud de la planta a largo plazo.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue posible gracias al INIFAP; Centro Nacional de Recursos Genéticos.

LITERATURA CITADA

- Bécquer Granados, C. J., (2022). Rhizobacteria and their contribution to plant tolerance to drought and salinity. Cuban Journal of Agricultural Science, 56(2), 1-19. <https://www.redalyc.org/journal/6537/653773103006/>
- Cruz Cárdenas, C. I., Zelaya Molina, L., Sandoval Cancino, G., de los Santos Villalobos, S., Rojas Anaya, E., Chávez Díaz, I., & Ruíz Ramírez, S. (s.f.). Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en México: consideraciones y retos. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 12(5). doi:<https://doi.org/10.29312/remexca.v12i5.2905>
- Jalmi, S. K., & Sinha, A. K. (2022). Ambigüedades de la señalización de plantas inducida por PGPR y el manejo del estrés. Fronteras de la microbiología, 13, 899563. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.899563>
- Ramírez Campos, C. &. (2014). STUDIO DE BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO DE PLANTAS. Jóvenes en la Ciencia. Obtenido de <http://www.repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/2437/1/Estudio>
- Velasco Jiménez, A., Castellanos Hernández, O., Acevedo Hernández, G., & Aarland, R. C. (2020). Bacterias rizosféricas con beneficios potenciales en la agricultura. Terra Latinoamericana, 38(2). doi:<https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.470>

EVALUACIÓN INMUNOLÓGICA DE NANOPARTÍCULAS LIPÍDICAS ACOPLADAS A UNA PROTEÍNA RECOMBINANTE

José B. García-Cambrón^{1§}, José L. Cerriteño-Sánchez², Julieta S. Cuevas-Romero², Gerardo Blancas-Flores³

¹Posgrado en Biología Experimental, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco 186, Leyes de Reforma 1ra Sección, Iztapalapa, Ciudad de México, México, 09340, Correo:; ²Laboratorio de Virología II, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, Carretera México-Toluca, Km. 15.5, Palo Alto, Cuajimalpa, Ciudad de México, México, 05110; ³Laboratorio de Farmacología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco 186, Leyes de Reforma 1ra Sección, Iztapalapa, Ciudad de México, México, 09340, §Autor de correspondencia:

tlcbioexp@gmail.com

RESUMEN

En la actualidad, el desarrollo de vacunas ha sido uno de los retos más importantes debido a la aparición y reaparición de enfermedades. En el sector pecuario, las enfermedades virales generan grandes estragos a nivel económico. Las vacunas (de subunidades antigénicas) están elaboradas con un antígeno de origen recombinante y un adyuvante, que en conjunto generarán una fuerte respuesta inmune. El de este trabajo es desarrollar un complejo inmunoestimulante (antígeno más adyuvante) con potencial uso como vacuna para la DEP. Nanopartículas lipídicas con ácido glicirricínico (LNPs-GA) fueron desarrolladas mediante el método de filme lipídico. Las nanopartículas fueron conservadas a 4°C. Se usó como antígeno la proteína NTD recombinante (segmento que forma parte de la proteína S del vDEP) y se realizó una mezcla 5:5 (5 µg adyuvante y 5 µg proteína). Se evaluó el tamaño, forma y estabilidad del complejo. Para determinar la capacidad inmunoestimulante, ratones CF-1 fueron inmunizados durante 35 días (inmunización en los días 0 y 14). Se extrajeron muestras de sangre cada 7 días post inmunización. Se evaluó la respuesta humoral, así como la concentración de IL-1β y TNF-α en suero mediante ensayos de ELISA. Los análisis de tamaño y forma mostraron nanopartículas ovoides con un tamaño que oscila entre los 60-200 nm,

con características aniónicas y estables (-28 mV). Las nanopartículas mostraron estabilidad al acoplarse con un antígeno recombinante. La evaluación de la respuesta humoral mostró que los ratones inoculados con las LNPs-GA y la recombinante produjeron considerablemente más anticuerpos con respecto a los grupos controles y se mostró una inhibición de las citocinas pro-inflamatorias. Los resultados indican que las LNPs-GA pueden ser potencialmente usadas como adyuvante para vacunas contra la DEP.

Palabras clave: *Antígeno, recombinante, nanopartículas, adyuvante, vacuna.*

ABSTRACT

The development of vaccines has been one of the most important challenges, owing to the appearance and reappearance of diseases. In the livestock sector, viral diseases wreak great economic havoc. Vaccines (Antigenic subunit vaccines) are made with an antigen of recombinant origin and an adjuvant, which together generate a strong immune response. The aim of this study was to develop an immunostimulant complex (antigen plus adjuvant) for potential use as a vaccine for PED. Lipid nanoparticles containing glycyrrhizinic acid (LNP-GA) were developed using the lipid film method. The nanoparticles were stored at 4°C. Recombinant NTD protein (segment forming part of vDEP protein S) was used as an antigen, and a 5:5 mixture (5 µg adjuvant and 5 µg protein) was prepared. The size, shape, and stability of these complexes were evaluated. To determine immunostimulatory capacity, CF-1 mice were immunized for 35 days (immunization on days 0 and 14). Blood samples were drawn every seven days post-immunization. Humoral response and serum IL-1β and TNF-α concentrations were evaluated using ELISA. Size and shape analyses showed ovoid nanoparticles ranging in size from 60-200 nm, with anionic characteristics and stable (-28 mV). The nanoparticles were stable upon coupling with the recombinant antigens. Evaluation of the humoral response showed that mice inoculated with LNPs-GA and recombinant LNPs-GA produced significantly more antibodies than the control groups, and inhibition of pro-inflammatory cytokines was observed. These results indicate that LNPs-GA could potentially be used as an adjuvant for PED vaccines.

Keywords: *Antigen, recombinant, nanoparticles, adjuvant, vaccine.*

INTRODUCCIÓN

El virus de la Diarrea Epidémica Porcina (DEPV) es un miembro de los Alphacoronavirus y causa una enfermedad caracterizada por signos clínicos como diarrea severa, vomito, deshidratación y una alta tasa de mortalidad en lechones, generando pérdidas económicas significativas en la industria porcícola. La DEP no es una enfermedad zoonótica ni tampoco un riesgo para la salud alimentaria (Jung *et al.*, 2020). La talla genómica de este virus es de 28 kb, que contiene los ORF1a y ORF1b que codifican para 14-16 proteínas no estructurales, y un ORF3 que codifica para una proteína accesoria estructural, así como los ORFs de las proteínas estructurales (S, M, E y N). La proteína S (spike) del Alphacoronavirus DEPV es una gran proteína glicosilada que está conformada por dos dominios: S1 y S2. S1 es parte del reconocimiento del receptor celular, mientras que S2 es parte de la fusión entre célula-virus (Kirchdoerfer *et al.*, 2021). Esta proteína está compuesta por aproximadamente 1162 residuos de aminoácidos, además de contener glicosilaciones a lo largo de su secuencia que le otorgan un peso molecular aproximado de entre 100 y 250 kDa. La proteína S es reconocida como la más antigénica debido a que la porción S1 es la más expuesta y la cual contiene un gran número de epítomos altamente antigénicos e inmunogénicos, incluyendo a la región de unión al receptor (RBD) (Li *et al.*, 2020). Las nanopartículas lipídicas (LPNs) son un tipo de moléculas que han generado gran interés debido a su potencial uso como adyuvantes, ya que son capaces de generar una respuesta inmune mayor, además que mejoran el acoplamiento y entrega de fármacos y/o antígenos. Estas nanopartículas se pueden clasificar en 3 tipos: LPNs de encapsulamiento de antígeno, LPNs adyuvantes y LPNs de encapsulamiento de mRNA (Abdellatif *et al.*, 2023). El ácido glicirricínico o ácido glicirretínico (GA), un componente derivado de la Glizirricína (GL), se ha empleado el GA como componente para el desarrollo de complejos inmunoestimuladores. Estos complejos (nanopartículas lipídicas) con GA se forman a partir de la unión con compuestos anfifílicos y esteroides, tales como fosfolípidos y colesterol, respectivamente (Seidman *et al.*, 2020). El uso de estos

biológicos permitirá que se mejore el control de enfermedades infecciosas y se mejore las respuestas obtenidas. Por ello, el objetivo del presente trabajo es evaluar un complejo de LNPs con GA y un fragmento altamente antigénico de la proteína S con potencial uso para el control y prevención de la DEP.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto fue desarrollado en el laboratorio de Epizootiología del CENID-SAI, sede Palo Alto, y en el laboratorio de farmacología de la UAM-I. Se realizó una evaluación *in silico* del segmento N-terminal de la proteína S del vDEP (NTD-S), evaluando su estructura terciaria, regiones antigénicas, su probabilidad de superficie y su hidrofiliidad, esto a partir de su secuencia de residuos de aminoácidos. La proteína rNTD-S se expresó en un sistema procarionte (BL21 DE3) por inducción con IPTG (1.5 mM) en una OD_{450nm} durante 24 h. La proteína fue purificada mediante cromatografía de afinidad con iones metálicos inmovilizados (IMAC) y se cuantificó por el método de Bradford. Nanopartículas lipídicas (LNPs-GA) se desarrollaron mediante el método de film lipídico. Se realizó una mezcla de fosfolípidos, colesterol y GA en una relación 2:1:2, respectivamente y se homogenizaron a 15 000 rpm. Finalmente, se filtraron a 0.8, 0.45 y 0.2 µm y fueron conservadas a 4° C. La recombinante fue usada como antígeno y se realizó una mezcla 5:5 (5 µg de adyuvante y 5 µg de proteína). Se evaluó el tamaño, forma y estabilidad del complejo mediante microscopía electrónica de transmisión (TEM) y por análisis de potencial Z. Se evaluaron inmunológicamente 6 grupos de ratones CF-1 de 21 días de vida, inoculados con 5 µg/ratón y con dos dosis, en los días 0 y 14, por 35 días, con las siguientes preparaciones: LNPs-GA + PBS (Negativo), PBS + rNTD-S (Positivo), GA + rNTD-S, LNPs-GA + rNTD-S, ISCOM + rNTD-S y PBS (Blanco). Muestras de sangre de la cola de los ratones fueron obtenidas cada 7 días post inmunización (hasta el día de la eutanasia). Se determinó la producción de anticuerpos mediante el ensayo de ELISA indirecto. Adicionalmente, se evaluó la concentración en suero de IL-1β y TNF-α, dos citocinas pro-inflamatorias, mediante ELISA. Los datos fueron reportados como promedios ± error estándar. Los grupos se compararon mediante la prueba de ANOVA en el paquete estadístico NCSS, y

las diferencias se consideraron estadísticamente significativas cuando la probabilidad fue menor a $P < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación *in silico* mostró que la proteína tiene una gran abundancia de regiones antigénicas sobre su secuencia, adicionalmente muestra diversas regiones de contacto y solubilidad (Imagen 1). Se logró obtener de forma recombinante la proteína rNTD-S purificada (Imagen 2), lo que permitió llevar a cabo los análisis con las LNPs- GA. El análisis de tamaño y forma mostraron nanopartículas pleomórficas con un tamaño que oscila entre 60-200 nm, mientras que el análisis de estabilidad indicó que las LNPs-GA eran estables y con características aniónicas (-28 mV). La evaluación de la producción de anticuerpos mostró que los ratones inoculados con el complejo inmunoestimulante produjeron considerablemente más anticuerpos en comparación con los grupos controles. Además, se mostró que el complejo tenía la capacidad de disminuir la concentración de las citocinas pro-inflamatorias en suero (Imagen 3).

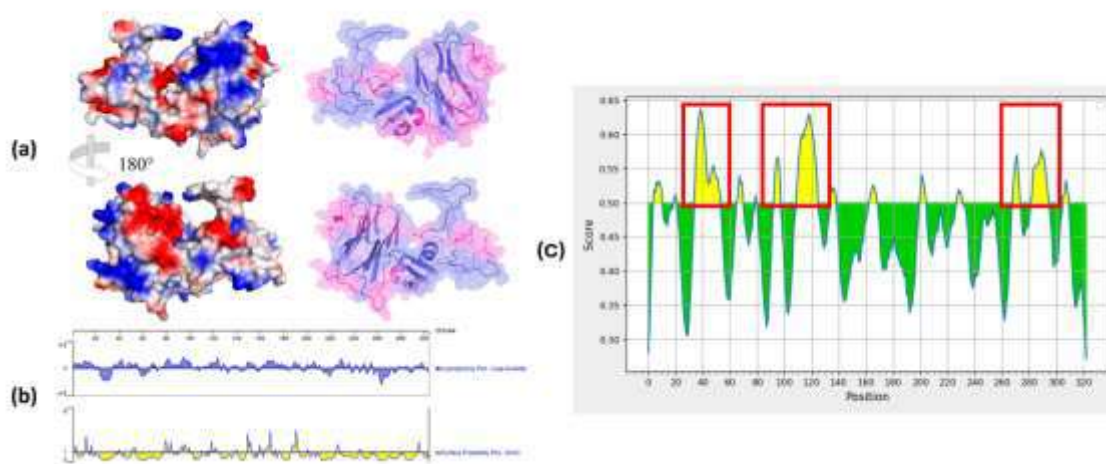


Figura 1. Evaluación *in silico* de la proteína rNTD-S. La imagen (a) muestra su estructura globular, así como las regiones con carga (rojo y azul) de la estructura; la imagen (b) muestra los paneles de hidrofilia y de probabilidad de superficie de la proteína; la imagen (c) muestra las regiones antigénicas de la proteína.

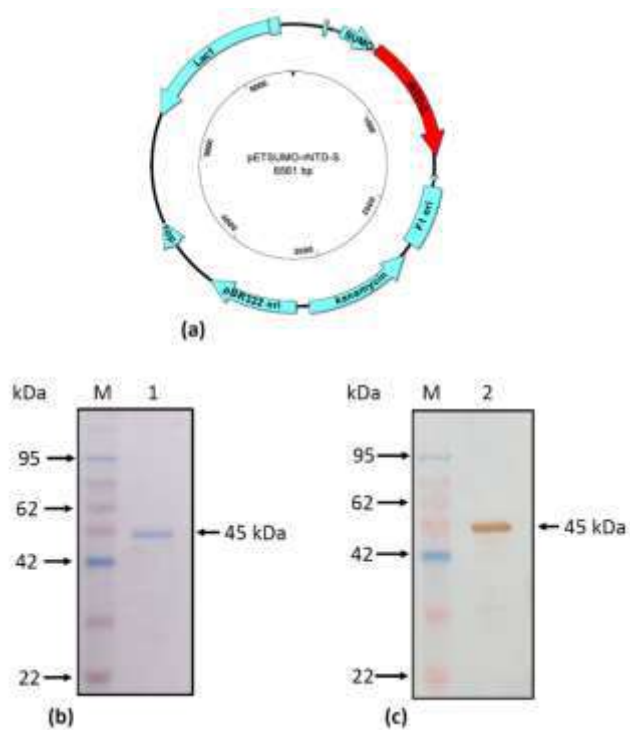


Figura 2. Desarrollo del sistema de expresión recombinante **(a)** y su forma purificada **(b y c)** de la proteína rNTD-S en un sistema procarionte.

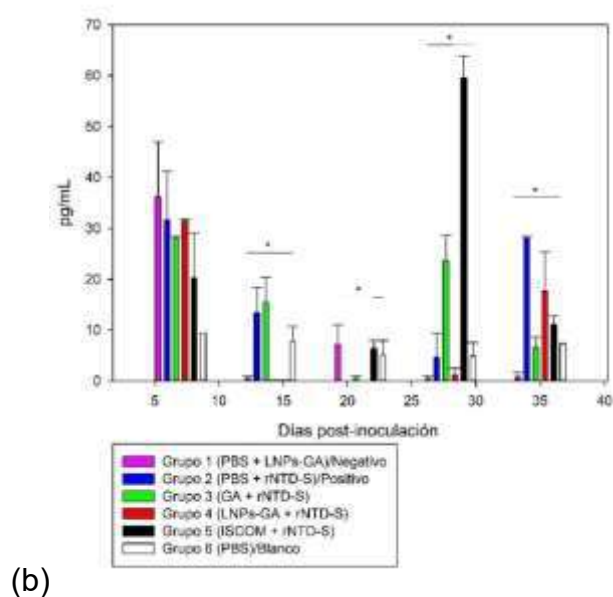
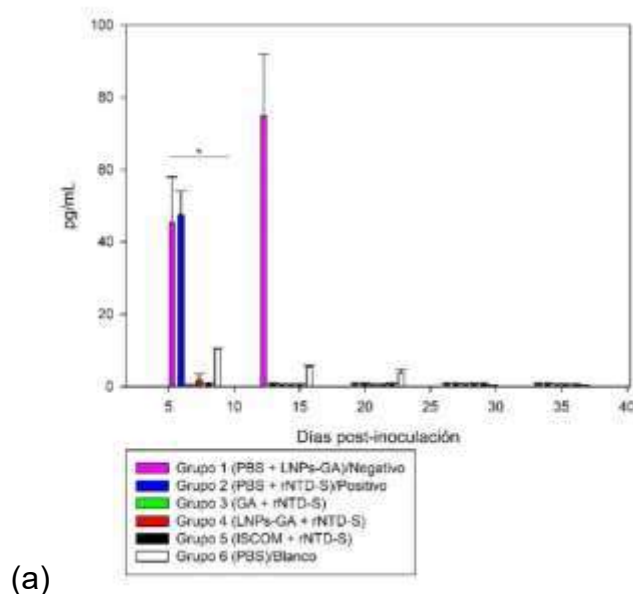


Figura 3. Evaluación de la concentración en suero de las citocinas IL-1 β (a) y TNF- α (b), evaluados mediante ELISA.

CONCLUSIONES

En este trabajo, producimos LNPs-GA estables junto con un antígeno recombinante rNTD-S. Estos resultados mostraron que el complejo LNPs-GA puede generar una fuerte respuesta inmunitaria en modelos animales, además de tener potenciales efectos inmunomoduladores que favorezcan la reducción de los efectos reactogénicos, siendo un candidato para el control de la enfermedad.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

José Bryan García-Cambrón recibe una beca otorgada por el CONAHCYT (CVU: 992190). Este trabajo ha sido financiado por "Proyectos fiscales: Evaluación de compuestos inmunomoduladores y compuestos antivirales para el tratamiento de la enfermedad del ojo azul porcino" [no. 2192136578] del CENID-SAI/INIFAP, Ciudad de México, México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdellatif, A. A. H., Younis, M. A., Alsowinea, A. F., Abdallah, E. M., Abdel-Bakky, M. S., Al-Subaiyel, A., Hassan, Y. A. H., & Tawfeek, H. M. 2023. Lipid nanoparticles technology in vaccines: Shaping the future of prophylactic medicine. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 222.
- Jung K., Saif L.J., Wang Q. (2020). Porcine epidemic diarrhea virus (PEDV): An update on etiology, transmission, pathogenesis, and prevention and control. *Virus Research*. (2020).
- Kim S.-H., Cho B.-H., Lee K.-Y., Jang Y.-S. (2018). Immune Network. 18(3).
- Kirchdoerfer, R. N., Bhandari, M., Martini, O., Sewall, L. M., Bangaru, S., Yoon, K.-J., & Ward, A. B. 2021. Structure and immune recognition of the porcine epidemic diarrhea virus spike protein. *Structure*, 29(4). Pp.: 385-392.

Li, Z., Ma, Z., Li, Y., Gao, S., & Xiao, S. 2020. Porcine epidemic diarrhea virus: Molecular mechanisms of attenuation and vaccines. *Microbial Pathogenesis*, 149, 104553.

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE ECOTIPOS DE *Sporobolus airoides* EN SAN LUIS POTOSÍ

Mauricio Velázquez Martínez^{1*}, Pedro Hernández Rojas², Rosendo Hernández Martínez³, Fernando Lucio Ruiz¹, Francisco Santiago Hernández¹, Miguel ángel Mata Espinos⁴.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental San Luis, km 14.5 Carretera San Luis - Matehuala. Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México. C.P. 78430. ²INIFAP, Sitio Experimental Zaragoza, km. 21.5 Carr. Zaragoza – Ciudad Acuña, Zaragoza, Coahuila, México., C.P. 26450. ³INIFAP, Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas, México. km. 61 Carr. Matamoros-Reynosa C.P. 88900. ⁴Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Km. 40 Carr. Gómez Palacio – Chihuahua. Bermejillo, Durango, México C.P. 35230.

*Autor de correspondencia: velazquez.mauricio@inifap.gob.mx.

RESUMEN

Con el sobrepastoreo generado por la ganadería extensiva en pastizales y agostaderos, se tiene una pérdida en la diversidad de especies forrajes del 58 %, por lo que se plantea la revegetación con especies nativas para incrementar la disponibilidad de forraje, no obstante, como primer punto se debe identificar los genotipos ideales para hacer uso de ellos. Por ello el objetivo de este proyecto fue evaluar bajo un mismo ambiente la expresión de diversos ecotipos de *Sporobolus airoides* en primeras etapas de establecimiento en cuanto altura de planta y número de espigas. Se encontraron seis ecotipos sobresalientes en cuanto altura de planta de hasta 40 cm y siete con número de espigas de hasta 4 por planta, por lo que la variabilidad en las variables, permite distinguir la diversidad genética de los ecotipos de *Sporobolus airoides*. No obstante, se recomienda continuar con la evaluación de estas variables en futuras evaluaciones forrajeras en los mismos ecotipos.

Palabras clave: *Sporobolus airoides*, forraje, ecotipos, diversidad genética, conservación ex situ.

ABSTRACT

With the overgrazing generated by extensive livestock grazing in pastures and rangelands, there is a 58% loss in the diversity of forage species, so revegetation with native species is proposed to increase the availability of forage, however, as a

first point, the ideal genotypes must be identified to make use of them. Therefore, the objective of this project was to evaluate the expression of different ecotypes of *Sporobolus airoides* in the early stages of establishment in terms of plant height and number of spikelets under the same environment. Six outstanding ecotypes were found with plant height up to 40 cm and seven with number of spikelets up to 4 per plant, so that the variability in the variables allows distinguishing the genetic diversity of the ecotypes of *Sporobolus airoides*. Nevertheless, it is recommended to continue with the evaluation of these variables in future forage evaluations in the same ecotypes.

Key words: *Sporobolus airoides*, forage, ecotypes, genetic diversity, ex situ conservation.

INTRODUCCIÓN

Los agostaderos se han caracterizado por el deterioro constante de la biodiversidad por el sobrepastoreo lo que conlleva a incrementar los coeficientes de agostadero por unidad animal, es decir disminuir la cantidad de animales que un agostadero puede mantener de manera sostenible a largo plazo y con ello disminuye la productividad de la actividad ganadera, sin mencionar el impacto ambiental que se genera como la erosión del suelo (Alcalá-Galván *et al.*, 2018), la disminución en la captura de carbono y la poca retención de agua en el suelo (Yerena *et al.*, 2014). A nivel nacional para el 2021, la degradación ambiental y el agotamiento de los recursos naturales en todos los ámbitos, generó la pérdida de 1.8 billones de pesos, lo que representa el 4.6 % del Producto Interno Bruto (CONAFOR, 2024).

Con el sobrepastoreo o pastoreo continuo, se tiene pérdida del 58 % de la diversidad de especies vegetales en el área, y aunque son las gramíneas el grupo de mayor presencia, se tiene solamente el 20.6 % en la frecuencia de aparición en el área, no obstante, independientemente de las especies presentes en el área de pastoreo, los rumiantes consumen el mismo contenido proteico, lo que genera una mayor pérdida de fuentes alimento (Echavarría *et al.*, 2006). Una de las estrategias para la recuperación de áreas degradadas por el pastoreo se establece el uso de gramíneas forrajeras como los pastos (Quiroga *et al.*, 2009). Sin embargo, la disponibilidad de semilla para la resiembra de pastizales y agostaderos en las zonas

áridas y semiáridas es limitada, por lo que se requieren estrategias para identificar las especies adaptadas como primer punto (Martín *et al.*, 2024) y partir desde la variación entre ecotipos de una misma especie para encontrar características sobresalientes forrajeras para la selección y mejoramiento genético de este pasto (Morales *et al.*, 2009). Por lo anterior el objetivo de este proyecto fue evaluar bajo un mismo ambiente la expresión de diversos ecotipos de *Sporobolus airoides* en primeras etapas de establecimiento en cuanto altura de planta y número de espigas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental. El estudio se realizó el Campo Experimental San Luis del INIFAP, ubicado en el ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. El lugar está situado a 1850 metros sobre el nivel del mar, coordenadas geográficas Latitud (dec): 22.228928 y Longitud (dec): -100.850599. Se estableció un lote experimental *ex situ* el 12 de julio del 2024. Los ejemplares de *Sporobolus airoides* fueron recolectados en el año 2023 y 2024 en los estados de Tamaulipas, Coahuila, Durango y San Luis Potosí. Se colectaron tres ejemplares completos en bolsas para vivero de 20 cm de ancho por 30 cm de largo; la parte aérea se podó a una altura aproximada de 15 cm, cada planta fue identificada con un número de recolecta. Cada uno de los ecotipos representó una población de acuerdo al lugar de origen. Cada población estaba separada por una distancia aproximada de 100 km o 50 km si la altura sobre el nivel del mar aumentaba o disminuía 500 m.

Manejo experimental. La preparación de terreno se realizó el 29 de abril 2024 y constó de barbecho con arado de vertedera, dos pasos de rastra y niveladora agrícola. El trasplante fue manual, en hileras de 1.5 m y distancia de planta en hilera de 1 m, en arreglo de tresbolillo. De cada genotipo se sembraron 6 macollos de zacate (tres por hilera, cada hilera fungió como un bloque), como surco orillero se pusieron plantas de *Sporobolus airoides*. Para la siembra se hicieron hoyos de 30 cm de profundidad y 15 cm de diámetro, se agregó un litro de agua a cada hoyo y luego se rellenó con la misma tierra hasta que quedara de una profundidad de 15 cm donde se plantó parte de un macollo, se volvió agregar un litro de agua, los primeros tres días se regó diario con un litro de agua por planta, posteriormente tres veces a la semana un litro de agua. El trasplante se realizó el 12 de julio del 2024.

La medición de altura y número de espigas se realizó el día 13 de septiembre de 2024, es decir 64 días después de trasplante (ddt). Antes del trasplante se realizó un corte de uniformización a una altura aproximada de 10 cm. Durante el periodo de evaluación se registraron temperaturas (Figura 1).

Variables estudiadas. Las variables fueron altura de planta y número de espigas por planta. Se consideró la altura de manera general de la planta, cuando el conjunto de hojas tendiese a inclinarse horizontalmente o hacia abajo; se consideró a espigas completamente abiertas y espigas que comenzaban a aparecer a través de la vaina de la hoja bandera (desembuchado de la espiga).

Análisis de datos. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza usando el programa estadístico SAS/GLM (2009) y las medias se compararon con prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$), previo a homogeneidad de varianza de Bartlett. El modelo para variables altura del follaje fue: $Y_{ij} = \mu + \text{Trat}_i + \text{Bloq}_j + e_{ij}$

En el cual Y_{ij} = es la variable respuesta en el tratamiento i , repetición j ; μ = media general; Trat_i = efecto del tratamiento i , donde $i = 1, 2$ y 3 ; Bloq_j = efecto del bloque j ; e_{ij} = error aleatorio.

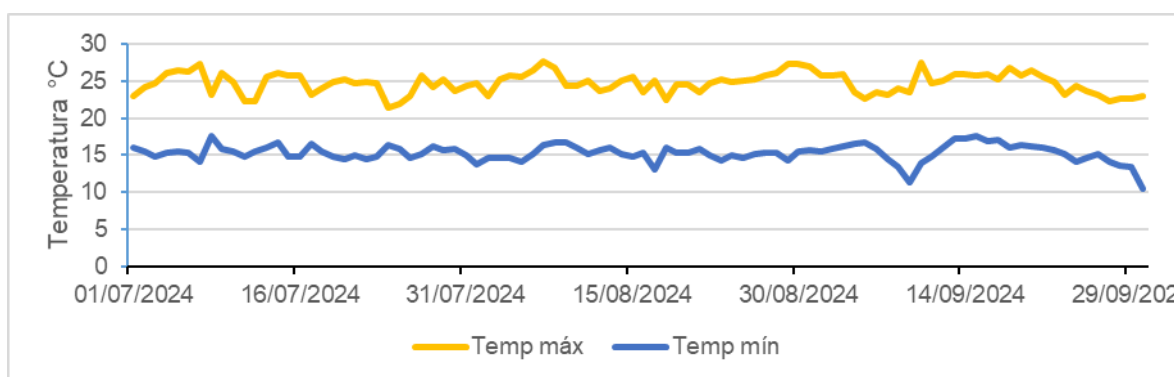


Figura 1. Temperaturas mínimas y máximas durante el desarrollo del experimento en soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo de los ecotipos estuvo en temperaturas promedio de 20 °C y las temperaturas mínimas y máximas no comprometieron el desarrollo vegetativo, factor destacable para la expresión genética de los ecotipos, ya que para gramíneas templadas temperaturas menores a 8 y superiores a 40, afectan las funcione

fisiológicas y metabólicas (Durán *et al.*, 2011). En la altura de planta se encontró diferencia significativa ($P<0.05$) entre los ecotipos de *Sporobolus airoides* evaluados donde sobresalieron los ecotipos de Cd Acuña y Saltillo con 40 y 37 cm, no obstante, fueron similares a estos ($P>0.05$) los ecotipos de Villa de Guadalupe, San Buenaventura, Jaumave, Cedral y Tula con alturas superiores a los 31 cm, mientras que el resto presentó alturas menores a los 27 cm. Alturas superiores fueron reportadas por Rodríguez-Ortega *et al.* (2021) a los mismos días de trasplante con 48 cm y al continuar la evaluación por más de 150 días después del trasplante, no se notó incremento en la variable altura, por lo que se espera que al evaluar por más tiempo los ecotipos, al menos uno presente alturas superiores, dado a la correlación que se tiene con el rendimiento de forraje en esta especie ($r=0.582$; Ortégón y Kuruvadi, 1985).

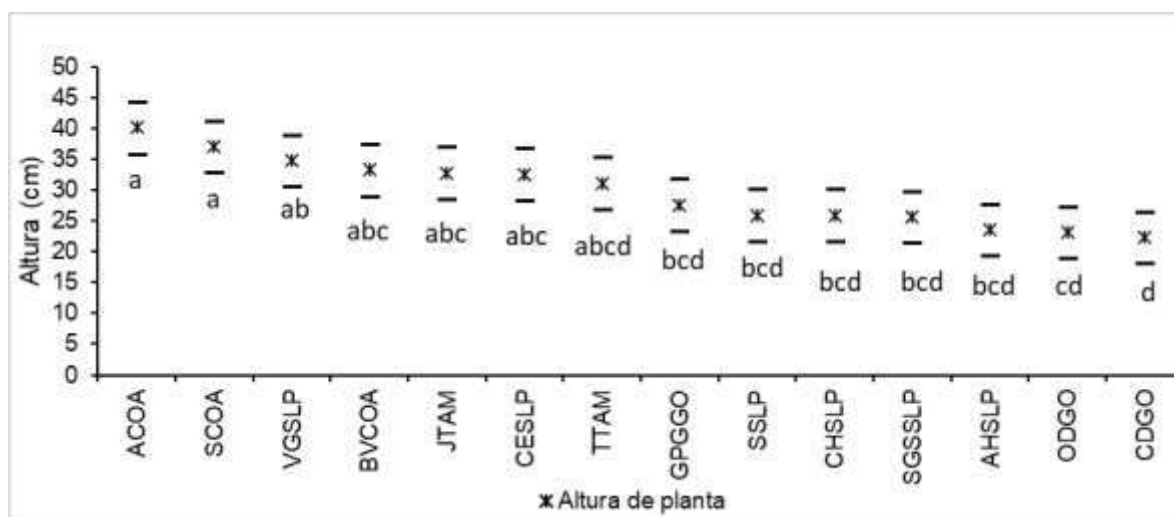


Figura 2. Altura de planta estimada de ecotipos de *Sporobolus airoides* establecidas ex situ en condiciones de riego 64 días después de trasplante en Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. Diferente literal entre ecotipos difieren estadísticamente ($P<0.05$). CHSLP: Charcas, S.L.P.; SCOA: Saltillo, Coah.; SSLP: Salinas, SLP; SGSSLP: Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.; CESLP: Cedral SLP; VGSLP: Villa de Guadalupe, SLP; TTAM: Tula, Tam.; AHSLP: Ahualulco, S.L.P.; ACOA: Cd. Acuña, Coah.; GPGGO: Gómez Palacio, Dgo.; CDGO: Cuenca, Dgo.; BVCOA: San Buenaventura, Coah.; JTAM: Jaumave Tam.; ODGO: Ojuela Dgo.

Cuadro 1. Número de espigas por planta de ecotipos de *Sporobolus airoides* establecidas *ex situ* en condiciones de riego 64 días después de trasplante en Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.

Ecotipo	Espigas	Límite inferior	Límite superior
Charcas, SLP	4.3a	3.0	5.7
Saltillo, Coahuila	2.7a	1.3	4.0
Salinas, SLP	1.7ab	0.3	3.0
Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.	1.7ab	0.3	3.0
Cedral SLP	1.3ab	0.0	2.7
Villa de Guadalupe, SLP	1.0ab	0.0	2.3
Tula, Tamaulipas	0.8ab	0.0	2.2
Ahualulco, S.L.P.	0.3b	0.0	1.7
Cd. Acuña, Coahuila	0.2b	0.0	1.5
Gómez Palacio, Durango	0.2b	0.0	1.5
Cuenca Durango	0.2b	0.0	1.5
San Buenaventura, Coahuila	0.0b	0.0	1.3
Jaumave Tamaulipas	0.0b	0.0	1.3
Ojuela Durango	0.0b	0.0	1.3
CV	1.9		

Se encontró diferencia estadística en el promedio estimado de número de espigas por planta entre los ecotipos estudiados ($P < 0.05$), en el que sobresalen los ecotipos de Charcas y Saltillo, similares a Salinas, Soledad de Graciano Sánchez, Cedral, Villa de Guadalupe y Tula, con 0.8 hasta 4.3 espigas por planta. Resultados similares fueron reportados por Bergum *et al.* (2012) con 3.9 a 4.3 espigas por planta en 6 meses de desarrollo, mientras que en otro estudio en etapas iniciales (4 meses) se presentaron dos espigas por planta, sin embargo, se incrementa en un lapso de ocho meses, hasta tener nueve espigas, por lo que a su vez se relaciona con incremento de número de tallos por metro cuadrado (Rodríguez-Ortega *et al.*, 2021). La mayor presencia de inflorescencia permite la presencia de semilla para la dispersión de la especie, que para los genotipos nativos se requiere cantidades elevadas según la calidad de estas, para lograr la mínima presencia de cinco plantas por metro cuadrado (Álvarez-Vázquez *et al.*, 2022).

CONCLUSIONES

La altura de planta y número de espigas por planta permitió visualizar la variabilidad genética encontrada en los ecotipos de *Sporobolus airoides*, por lo que permite a estos ecotipos continuar con la evaluación por tiempo prolongado y de esta manera incrementar el grado de selección para continuar futuras evaluaciones forrajeras.

AGRADECIMIENTOS

Al INIFAP por el financiamiento al proyecto número 10332836030: Colecta base de cuatro especies de zacates nativos para el Noreste semiárido de México.

REFERENCIAS

- Alcalá-Galván, C. H., R. H. Barraza-Guardado, F. Ayala-Álvarez y E. O. Rueda-Puente. (2018). Uso sustentable de agostaderos y el sistema vaca-cría en el Noreste de México. *Agronomía Mesoamericana* 29(2):433-447.
- Álvarez-Vázquez, P., A.R. Rojas-García, S. Joaquin-Cancino, M. Velázquez-Martínez, L.T. Rodríguez-Ortega y F.J. Hernández-Guzmán. (2022). Producción de forraje y semilla de ocho pastos al establecimiento en Tulancingo, Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 13(6):1041-1053.
- Bergum, K. E, A. L. Hild and B. A. Meador. (2012). Phenotypes of two Generations of *Sporobolus airoides* Seedlings Derived from *Acroptilon repens*-invaded and non-invaded Grass populations. *Restoration Ecology* 20(2):227-233.
- CONAFOR. (2024). Programa 2024 de compensación ambiental por cambio de uso del suelo en terrenos forestales. https://www.conafor.gob.mx/transparencia/docs/2024/Programa_2024_de_Compensacion_Ambiental_por_Cambio_de_Uso_del_Suelo_en_Terrenos_Forestales.pdf
- Durán P., N., J. A. Ruiz C., D. R. González E., G. Núñez H., F. J. Padilla R. y S. H. Contreras R. (2011). Temperaturas cardinales de desarrollo en la etapa siembra-emergencia de 11 pastos forrajeros. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 2(3):347-357.

- Echavarría C., F. G., R. Gutiérrez L., R. I. Ledesma R., R. Bañuelos V., J. I. Aguilera S. y A. Serna P. (2006). Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano. I vegetación nativa. *Técnica Pecuaria en México* 44(2):203-217.
- Martín R., M. H., F. A. Ibarra F., S. Moreno M., R. Retes L. y J. E. Hernández H. (2024). ¿Es económicamente costeable la cosecha de semilla de dos especies del género *Bouteloua* en Cananea Sonora, México?. *Revista Mexicana de Agronegocios* 28(54):667-678.
- Morales N., C. R., A. Quero C., A. Melgoza C., M. Martínez S. y P. Jurado J. (2009). Diversidad forrajera del pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.], en poblaciones de zonas áridas y semiáridas de México. *Técnica Pecuaria en México* 47(3):231-244.
- Ortegón P., A. y S. Kuruvadi. (1985). Evaluación de colecciones nativas de zacatón alcalino *Sporobolus airoides* Torr. en la formación de variedades bajo sequía. *Agraria: Revista Científica UAAAN* 1(2):107-121.
- Quiroga, E., L. Blanco y E. Oriente. (2009). Evaluación de estrategias de rehabilitación de pastizales áridos. *Ecología Austral* 19:107-117.
- Rodríguez-Ortega, L. T., D. A. Verde-Villegas, F. J. Hernández-Guzmán, J. L. Castrellón-Montelongo y A. Rodríguez-Ortega. (2021). Producción forrajera y semillas de *Panicum virgatum*, *Tripsacum dactyloides* y *Sporobolus airoides* en Tulancingo, Hidalgo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 2(e2861):1-12.
- Yerena Y., J. I., J. Jiménez P., E. Alanís R., O. A. Aguirre C. M. A. González T. y E. J. Treviño G. (2014). Dinámica de la captura de carbono en pastizales abandonados del noreste de México.

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA FITOTOXICIDAD DE EXTRACTOS DE *Parkinsonia aculeata* L. EN EL DESARROLLO INICIAL DEL MAÍZ

Leyva-Ponce José Aurelio¹, Pérez- López Lorenzo^{1*}, Peñuelas-Rubio Ofelda¹, Argentel-Martínez Leandris¹, Herrera-Sepúlveda Angélica, Aguirre-Mancilla Cesar Leobardo²

¹Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Bácum, Sonora, México.²Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato, México. Autor para correspondencia: lperez.lopez@itvy.edu.mx

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en el Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Sonora, México. El experimento tuvo como objetivo evaluar el efecto promotor o fitotóxico de diferentes concentraciones (5%, 10% y 30%) de extracto de *Parkinsonia aculeata* L. (palo verde) en la promoción del desarrollo inicial de híbridos de maíz. La conducción experimental fue en condiciones semicontroladas, estableciendo un híbrido simple F1 obtenido mediante un diseño dialélico, el que fue pre germinado durante 12 horas con extracto hidroalcohólico. Como control se utilizó agua destilada. Los extractos al 5% y al 10% promovieron la absorción de agua por las semillas, pero al 30% se redujo a solo 0.7g. La germinación no se afectó en los tratamientos al 5% y al 10%. Al 30% de extracto se inhibió significativamente la germinación por lo cual esta concentración fue fitotóxica. La altura de las plantas se incrementó respecto al control, con el aumento de la concentración en un 12 y 14% respectivamente para las plantas tratadas al 5 y 10% de extracto. Resultado similar se encontró en la longitud de las raíces. Con el presente estudio se confirma el efecto promotor de la germinación y el desarrollo inicial del maíz con el uso del extracto del palo verde a concentraciones menores del 30%. Concentraciones superiores a este valor resultan fitotóxicas.

Palabras clave: *palo verde, altura de las plantas, fitotoxicidad, maíz*

ABSTRACT

This work was developed at the Yaqui Valley Technological Institute, Sonora, Mexico. The objective of the experiment was to evaluate the promoting or phytotoxic effect of different concentrations (5%, 10% and 30%) of *Parkinsonia aculeata* L.

(palo verde) extract during seed water uptake, the germination and the initial growth of maize. The experiment was conducted under semi-controlled conditions, establishing a simple F1 hybrid obtained through a diallelic design, which was pre-germinated for 12 hours with hydroalcoholic extract. Distilled water was used as a control. The 5% and 10% extracts promoted seed water absorption, but at 30% it was reduced to 0.7g. Germination was not affected in the 5% and 10% treatments. At 30% extract, germination was significantly inhibited, which is why this concentration was phytotoxic. The height of the plants increased, compared to the control, with the increase in concentration by 12 and 14% respectively for plants treated with 5 and 10% extract. Similar result was found in the length of the roots. The present study confirms the promoting effect of germination and initial development of corn with the use of palo verde extract in concentrations lower than 30%. Extracts concentrations higher than this value are phytotoxic.

Keywords: *palo verde, plant height, phytotoxicity, corn*

INTRODUCCIÓN

El maíz se destaca por su gran importancia económica, social y cultural en México, considerado como un cultivo ancestral (Ortega, 2023). Los maíces de grano blanco y amarillo son los de mayor volumen de producción en México. Aunque también existen una diversidad considerable de maíces pigmentados (Abarca *et al.*, 2023). El maíz blanco utilizado principalmente para consumo humano (Ayala-Angulo *et al.*, 2023), y el maíz amarillo es destinado a la industria o la fabricación de alimento balanceado para la producción pecuaria (Araujo, 2022).

En la República Mexicana, existe una gran cantidad y diversidad de climas y ecosistemas, siendo las zonas áridas y las semiáridas las de mayor porcentaje (Peñuelas-Rubio *et al.*, 2022). Los escenarios actuales de cambio climático y los pronósticos del IPCC, por su sigla en inglés (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) imponen la necesidad de adoptar medidas genéticas, ecológicas y ambientales para producir alimentos

Particularmente en el estado de Sonora se ha incrementado el área cultivada de este cereal que es de 5,100 ha dedicada a la producción de maíz, principalmente

de grano blanco y amarillo. Se cultiva todo el año, fundamentalmente en las épocas invierno-primavera y primavera-verano (Portillo *et al.* 2023).

Tomando en cuenta la gran importancia económica y social que representan como productos agrícolas los maíces de grano blanco y amarillo, y la necesidad de usar alternativas ecológicas y económicas amigables con el ambiente, se desarrolló la siguiente investigación en condiciones experimentales controladas para evaluación de la germinación y el desarrollo inicial del maíz usando diferentes concentraciones de extracto de *P. aculeata*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un ambiente controlado, en las instalaciones del Tecnológico Nacional de México, Campus Valle del Yaqui, ubicado geográficamente sobre la Calle 600, Block 611, Bácum, 85276 San Ignacio Río Muerto, Sonora. A una altitud de 26 msnm. El clima del municipio se clasifica en dos tipos, el sector al norte del río Yaqui tiene un clima Seco muy cálido y cálido, mientras que la mitad al sur del río registra clima seco templado. La temperatura media anual de BÁCUM es de 24 °C. Se utilizó como material genético el híbrido simple de maíz de grano blanco L4 CML 550 X L1 CML 442 obtenido a partir de un diseño dialélico, utilizando el método I. de Griffing (Saavedra *et al.*, 2021).

Variables evaluadas

Volumen de agua absorbida a las 12 horas. Se determinó por diferencia de masa siendo el peso inicial las semillas sin pregerminar y el peso final las semillas embebidas en agua durante 12 horas. Se determinó el porcentaje de emergencia de las semillas a los 10 días después de la siembra. Además, se midió la altura de planta (AP), longitud de las raíces (LR), volumen de raíces (VR) y la tasa de crecimiento relativo (TCR) hasta los 35 días después de la emergencia. Se calculó el porcentaje de fitotoxicidad del extracto.

Análisis estadísticos

Para todas las variables evaluadas se realizaron análisis de varianza de clasificación simple basado en un modelo lineal de efectos fijos. Cuando existieron diferencias significativas entre los tratamientos se utilizó la prueba de comparación

múltiple de medias de *Tukey* para niveles de significación del 5% y 1%. Se utilizó para estos análisis el paquete profesional ESTATISTICA, versión 14.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la Fig. 1 se puede observar los volúmenes de agua absorbida del híbrido utilizado. Este indicador se incrementó con el aumento de la concentración del extracto al 5%. Sin embargo, a la concentración de por las semillas de los diferentes híbridos evaluados con extracto y sin extracto. Se observó que el valor mínimo de agua absorbida por las semillas es 0.9 g. No existieron diferencias en la capacidad de absorción de agua, cuando se aplicó extracto al 5% respecto a cuando no hubo aplicación.

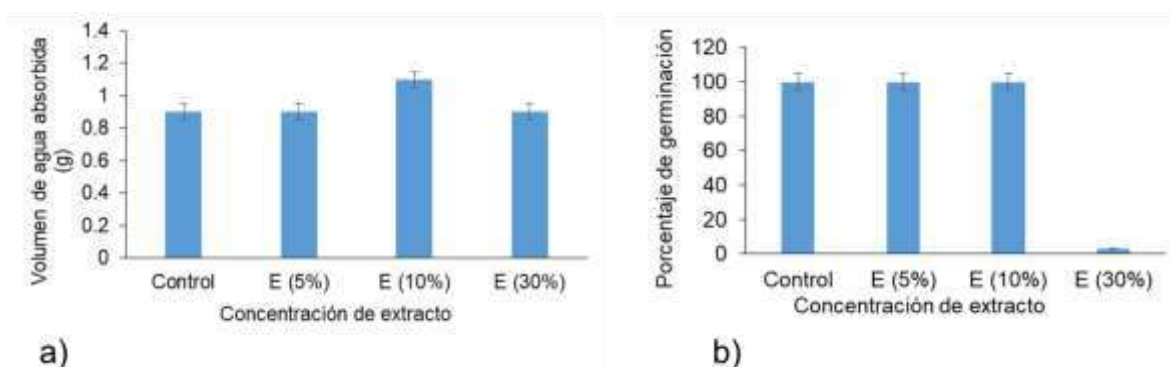


Figura 1. Volumen de agua absorbida (a) y porcentaje de germinación (b) del maíz con la aplicación de extractos de palo verde al 5%, 10% y sin extracto en tres híbridos simples de maíz, evaluados en condiciones controladas.

Al pregerminar las semillas con extractos al 10% solamente los híbridos L4 e hipopótamo incrementaron el volumen de agua absorbida respecto a los tratamientos anteriores (sin extracto y extracto al 10%). Cuando se aplicó el extracto al 30% el volumen de agua absorbida aumentó. Este resultado demuestra que el extracto durante la germinación incrementa la capacidad de absorción de agua por las semillas.

Al evaluar el porcentaje de germinación (Fig.1b) se encontró que no existieron diferencias significativas de los tratamientos control y con extracto al 5% y al 10%, logrando el 100% de germinación. Sin embargo, al aplicar la concentración de

extracto al 30% esta sí difirió respecto a todos los demás. En la concentración de 30% la germinación se detuvo, por lo cual se considera una concentración letal para la pre germinación del maíz. Este resultado indica la posibilidad de su uso como bio-herbicida pre emergente en maíz.

Se han utilizado extractos vegetales para impulsar la germinación de semillas de cultivos básicos (Dávila et al., 2021). Por su parte, existen reportes del uso de extractos vegetales para el biocontrol de la germinación de malezas, por lo que resultan alternativas importantes y ecológicas para su uso en esquemas de producción orgánicos sustentables (Ruiz et al., 2024).

Variables del desarrollo

La altura de las plantas de los híbridos experimentó un incremento significativo en los tratamientos al 5% y al 10%, los cuales difirieron entre sí y con respecto al control y a la concentración del 30% de extracto. En este último no hubo crecimiento de las plantas por lo cual es fitotóxico (Cuadro 1).

Cuadro 1: Variables del desarrollo del híbrido de maíz con la aplicación de extractos hidroalcohólicos de palo verde, evaluada a los 30 días después de la emergencia. [AP: altura de las plantas; LR: longitud de las raíces; VR: volumen radicular; TCR: Tasa de crecimiento relativo; EEx: error estándar de la media; CV: coeficiente de variación].

Tratamientos	AP	LR	VR	TCR	%F
Control	18.40 ±0.21c	14.30 ±0.27c	3.31 ±0.01b	2.17 ±0.01b	0
5% de extracto	21.20 ±0.09b	17.34 ±0.52b	4.15 ±0.04a	4.12 ±0.01a	0
10% de extracto	24.10 ±0.12a	19.32 ±0.32a	4.90 ±0.02a	4.92 ±0.02a	0
EEx	0.01	0.03	0.01	0.02	-
CV	7.14	6.94	5.19	4.96	-

Este resultado confirma que el extracto aplicado si promueve el desarrollo como fue publicado previamente por Argentel-Martínez et al., (2024) en este cultivo. De igual

modo con el aumento de la concentración se incrementó la longitud de las raíces, su volumen y la tasa de crecimiento relativo.

Esta última variable duplicó su valor con la aplicación de extractos al 5% y al 10%, sin diferencias estadísticas entre sí. La longitud de las raíces presentó similar respuesta. La aplicación foliar a partir de los 45 días posteriores a la germinación. Futuras investigaciones sobre el uso de extractos hidroalcohólicos servirán para validar su efecto promotor en otras especies vegetales y en maíz así como su intervención en la promoción desarrollo foliar y el rendimiento del maíz.

CONCLUSIÓN

La aplicación del extracto de *Parkinsonia aculeata* L. al 5% y al 10% para la pre germinación del maíz no interfiere con la absorción de agua por las semillas. Estas concentraciones promovieron el desarrollo inicial, con un incremento del 14% de la altura de la planta y del 12% en la longitud de las raíces. La concentración de 30% es fitotóxica.

LITERATURA CITADA

- Abarca, O. R., Zavala, D. G. I., & Estrada, A. G. (2023). Economic analysis of maize production in Chiapas, Mexico, in the Frailesca región. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 423-437.
- Araujo, L. A. (2022). Demand, Supply And Price Of Yellow Corn In Mexico 2012-2021. *Mexican Journal of Agribusiness*, 50(1345-2022-757), 197-208.
- Ayala-Angulo, M., González, E. J., Ureta, C., Chávez-Servia, J. L., González-Ortega, E., Vandame, R., & Piñeyro-Nelson, A. (2023). Local and Regional Dynamics of Native Maize Seed Lot Use by Small-Scale Producers and Their Impact on Transgene Presence in Three Mexican States. *Plants*, 12(13), 2514.
- Dávila, J. G. J., González, S. I. R., Báez, O. L., Núñez, S. A. D. R. J., Gaona, Á. A., & Zaragoza, S. E. (2021). Osmoacondicionamiento de semillas de *Zea mays* con extractos vegetales para aumentar el vigor de establecimiento. *Ciencia y Agricultura*, 18(1), 21-35.

Ortega, L. O. P. (2023). Ancestral and subsistence food: discourse and control of maize cultivation and consumption in Mexico, 1937-1961. *Historia Y Memoria*, (27), 135-175.

Peñuelas-Rubio, O., Argente-Martínez, L., Leyva-Ponce, J. A., García-Urías, J. C., Garatuzza-Payán, J., Yepez, E., ... & Aguilera, J. G. (2022). Warming reduces the root density and wheat colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in the Yaqui Valley, Mexico. *Agronomía colombiana*, 40(3).

Portillo Vázquez, M., Sangermán-Jarquín, D.M., & Pérez Robles, K. 2023. Creación de regiones agrícolas altamente especializadas en el cultivo maíz Estudio de caso: Sinaloa, Sonora, Nayarit y Jalisco. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 14(2), 303-309. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i2.3421>.

Ruiz, I. G., Mora, I. D., del Sol González, F., & Cruz, F. A. H. (2024). Control preemergente de arvenses con sustancias alternativas a los herbicidas de síntesis. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(1), 90-97.

Saavedra Guevara, C., Pérez López, D.D.J., González Huerta, A., Franco Martínez, J., Rubí Arriaga, M. y Ramírez Dávila, J.F. 2021. Griffing methods: review on their importance and application in conventional plant breeding. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(7), 1275-1286. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i7.3040>.

EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL POTENCIAL PRODUCTIVO DE MAÍCES AMARILLOS EN EL ALTIPLANO POTOSINO

Mauricio Velázquez Martínez^{1*}, Rosendo Hernández Martínez², Alejandro Ledesma Miramontes³, Cristian Martínez Castro⁴.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental San Luis, km 14.5 Carretera San Luis - Matehuala. Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México. C.P. 78430. ²INIFAP, Campo Experimental Río Bravo, Carretera Matamoros-Reynosa, km 61. CP 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México.

³INIFAP, Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, Avenida Biodiversidad #2470, A.P. 56. Municipio Tepatitlán de Morelos, Jalisco. ⁴Profesionista independiente, Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí. *Autor de correspondencia: velazquez.mauricio@inifap.gob.mx

RESUMEN

El mejoramiento genético de maíz por hibridación es una alternativa viable para identificar y liberar genotipos con buenos atributos agronómicos. El objetivo del estudio fue evaluar el potencial productivo de híbridos de maíces de grano amarillo en el Altiplano Potosino. El trabajo se realizó en el INIFAP, Campo Experimental San Luis. En el ciclo agrícola P-V del 2024 se evaluaron 15 genotipos de maíz de grano amarillo, bajo condiciones de riego, el cual se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. El tamaño de la unidad experimental fue de un surco de cinco metros de largo y se muestrearon 3 plantas con competencia completa de cada híbrido en cada repetición. Se observó diferencia significativa ($P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$) en la fuente de variación de genotipos en todas las variables en estudio. Lo anterior, indica que los híbridos se comportaron de manera distinta en ALPL, NUHO, NUJI y ALMZ, debido a su amplia base genética de sus parentales. Los híbridos sobresalientes pueden ser elegidas para seguir evaluándose y en corto plazo llegar a liberarlos para el Altiplano Potosino.

Palabras claves: maíz, amarillo, híbridos.

ABSTRACT

The genetic improvement of corn by hybridization is a viable alternative to identify and release genotypes with good agronomic attributes. The objective of the study

was to evaluate the productive potential of yellow grain corn hybrids in the Altiplano Potosino. The work was carried out at the INIFAP, San Luis Experimental Field. In the P-V agricultural cycle of 2024, 15 genotypes of yellow grain corn were evaluated, under irrigation conditions, which used a complete randomized block design with three repetitions. The size of the experimental unit was a five-meter-long furrow and 3 plants with complete competition for each hybrid were sampled in each repetition. A significant difference ($P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$) was observed in the source of genotype variation in all the variables under study. The above indicates that the hybrids behaved differently in ALPL, NUHO, NUJI and ALMZ, due to their broad genetic base from their parents. Outstanding hybrids can be chosen to continue evaluating and in the short term to release them for the Altiplano Potosino.

Key words: corn, yellow, hybrids.

INTRODUCCIÓN

Generar y liberar nuevos híbridos en maíz es indispensable para subsanar las importaciones en México. Un sistema importante para la obtención de genotipos sobresalientes ha sido por hibridación, considerado como un método de mejoramiento genético que tiene como objetivo principal el aprovechar la generación de F_1 provenientes de la cruce entre dos poblaciones, las cuales pueden ser líneas endogámicas, variedades de polinización libre, sintéticas o poblaciones F_1 en el caso de cruces dobles (Márquez, 1988). Para la generación de híbridos, la cruce debe darse entre progenitores contrastantes que generen la mejor expresión genética (Dzib-Aguilar *et al.*, 2011) y con buena aptitud combinatoria, siendo la base para la formación de los híbridos comerciales (Borel *et al.*, 2013). En la región Altiplano Potosino, la producción en riego se basa casi en su totalidad en semillas de híbridos mejorados; la liberación de estos híbridos proviene de empresas e instituciones públicas mexicanas; sin embargo, los de estas últimas no compiten con los híbridos comerciales de empresas transnacionales, pues los recursos invertidos por las primeras es mayor, lo que les confiere capacidades de exploración de germoplasma más amplias, lo cual se refleja en una mayor capacidad de estas compañías para liberar nuevos materiales en un periodo corto de tiempo y con

rendimientos superiores en relación con los de empresas nacionales. En este sentido, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuaria (INIFAP), Campo Experimental Río Bravo (CERIB) está llevando a cabo esfuerzos para la generación de nuevos genotipos que puedan competir con aquellos ya colocados en el mercado nacional; por lo anterior, el presente estudio se planteó con el objetivo de evaluar el potencial que pueden tener maíces experimentales de grano amarillo en el Altiplano Potosino.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental San Luis del INIFAP, ubicado en el ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. La siembra se estableció el 17 de mayo del 2024, con riego con cintilla a 20 cm cada gotero; el suelo se preparó con barbecho más rastra y nivelación. El manejo agronómico, se fertilizó con la fórmula 200-100-2 para N, P y Bo, se aplicó el 40% del fertilizante en los primeros 60 días después de siembra (dds) y el 60% de fertilizante en los 60 días siguientes y fue aplicado mediante fertiriego por goteo. Se pusieron feromonas para el control del gusano cogollero en los primeros 60 de inicio de la siembra, posteriormente se instalaron feromonas para el control del gusano del elote durante 30 días. Se realizaron dos aplicaciones de insecticida para el control del gusano cogollero; una aplicación de herbicida para el control de maleza de hoja ancha y posteriormente el control fue manual. No se realizó escarda. El experimento consistió en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se evaluaron un total de 15 genotipos de maíz de grano amarillo, de los cuales, 13 son híbridos experimentales, 3 híbridos ya liberados comercialmente, los cuales se usaron como testigos. Los tamaños de las parcelas fueron de un surco con cinco metros de largo y una separación entre surco de 0.80 m, con una densidad de población aproximada de 65,000 plantas por hectárea. Se muestreo al azar 3 plantas de cada híbrido en cada parcela el 22 de agosto del 2024. Los parámetros evaluados fueron: ALPL: altura de planta; NUHO: número de hojas de la planta; NUJI: número de jilotes; ALMZ: altura de mazorca. Los datos se analizaron con el

programa estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2011), mediante un análisis de varianza y comparación de pruebas de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Cuadro 1 se observa diferencias significativas ($P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$) en la fuente de variación de genotipos en todas las variables en estudio. Lo anterior, indica que los híbridos se comportaron de manera distinta en ALPL, NUHO, NUJI y ALMZ, debido a su amplia base genética de sus parentales. Los resultados encontrados concuerdan por Hernández *et al.* (2021) al encontrar contrastes significativos ($P \leq 0.01$) en los parámetros de rendimiento en híbridos simples de maíces amarillo. Los datos aquí revelados nos indican que existe híbridos experimentales de grano amarillo que pueden ser competentes para rendimiento y características agronómicas para ser liberados en la región noreste de México. Los coeficientes de variación para este estudio fueron relativamente bajos, en un intervalo de 6.5 a 33.6 %, por lo que los datos obtenidos son confiables.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística del análisis de varianza en 15 genotipos de maíz amarillo en Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, P-V 2024 en condiciones de riego.

F. V.	G.L	ALPL	NUHO	NUJI	ALMZ
Genotipos	14	0.242**	3.632**	0.886*	0.059**
Bloques	2	0.127	1.429	2.407	0.476
Error	118	0.082	0.951	0.495	0.013
C.V. (%)		13.90	6.49	33.59	10.736
Media		2.06	15.01	2.09	1.10

*, **: Significativo a 0.05 y 0.01, respectivamente. FV: fuentes de variación, GL: grados de libertad, ALPL: altura de planta; NUHO: número de hojas de la planta; NUJI: número de jilotes; ALMZ: altura de mazorca, C.V.: Coeficiente de variación.

En el Cuadro 2 se presentan las medias de los híbridos experimentales, se observa que el híbrido experimental INIFAP 12X3A fue el que presentó mayor altura de

planta ($p < 0.05$) comparado con los testigos comerciales 1 y 2, y fue similar al resto de los híbridos experimentales. La altura de planta osciló de 1.8 a 2.4 m de altura. Los testigos comerciales fueron los que menos altura de planta presentaron, oscilando de 1.8 a 1.99 m. Los presentes datos están en el rango de maíces híbridos utilizados en México. Los híbridos experimentales que presentaron mayor altura de planta, también pueden resultar en mayor rendimiento de forraje. En México, el forraje de maíz es el más importante en la alimentación del ganado, y se caracteriza por su amplia gama de variedades para cada región, por lo que es factible encontrar variaciones a nivel metabólico que pueden resultar en cambios en concentración de nutrientes (Guerrero-Rodríguez *et al.*, 2023).

En cuando 2, el número de hojas por planta, los híbridos experimentales 17X3A y 11X3A fueron los que menos hojas presentaron; en el mayor número de hojas, los otros 10 híbridos experimentales fueron similares a los testigos comerciales (entre 14.8 y 16.1 hojas), vale mencionar que normalmente se pierden unas 4 hojas de las de abajo cuando la planta ya está en floración, lo cual sucedió en el presente experimento. En el número de jilotes por planta el híbrido experimental 28X29 fue el que mayor cantidad presentó (2.8 jilotes), y fue diferente al 20X3A ($p < 0.05$), y fue similar al resto de los híbridos experimentales y testigos comerciales. Lo anterior indica que los híbridos experimentales fueron competitivos los testigos comerciales en el presente experimento. Los híbridos que destacan en mayor cantidad de hojas y jilotes pueden estar correlacionado con mayor producción de forraje y grano, la calidad de los forrajes depende de la estructura anatómica foliar, donde la epidermis, esclerénquima, parénquima y mesófilo (el más abundante), constituyen los principales tejidos relacionados con la calidad forrajera, y por tanto con digestibilidad mayor (Echenique *et al.*, 2008). En la variable altura de la mazorca, el rango fue de 0.96 a 1.11 m en todos genotipos utilizados; los testigos estuvieron en el rango de 0.99 a 1.04 m, lo cual significa que los híbridos experimentales compiten con los híbridos comerciales aquí probados; destacando el 12X3A en mayor altura de mazorca respecto al que fue menor 21X1A ($p < 0.05$).

Cuadro 2. Medias de 15 genotipos de maíz amarillo para características agronómicas en Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, P-V 2024 en condiciones de riego.

Genotipos	ALPL	NUHO	NUJI	ALMZ
12X3A	2.39 ^a	14.66 ^{abc}	2.00 ^{ab}	1.20 ^a
17X3A	2.22 ^{ab}	14.22 ^{bc}	1.66 ^{ab}	1.50 ^{abc}
16X3A	2.19 ^{ab}	14.77 ^{abc}	2.00 ^{ab}	1.70 ^{ab}
23X1A	2.17 ^{ab}	15.00 ^{abc}	2.44 ^{ab}	1.11 ^{abc}
20X3A	2.15 ^{ab}	14.66 ^{abc}	1.55 ^b	1.11 ^{abc}
21X1A	2.12 ^{ab}	14.77 ^{abc}	1.66 ^{ab}	0.96 ^c
19X3A	2.10 ^{ab}	15.00 ^{abc}	2.22 ^{ab}	1.18 ^{ab}
22X1A	2.08 ^{ab}	15.88 ^a	2.00 ^{ab}	1.40 ^{abc}
11X3A	2.07 ^{ab}	13.66 ^c	2.22 ^{ab}	1.02 ^{abc}
26X1A	2.03 ^{ab}	15.33 ^{ab}	2.11 ^{ab}	1.18 ^{ab}
30X32	2.01 ^{ab}	15.77 ^{ab}	2.22 ^{ab}	1.17 ^{ab}
Testigo 443A	1.99 ^{ab}	15.22 ^{abc}	2.1 ^{ab}	0.99 ^{bc}
Testigo comercial amarillo 1	1.83 ^b	16.11 ^a	2.11 ^{ab}	1.02 ^{abc}
Testigo comercial amarillo 2	1.80 ^b	14.77 ^{abc}	2.33 ^{ab}	1.04 ^{abc}
28X29	1.79 ^b	15.33 ^{ab}	2.77 ^a	1.00 ^{bc}
DSM (0.05)	0.47	1.59	1.15	0.19

a,b,c literales diferentes en la misma columna, indica diferencia significativa ($p < 0.05$). ALPL: altura de planta; NUHO: número de hojas de la planta; NUJI: número de jilotes por planta; ALMZ: altura de mazorca. DMS: diferencia significativa mínima.

CONCLUSIONES

La variable altura de la mazorca, el rango fue de 0.96 a 1.11 m en todos genotipos utilizados, lo cual significa que los híbridos experimentales compiten con los híbridos comerciales aquí probados, destacando el 12X3A. Existen híbridos experimentales con alto potencial productivo en los parámetros número de hojas y jilotes. Al menos tres cruza, 28X29, 30x32 y 26X1A pueden ser seleccionados para su caracterización y liberación para uso comercial en la región de San Luis Potosí.

AGRADECIMIENTOS

Al INIFAP por el financiamiento al proyecto número 1565935830: Formación de híbridos de maíz de grano blanco, amarillo y pigmentados para el subtrópico de

México, con alto potencial de rendimiento de grano y/o forraje, tolerantes a pudriciones de raíz, tallo y mazorca, y con calidad industrial del grano

LITERATURA CITADA

Borel, J. C., M. A. P. Romalho, V. R. F. de Carvalho and A. de F. B. Abreu. (2013). Genetic and phenotypic parameters in common bean segregant populations from intra and inter-gene pool crosses of elite lines. *Euphytica* 193:39-47, <https://doi.org/10.1007/s10681-013-0907-1>

Dzib-Aguilar, L. A., J. C. Segura-Correa, R. Ortega-Paczka y L. Latournerie-Moreno. (2011). Cruzas dialélicas entre poblaciones nativas de maíz de Yucatán y poblaciones mejoradas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14:119-127.

Echenique V., S. Pessino, M. Díaz, J.P. Selva, G. Luciani, D. Zappacosta, G. Cervigni, M. Meier, I. Garbus, S. Cardone, R. Miranda y G. Spangenberg. (2008). Aportes de la biotecnología al mejoramiento del pasto llorón (*Eragrostis curvula*). *Revista Argentina de Producción Animal* 282:147-164, https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/219-3578-19134-1-PB.pdf

Guerrero-Rodríguez J. de D., F. Muñoz-Tlahuiz, P.A. López, H. López-Sánchez, J.A. Hernández G. y A. Gil-Muñoz. (2023). Digestibilidad del rastrojo de variedades locales de maíz en el altiplano Poblano-Tlaxcalteca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 14 (29), ME:e3527. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i29.3527>.

Hernández, M. R., Santacruz, V. A., Reyes, M. C. A., Aranda, L. U., Alfaro, M. L. G. (2021). Desempeño de mestizos de maíz de grano amarillo en rendimiento y caracteres agronómicos. *Semana Internacional de Agronomía XXXIII*. Facultad de Agricultura y Zootecnia Universidad Juárez del Estado de Durango, Venecia, Gómez Palacio, Durango, México. 380-385 p.

Márquez, S. F. (1988). *Genotécnica Vegetal. Métodos Teoría Resultados*. Tomo II, A.G.T. Editor. México, D.F. 665 p.

SAS Institute. (2011). SAS/STAT® 9.3 User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 8640 p.

EVALUACIÓN SENSORIAL DE FRUTOS DE LITCHI (*Litchi chinensis* Sonn) MEDIANTE LA VALORACIÓN DE ATRIBUTOS

Juan Vargas Hernández^{1*}; José Luis Salinas Morales²; Tochihiutl Martiñón

Guillermina Areli³; Francisco Paúl Gámez Vázquez⁴;

Juan José García Rodríguez ⁴

¹Campo Experimental San Luis-INIFAP. Ejido Palma de la Cruz Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. México. C.P. 78431. ²Programa de Postgrado en Botánica. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México. ³Campo Experimental General Terán-INIFAP. Km 31 Carretera Montemorelos-China. C.P. 67400. General Terán, Nuevo León, México. ^{4,5}Campo Experimental Bajío-INIFAP. Km 6.5 Carr. Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato, México, C.P. 38010, AP. 112. *Autor de correspondencia: vargas.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad física, organoléptica y la aceptación de frutos percibidas por consumidores en seis cultivares de litchi (*Litchi chinensis* Sonn). Los cultivares seleccionados fueron: Mauritius, Brewster, Groff, Hak Yip, Yu He Bao y Kway My Pink, procedentes del Sitio Experimental Huichihuayán del Campo Experimental San Luis del INIFAP. Se realizó una evaluación sensorial de satisfacción (100 panelistas) respecto a los atributos: color, textura, sabor, gusto, jugosidad y la satisfacción global. También se determinó el contenido de sólidos solubles totales (°Brix). Los atributos sensoriales evaluados difirieron significativamente ($P \leq 0.05$) entre los seis cultivares. Sin embargo, en los °Brix no se denotaron diferencias significativas en 5 de las 6 variedades evaluadas. Brewster y Mauritius presentaron mayor coloración uniforme (83 %), mayor atracción (53 %), la pulpa blanda (60 %) y en cuanto a sabor y calidad (94 y 80 %). Sin embargo, Groff y Hak Yip la textura de la pulpa la catalogaron como gruesa (48 %) e insípida (50 %), respectivamente. Se Concluye que Brewster y Mauritius fueron percibidas por los consumidores con gran porcentaje de aceptación, respecto a los otros cultivares. Por su parte, Kway May Pink mostro menor apreciación visual, textura, sabor de la pulpa.

Palabras clave: Textura, dulce, color, sabor, fruto.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the physical and organoleptic quality and fruit acceptance perceived by consumers in six cultivars of litchi (*Litchi chinensis* Sonn). The selected cultivars were: Mauritius, Brewster, Groff, Hak Yip, Yu He Bao and Kway My Pink, from the from the Huichihuayan Experimental Site of the San Luis Experimental Field of INIFAP. A sensory satisfaction test (100 panelists) was conducted on the attributes: color, texture, flavor, taste, juiciness and overall satisfaction. Total, soluble solids content ($^{\circ}$ Brix) was also determined. The sensory attributes evaluated differed significantly ($P \leq 0.05$) among the six cultivars. However, in the $^{\circ}$ Brix, no significant differences were denoted. Brewster and Mauritius showed higher uniform coloration (83 %), higher attractiveness (53 %), soft flesh (60 %) and in flavor and quality (94 and 80 %). However, Groff and Hak Yi classified pulp texture as coarse (48 %) and tasteless (50 %), respectively. It is concluded that Brewster and Mauritius were perceived by consumers with a high percentage of acceptance, compared to the other cultivars. On the other hand, Kway May Pink showed less visual appreciation, texture and pulp flavor.

Key words: *Texture, sweet, color, flavor, fruit.*

INTRODUCCIÓN

El litchi (*Litchi Chinensis* Sonn.) es una de las frutas más importantes en las regiones tropicales y subtropicales perteneciente a la familia Sapindaceae, que también incluye al longan (*Dimocarpus longan* Lour.) y al rambután (*Nephelium lappaceum*) (Lora y Hormaza, 2018). Originaria del sur de China, norte de Vietnam y la Península Malaya. Sin embargo, como cultivo se han establecido áreas de producción por distintas partes del mundo (Menzel, 2005). En México, el litchi fue introducido a principios del Siglo XX en Sinaloa; actualmente se cultiva en Chiapas, Michoacán, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí y Veracruz (SIAP, 2015). Entre los cultivares con alto potencial comercial se encuentran Brewster y Mauritius (Rinderman y Gómez, 2001). El cultivo ha ganado interés entre los productores agrícolas mexicanos debido a su creciente demanda a nivel nacional e internacional, además, presenta propiedades nutricionales y un sabor exótico, lo que lo hace muy aceptado por los

consumidores y convierte a la fruta con alto valor comercial (Cabral *et al.*, 2014; Zhao *et al.*, 2020).

En la Huasteca de San Luis Potosí, México, el litchi se introdujo en 1985 en una huerta particular de 4.5 hectáreas. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), rescató cinco cultivares de la huerta y posteriormente realizó evaluaciones de estos materiales para impulsar su producción de forma comercial en la región. Sin embargo, se carece de información de los diferentes materiales sobre la calidad organoléptica y grado de aceptación por el consumidor. El objetivo de este estudio fue evaluar, en los frutos de seis cultivares de litchi, la calidad física, organoléptica y la aceptación de frutos percibidas por consumidores en seis cultivares de litchi. Estos materiales genéticos son actualmente los parentales utilizados en un programa de fitomejoramiento con fines de incrementar el rendimiento, mejorar la calidad del litchi en los mercados locales e internacionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se realizó en el Sitio Experimental Huichihuayán, en el municipio de Huehuetlán, San Luis Potosí, entre las coordenadas geográficas 21° 28' 21" N 98° 58' 37" W, a una altitud de 95 msnm (figura 1). De acuerdo con la clasificación de Köppen (García, 2004.) el clima es subhúmedo (Cfa), con una temperatura media anual de 23 °C, máxima 38 °C y con precipitación de 1,659 mm.

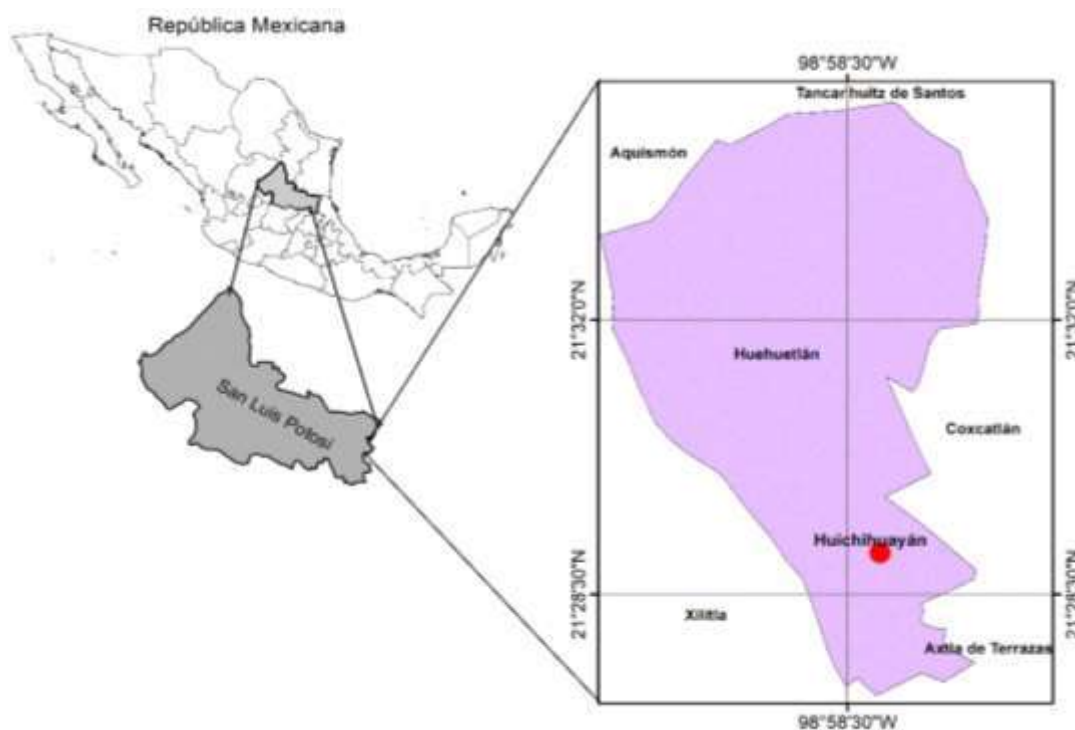


Figura 1. Ubicación del área de estudio, Sitio Experimental Huichihuayán, municipio de Huehuetlán, San Luis Potosí.

Material vegetal. Se utilizaron frutos de las variedades de litchi (Mauritius, Brewster, Groff, Hak Yip, Yu He Bao y Kway My Pink) de 20 años de edad, con un marco de plantación de 7 m entre plantas, sin manejo agronómico (sin riego y sin fertilización), procedentes del Sitio Experimental Huichihuayán del INIFAP.

Diseño de muestreo. En junio de 2024, se cosecharon de cada variedad de litchi 20 Kg de frutos en estado de madurez fisiológica (idóneo para consumo), fueron transportados en cajas a las oficinas del INIFAP para su evaluación. Los frutos se lavaron y desinfectaron con una solución de NaClO (200 mg L^{-1}) durante 5 min, con posteriores lavados con agua destilada.

Contenido de sólidos solubles totales. Se utilizó un refractómetro digital (modelo HT113ATC), previamente calibrado con una gota de agua destilada; después se colocó una gota de jugo de litchi de cada fruto en el refractómetro y se tomó la lectura ($^{\circ}\text{Brix}$). Se utilizaron 50 frutos de cada variedad.

Evaluación sensorial. Para conocer la percepción de los consumidores sobre estas frutas, se utilizó una escala hedónica, donde se evaluó el grado de aceptación de las características del fruto como: la distribución del color del pericarpio, atracción y textura, mientras que para la pulpa se consideraron: aroma, color, calidad y jugosidad de la pulpa (arilo) del litchi. La degustación se realizó con 100 consumidores habituales (ambos géneros) en un rango de edad de entre 19 y 62 años. La prueba se realizó en el Sitio Experimental Huichihuayán del INIFAP.

Tabla 1. Atributos evaluados en la degustación de aceptabilidad con la escala hedónica con seis variedades de litchi.

Fruto			Pulpa (arilo)		
Distribución del color	Atracción	Textura	Calidad y jugosidad	Color	Aroma
1 Uniforme	Pobre	Blando	Insípido	Blanco	Débil
2 Parcial	Intermedio	Firme	Ácido	B. mate	Intermedio
3	Bien	Grueso	Amargo	B. Cremoso	Fuerte
4	Excelente	Fibroso	Dulce	B. Perla	
5		Fundición	Sin jugo	B. Ceroso	
6		Correosa	Jugoso	Amarillo	
7		Crujiente	Muy jugoso	A. Cremoso	
8		Ext.crujiente		A. Ceroso	

Análisis estadístico. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA), seguido por una prueba de Tukey, con el programa estadístico R (R Core Team 2022).

Para la evaluación sensorial se aplicó una prueba no paramétrica, utilizando como efecto de control local los jueces, y como tratamiento las accesiones. La representación gráfica de los resultados se obtuvo con el programa SigmaPlot de Jandel Scientific Ver. 15.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación con las variables evaluadas se encontraron diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$). La coloración uniforme mayor fue de 83 % y 71 % en variedades Brewster y Mauritius, respectivamente. (Figura 2A). En contraste, los frutos de mayor atracción (53 %) fue en la variedad Mauritius, seguida de Brewster y Hak Yip. Sin embargo, Kway May Pink sus frutos fueron hasta un 85 % menos uniformes y 53 % menos atractivos (figura 2B). El color del fruto es uno de los más relevantes, debido a que este variable sirve para determinar el grado de madurez y gustativamente atractivo hacia el consumidor.

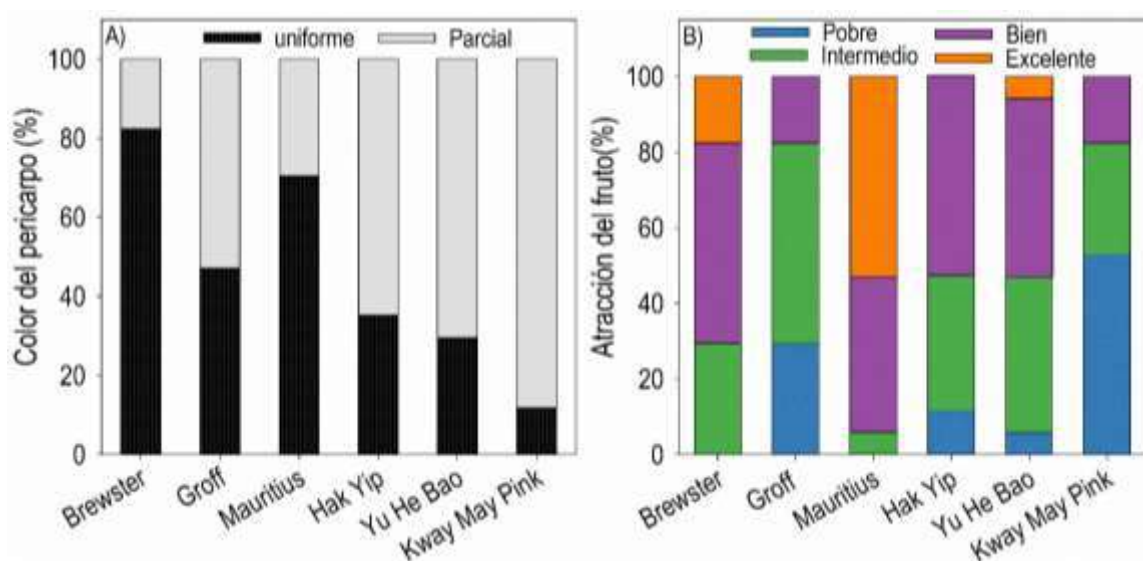


Figura 2. Frecuencia de candidatos que identificaron el color y atracción del fruto de litchi.

El arilo es la parte comestible del fruto de litchi, en Brewster el 59 % del total de los evaluadores indicaron que el arilo es Blando y un 29 % en las demás variedades, mientras que en Hak Yip el 48 % indicaron que la pulpa es gruesa (Figura 3A). En el caso del color del arilo, el análisis de frecuencia indico que los mayores porcentajes (36 %) correspondieron en la categoría blanco y blanco mate en Yu He Bao, Brewster y Mauritius, respectivamente (figura 3B). Sin embargo, el 5 % de los consumidores indico que el arilo es fibroso y amarillento en Kway May Pink, esto probablemente la fruta es muy perecedera, lo que significa que el arilo requiere

tratamiento para mantener la calidad durante un tiempo, período suficiente para permitir su comercialización (Bolaños *et al.*, 2009).

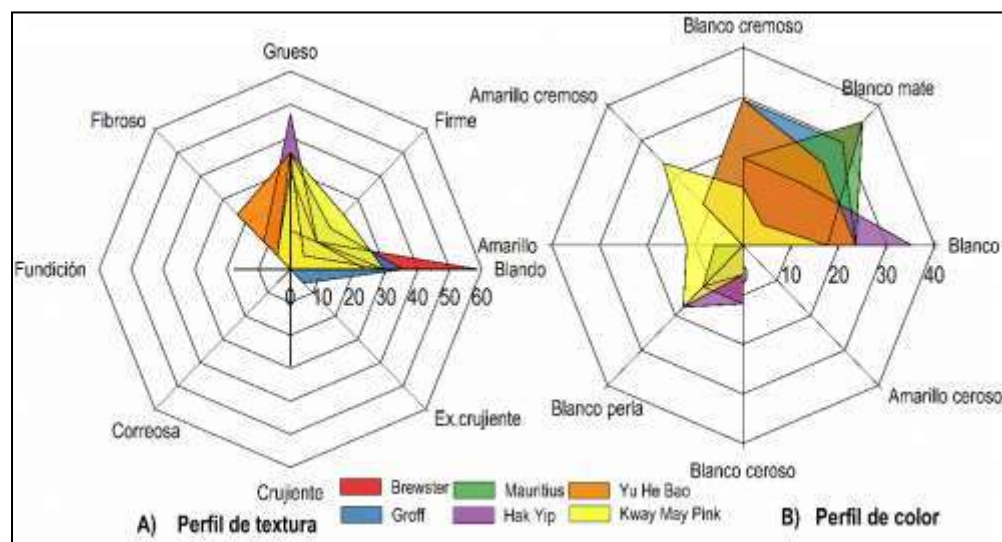


Figura 3. Diagrama de araña que representa los atributos de textura (A) y color (B) de la pulpa del litchi.

Respecto al sabor, el 94 % de los frutos catados fueron catalogados como dulces y el 48 % como jugosos en Brewster (Figura 4A), mientras que el 50 % lo consideraron insípido en los cultivares Groff y Hak Yip. Además, el 74 % de los consumidores consideró que la pulpa en Mauritius y Kway May Pink son dulces y jugosos (figura 4A).

En sólidos solubles totales no se encontraron diferencias estadísticas entre cinco cultivares, pero si en Yu He Bao. El valor más alto (18.8 °Brix) fue para los frutos de Groff, Mauritius y Brewster, mientras que el valor más bajo (14 °Brix) se presentó en Yu He Bao (figura 4B). Estos valores se encuentran en los intervalos reportados por Carvalho y Salomão (2000), con 11.8 a 20.6 °Brix, pero menores a lo documentado por Aguas-Atlahua *et al.* (2014), para los cultivares Mauritius y Brewster.

Dichos valores indican que los frutos cultivados se encuentran dentro de los parámetros de calidad comercial. Sin embargo, el cultivar Yu He Bao y Kway May Pink, no son muy conocidos entre los evaluadores y en el mercado local, pero

algunos de los evaluadores tuvieron preferencia sobre los parámetros aroma, sabor del fruto.

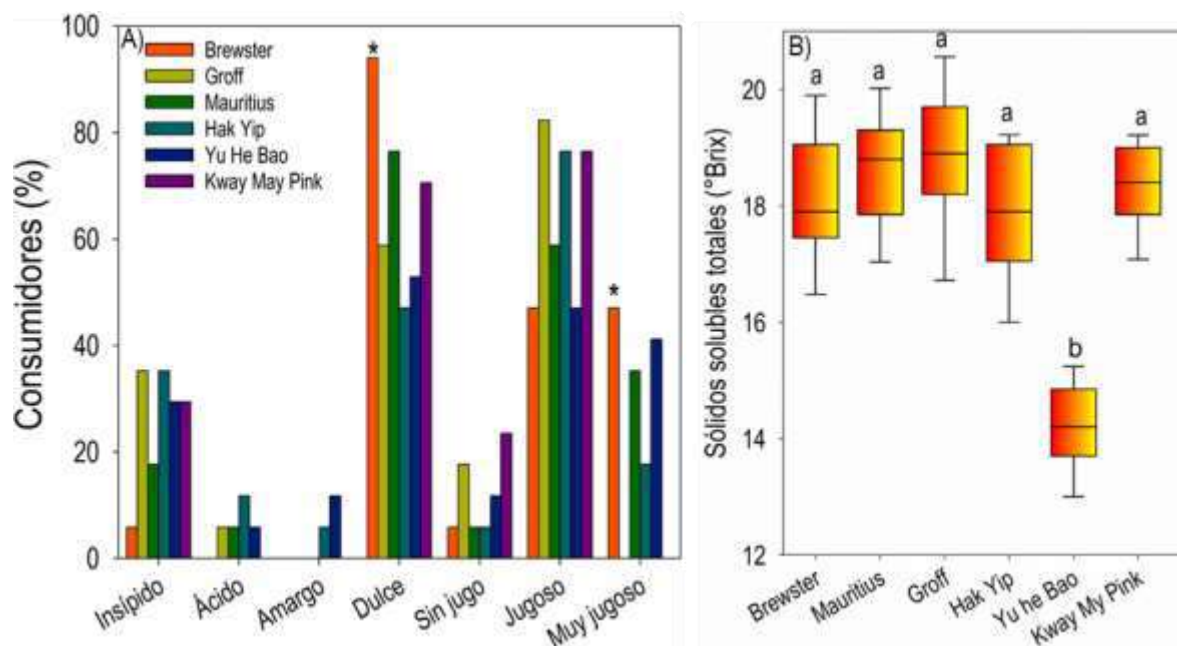


Figura 4. Grado de aceptación del sabor y jugosidad de la pulpa (A), determinación de los sólidos solubles totales (B).

CONCLUSIONES

Brewster y Mauritius fueron percibidas por los consumidores con gran porcentaje de aceptación, respecto a los otros cultivares. Por su parte, Kway May Pink mostro menor apreciación visual, textura, sabor de la pulpa.

LITERATURA CITADA

- Aguas-Atlahua, A., García-Pérez, E., Ruiz-Rosado, O., and Trinidad-Santos, A. (2014). Calidad de fruto de Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) producido en el estado de Veracruz, México. *Revista fitotecnia mexicana*, 37(4), 373-380.
- Bolaños, E. N. A., Velazquez, R. C., Cardenaz, A. V., Santamaria, I. R., VERA, N. G., Fuentes, A. D. H., and Silva, E. M. (2010). Effect of storage temperature and time on quality in minimally processed litchi fruit (*Litchi Chinensis* Sonn.). *Journal of food quality*, 33(3), 299-311.

- Cabral, T. A., de Moraes Cardoso, L., and Pinheiro-Sant'Ana, H. M. (2014). Chemical composition, vitamins and minerals of a new cultivar of lychee (*Litchi chinensis* cv. Tailandes) grown in Brazil. *Fruits*, 69(6), 425-434.
- Carvalho, C. M. and Salomão, L. C. Ch. (2000). Cultura da Lichieira. Boletim de Extensão 43. Universidade Federal de Viçosa, ViçosaMG. 39 p.
- Lora, J., Pham, V. T., and Hormaza, J. I. (2018). Genetics and breeding of fruit crops in the sapindaceae family: Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) and longan (*Dimocarpus longan* Lour.). *Advances in Plant Breeding Strategies: Fruits: Volume 3*, 953-973.
- Menzel, C. M. (2005). Photosynthesis and productivity. In *Litchi and longan: Botany, production and uses* (pp. 153-182). Wallingford UK: CABI Publishing.
- Rinderman R. S., y Gómez C. M. (2001). El Litchi. 2ª ed. Ed. Mundi-Prensa. México. 144 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015. Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.
- Zhao, L., Wang, K., Wang, K., Zhu, J. and Hu, Z. (2020). Nutrient components, health benefits, and safety of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.): A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(4), 2139–2163.

EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE POBLACIONES DE AJONJOLÍ POR SU POTENCIAL PARA USO EN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO

Genny Llaven Valencia¹, Fernando Castillo González¹, Ignacio Benítez Riquelme¹,
Oscar Martín Antúnez Ocampo ², Elizabeth García León², Serafín Cruz Izquierdo¹,

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias; *Autor de correspondencia llaven.genny@colpos.mx

RESUMEN

El conocimiento de la diversidad genética es esencial para cualquier programa futuro de mejoramiento varietal. Por lo tanto, esta investigación pretende contribuir al conocimiento de la variabilidad genética entre poblaciones criollas de ajonjolí, colectas del vertiente del océano pacífico Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Sonora y Sinaloa utilizando descripción varietal mediante caracterización morfológica con el objetivo de evaluación y selección de poblaciones de Ajonjolí por su potencial para uso en programa de mejoramiento genético donde se pretende incrementar el rendimiento de grano y seleccionar poblaciones con alto contenido de aceite y proteínas por medio de la selección de variedades con características agronómicas superiores. Se evaluaron en dos ciclos agrícolas verano 2022 y 2023, bajo un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones donde la parcela experimental fue compuesta por 4 surcos de 0.5m por 0.80m, con una población de 80,000 plantas por hectárea. Los resultados estadísticos mostraron diferencias significativas en 75% de los caracteres agronómicos y rendimiento, con diferencias marcadas entre poblaciones. Observando alta significancia entre las poblaciones para atributos analizados; el color de la testa del grano varía de blanco a crema y marrón relacionados con mayor o menor contenido de proteínas y grasas totales, esto indica que existe amplia diversidad de poblaciones criollas de ajonjolí en México, con adaptación a diferentes nichos ecológicos en las regiones donde son cultivadas, lo que explica sus diferencias en arquitectura de planta, rendimiento y calidad de grano en este estudio se identificaron diez poblaciones que destacan por

su rendimiento superior a 0.600 ton/ha, porcentajes totales de grasas (42 a 60%) y proteínas (14 a 24%) esto indica que oscilaron entre presencia de poblaciones base pata iniciar programa de mejoramiento genético en ajonjolí.

Palabras Clave: *Diversidad, rendimiento, alimentos, funcionales, nutraceuticos.*

ABSTRACT

Knowledge of genetic diversity is essential for any future varietal breeding programme. Therefore, this research aims to contribute to the knowledge of genetic variability between sesame populations from the Creole Pacific Ocean, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Sonora and Sinaloa using varietal description by morphological characterization with the objective of evaluation and selection of populations of Ajonjolí for their potential use in genetic improvement program where it is intended to increase the yield of grain and select high oil and protein populations by selecting varieties with superior agronomic characteristics. Evaluated in two agricultural cycles summer 2022 and 2023, under a completely random block design with three replications where the experimental plot was composed of 4 furrows of 0.5m by 0.80m, with a population of 80,000 plants per hectare. The statistical results showed significant differences in 75% of agronomic traits and yield, with marked differences between populations. High significance among populations for analyzed attributes; grain head color varies from white to cream and brown related to higher or lower protein and total fat content, this indicates that there is a wide diversity of sesame creole populations in Mexico, with adaptation to different ecological niches in the regions where they are grown, which explains their differences in plant architecture, yield and grain quality in this study were identified ten populations that stand out for their yield above 0.600 ton/ha, total percentages of fat (42 to 60%) and proteins (14 to 24%) this indicates that they oscillated between the presence of base populations to initiate genetic improvement program in sesame.

Keywords: *diversity, performance, food, functional.*

INTRODUCCIÓN

El ajonjolí se introdujo en México desde el siglo XVI y las poblaciones se han adaptado a diferentes regiones y condiciones agroecológicas (FAO 2019). Se requiere investigación para identificar nuevos genes y variedades de ajonjolí de México con mejores características, rendimiento y calidad. El mejoramiento genético en ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) es usado en alimentos nutraceuticos y productos farmacéuticos por su alto contenido de antioxidantes y proteínas. Los estudios han revelado una gran variabilidad genética en las colecciones de germoplasma de ajonjolí, lo que ha permitido identificar variantes agronómicamente beneficiosas para los programas de mejoramiento genético (Sharma *et al.*, 2014). Sin embargo, el mejoramiento genético es relativamente lento, y existe, además, un marcado arraigo de los agricultores por la diversidad local, con baja introgresión de nuevo germoplasma y baja adopción de variedades mejoradas (Qureshi *et al.*, 2022). La evaluación y selección de poblaciones de ajonjolí para su inclusión en programas de mejoramiento genético es fundamental para identificar genotipos con características deseables, como alto rendimiento, calidad de aceite y resistencia a factores bióticos y abióticos (Das y Ghosh, 2011); estudios relevantes en de diversidad genética para identificar líneas con características superiores y con suficiente variabilidad para responder a las demandas del programa de mejoramiento con fin de desarrollar nuevas variedades con mejor adaptabilidad y tolerancia al estrés ambiental (Sharma *et al.*, 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Genético y Diseño experimental

Se colectaron 57 poblaciones criollas de ajonjolí (*Sésamum indicum* L.) en diferentes estados de la vertiente de Océano Pacífico de México: Michoacán, Oaxaca, Guerrero, Sinaloa, y Sonora.

Las cuales se evaluaron en dos ciclos agrícolas verano 2022 y verano 2023 bajo un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones, donde la parcela experimental fue compuesta por 4 surcos de 0.5m por 0.80m, con una población de 80,000 plantas por hectárea. Se analizaron variables agronómicas relacionadas con

el rendimiento como días a floración, altura de planta, días a madurez, rendimiento de grano, peso hectolitro y peso de mil semillas., porcentaje total de grasas conforme a la técnica de método 920.39; extracción con solvente extracto etéreo usando éter de petróleo bajo la técnica Soxhlet, en proteína se usó el método 988.05 con el sistema Kjeldahl y color del grano con colorímetro Hunter-Lab miniscan XEPLUS (Mod. PL50); la medición de los parámetros de color en la metodología CIELAB.

Análisis estadístico. Se realizó el análisis de varianza y la comparación de medias, prueba de Tukey ($p < 0.05$). Se aplicó un análisis de componentes principales y se graficó la dispersión de las poblaciones sobre el plano determinado por los dos primeros componentes (versión 9.4 SAS Institute 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron diferencias estadísticas significativas en 75% de los caracteres agronómicos y de calidad de grano, con diferencias marcadas entre poblaciones. La duración del ciclo en días a madurez fisiológica impacta en el crecimiento y desarrollo de la planta donde se observaron diferencias estadísticas entre poblaciones, ciclo de evaluación y la interacción del ciclo respecto al tratamiento lo cual se ve reflejado en rendimiento de grano (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cuadrados medios para variables agronómicas en 57 poblaciones de ajonjolí.

Fuente de Variación	G.L	Altura (cm)	Madurez (días)	Rendimiento (kg/h ⁻¹)
ciclo	1	49801.54**	34500.657**	19584.047
Rep(ciclo)	4	69.22	23.71	108269.61**
Trat	56	903.25**	71.27**	96028.25**
Ciclo*trat	56	848.7**	41.15**	45744.50**
Error	224	124.03	19.60	12436.88
Media		185.54	104.67	603.31
C.V (%)		6.00	4.22	18.48

**= significativas al 0.01%

Respecto a los caracteres determinados como de calidad en granos de ajonjolí se observaron diferencias estadísticas entre poblaciones lo cual indica

presencia de germoplasma con potencial para selección de ajonjolí para uso industrial y funcionales (cuadro 2). El contenido de aceite y la concentración de proteínas en los cultivos de semillas oleaginosas se ven afectados por el genotipo, la ubicación, la temperatura, humedad, las condiciones de crecimiento, la fecha de plantación, la fertilización y la interacción de estos factores así como también manejo pos cosecha (Zhou *et al.*, 2018). Los valores de grasas totales fueron superiores al 30% donde la población igualteco mostro el mayor contenido de grasas totales con 55% siendo superiores a los testigos que oscilaron de 40.24 a 46.85%, mientras que el valor más bajo se observó en la población La oriental con 42%. Para el contenido de proteínas se detectó a la población La oriental con 24.59% siendo estadísticamente igual a los testigos.

Dentro de las variedades locales de ajonjolí en México la precocidad, rendimiento y calidad de grano son atributos de selección relevantes de acuerdo a (Hussain *et al.*, 2018) indica que el ajonjolí de color blanco es el de mayor uso para alimento y en la producción de aceite. Por lo tanto, la capacidad biológica de las semillas depende principalmente de sus características fitoquímicas en las que están involucradas grasas, proteínas, lignanos, compuestos fenólicos totales y flavonoides disponibles en semillas (Dar *et al.*, 2019 y Kansoula Z, L., 2010), aspecto importante para los productores que les preocupa la calidad de grano con fines industriales. La selección empírica que los productores realizan ha permitido mantener variabilidad dentro de las variedades locales, facilitando los procesos de adopción y adaptación.

Cuadro 2. Cuadrados medios para cuatro variables de calidad en 57 poblaciones de ajonjolí.

Fuente de variación	G.L	Proteínas Totales (%)	Grasas totales (%)	Croma (%)	Hue (%)
Población	62	107.14**	338.25 **	14.44**	28.15**
Error	108	0.84	0.32	0.88	0.84
Media		22.31	45.04	23.56	9.45
CV (%)		4.10	1.25	3.98	9.69

**= significativas al 0.05%

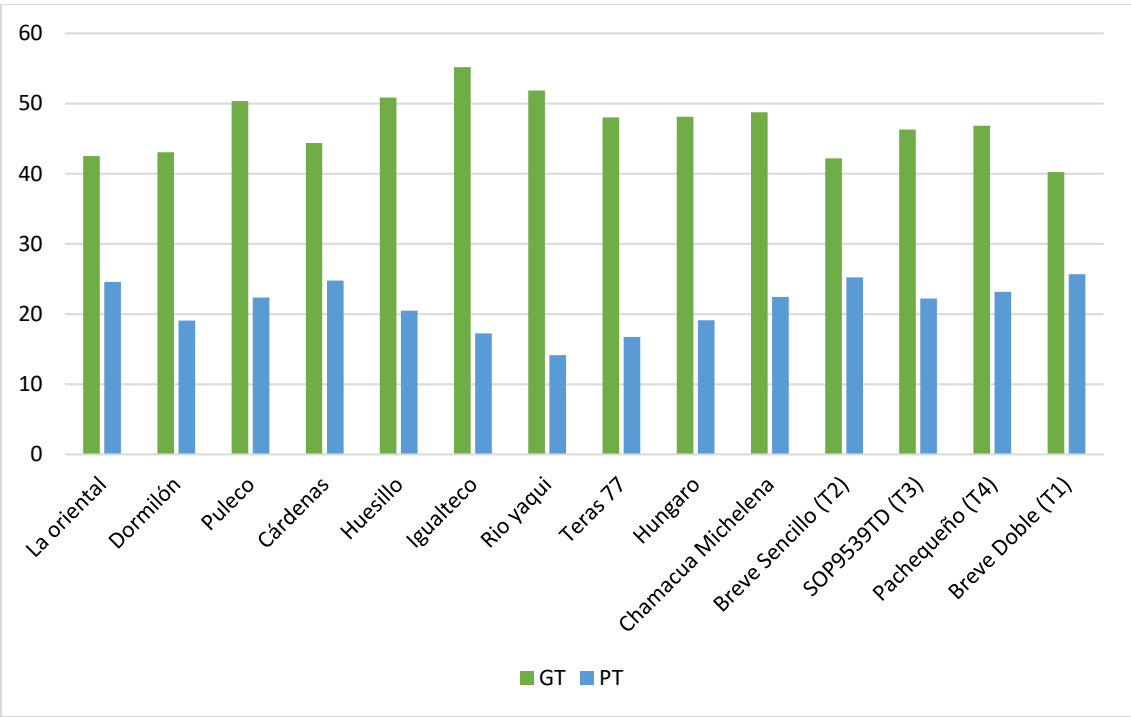


Figura 1. Comportamiento de diez mejores poblaciones criollas de ajonjolí respecto a contenido de grasas y proteínas.

Cuadro 3. Medias en las 10 poblaciones de mejor respuesta en rendimiento de grano.

Población	Rend	AP	DMad	GT	PT	CROMA	HUE
La oriental	1081.00	168	107	42.50	24.59	32.07	75.72
Dormilón	899.33	173	96	43.06	19.05	32.10	74.94
Puleco	862.00	195	100	50.37	22.37	34.16	73.67
Cárdenas	857.50	192	102	44.37	24.77	29.10	74.83
Huesillo	850.17	192	103	50.86	20.48	35.20	71.68
Igualteco	744.83	208	103	55.20	17.25	30.09	76.31
Rio yaqui	727.67	164	106	51.88	14.14	27.55	72.21
Teras 77	706.50	185	107	48.03	16.74	32.64	71.37
Hungaro	705.83	189	104	48.12	19.13	33.76	71.87
Chamacua Michelena	700.17	208	99	48.74	22.45	29.05	75.41
Breve Sencillo (T2)	543.33	170	107	42.21	25.24	33.13	74.83
SOP9539TD (T3)	511.50	172	114	46.31	22.21	37.00	73.84
Pachequeño (T4)	489.67	173	106	46.85	23.17	35.44	76.03
Breve Doble (T1)	477.33	171	107	40.24	25.69	35.02	75.02
DSH (P < 0.05)	264.51	26.41	10.51	1.69	2.65	1.46	0.84
StD							
Media general	0.603	186	104	48.91	20.62	31.08	74.44

REND=rendimiento (kg/ha⁻¹), DF = días a floración, AP = altura de planta (cm), MAD = días a madurez, PH=peso hectolítrico, PMS= peso de mil semillas, GT=grasas totales (%), PT= proteínas totales (%).

CONCLUSIONES

Existe amplia diversidad de poblaciones locales de ajonjolí en México, donde las selecciones locales tienen adaptación a los diferentes nichos ecológicos en las regiones donde son cultivadas, lo que explica sus diferencias en arquitectura de planta, rendimiento y calidad de grano. Se detectaron poblaciones con alto potencial en rendimiento, contenido de aceite y proteínas así también la predominancia de color de grano que van de marrones, beige a blanco. Se identificaron al menos 5 poblaciones que pueden ser aprovechadas como base para selección de líneas en programas de mejoramiento genético.

LITERATURA CITADA

- Dar, A. A., Kancharla, P. K., Chandra, K., Sodhi, Y. S., & Arumugam, N., 2019. Assessment of variability in lignan and fatty acid content in the germplasm of *Sesamum indicum* L. *Journal of Food Science and Technology*, 56(2), 976–986. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-03564-x>
- Das, S., Ghosh, A. 2011. Characterization of rice germplasm of West Bengal. *Oryza* 47(3):201205.
- FAO; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). El patrimonio para la biodiversidad mundial para la alimentación y la agricultura- En resumen: Roma, Italia. Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y Agricultura. Disponible en <http://www.fao.org/3/ca3229en/CA3229EN.pdf>
- Hussain, S. A., Hameed, A., Ajmal, I., Nosheen, S., Suleria, H. A. R., & Song., Y. 2018. Effects of sesame seed extract as a natural antioxidant on the oxidative stability of sunflower oil. *Journal of Food Science and Technology*, 55(10), 4099–4110. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3336-2>
- Konsoula, Z., & Liakopoulou-Kyriakides, M., 2010. Effect of endogenous antioxidants of sesame seeds and sesame oil to the thermal stability of edible vegetable oils. *LWT - Food Science and Technology*, 43(9), 1379–1386. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.04.016>

Pathak, N., Rai, AK, Kumari, R., Thapa, A. (2014). "Sesamum indicum: un cultivo de semillas oleaginosas subexplotado para la seguridad nutricional: una revisión". *Agricultural Reviews*, 35(3), 223–227.

Qureshi, M., Langham, DR, Lucas, SJ (2022). Historia del mejoramiento del rasgo devastador del sésamo: enfoque clásico a genómico. *Mol Biol Rep.* 49, 7185–7194. <https://doi.org/10.1007/s11033-022-07636-2>

Qureshi, M., Langham, DR, Lucas, SJ (2022). Historia del mejoramiento del rasgo devastador del sésamo: enfoque clásico a genómico. *Mol Biol Rep.* 49, 7185–7194. <https://doi.org/10.1007/s11033-022-07636-2>

Sharma, E; Shah, TI; Khan, F. 2014. A review enlightening genetic divergence in *Sesamum indicum* based on morphological and molecular studies. *International Journal of Agriculture and Crops Sciences* 7(1):1-9.

Zhou R, Liu P, Li D, Zhang X, Wei X. (2018). Photoperiod response-related gene SiCOL1 contributes to flowering in sesame. *BMC Plant Biology.* 8:343. <https://doi.org/10.1186/s12870-018-1583-z>

EXTRACTOS VEGETALES COMO HERBICIDAS PARA CONTROL DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ

J. Guadalupe García Rodríguez¹, Raúl Rodríguez Herrera², Francisco Chablé Moreno¹, Jesús Frías Pizano¹, Davino Pérez Mendoza¹, Sergio Arturo García Gutiérrez¹

¹Dpto. de Ciencias Agropecuarias y Cuerpo Académico. del TecNM-Roque, ²Dpto. de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Facultad de Ciencias Químicas-Universidad Autónoma de Coahuila, México. ³Instituto Tecnológico de la Cueva del Papaloapan; Autor de correspondencia: j.gr@roque.tecnm.mx, garcia2956@hotmail.com

RESUMEN

El control inadecuado de arvenses, en el cultivo de maíz reduce el rendimiento entre 15 y 38 % ocasionan pérdidas por competencia por espacio, nutrientes, agua y luz; además de ser hospederas de plagas y enfermedades, afecta principalmente el proceso fotosintético, esta competencia es crítica en las primeras etapas del desarrollo de maíz; por esta razón, el control de malezas debe ser oportuno; se utilizan métodos mecánicos, biológico y herbicidas químicos sintéticos; sin embargo, algunos de estos herbicidas sintéticos si no son utilizados adecuadamente pueden afectar el ambiente y la salud humana. Los herbicidas químicamente se clasifican por su acción de contacto y sistémicos; por su selectividad para hoja ancha y hoja angosta. Los herbicidas preemergentes controlan las malezas en las primeras etapas de su ciclo de vida, específicamente durante la germinación de las semillas (aparición de radícula) y emergencia de las plántulas. Por lo que en este ensayo se evaluó, la efectividad de un bio herbicida selectivo a base de extractos vegetales en aplicación preemergente y postemergente, para controlar las malezas en maíz. El ensayo se estableció en tres ambientes y cuatro repeticiones. En este caso, se usó un bioherbicida potencializado con diferentes extractos vegetales para el control de malezas en el cultivo de maíz, se utilizaron seis niveles de aplicación; 0, 3, 6, 9 y 12 L·ha⁻¹ respectivamente, como control positivo se empleó un herbicida sintético (Nicosulfuron) a 1.5 L·ha⁻¹. Los resultados mostraron diferencias significativas entre fechas de aplicación de los tratamientos (Bloque), se obtuvo menor peso fresco de arvenses por tratamiento en la primera fecha de aplicación 30 de marzo con aplicaciones preemergentes a dosis de 12 L·ha⁻¹, se encontró menor peso fresco de 298.96 g que en la última fecha aplicada con la misma dosis de 12 L·ha⁻¹ el 30 de

mayo, supero los 350 g de peso fresco de arvenses de igual manera el peso seco tuvo una correlación con el peso fresco.

Palabras clave: *bioherbicida, extractos vegetales, preemergencia, postemergencia*

ABSTRACT

Inadequate control of crops, in maize crop reduces yield by 15 to 38% resulting in losses due to competition for space, nutrients, water and light; in addition to being hosts of pests and diseases, it affects mainly the photosynthetic process, this competence is critical in the early stages of maize development; for this reason weed control must be timely; mechanical, biological and synthetic chemical herbicides are used; However, some of these synthetic herbicides if not used properly can affect the environment and human health. Herbicides are chemically classified by their contact and systemic action; by their broad-leaf and narrow-leaf selectivity. Pre-emerging herbicides control weeds in the early stages of their life cycle, specifically during seed germination (appearance of radish) and seedling emergence. In this trial, the effectiveness of a selective bio herbicide based on plant extracts in pre-emergent and post-emergent application was evaluated to control weeds in corn. The trial was set up in three environments and four repetitions. In this case, a bioherbicide potentiated with different plant extracts was used for weed control in the corn crop, six application levels were used; 0, 3, 6, 9 and 12 L ha⁻¹ respectively, as a positive control a synthetic herbicide was used (Nicosulfuron) to 1.5 L ha⁻¹. Results showed significant differences between dates of application of treatments (Block), lower fresh weight of hives per treatment was obtained on the first application date 30 March with pre-emergent applications at doses of 12 L ha⁻¹, the fresh weight of 298.96 g was lower than on the last date applied with the same dose of 12 L ha⁻¹ on May 30, but the 350 g was lower than on the last date applied with the same dose of 12 L ha⁻¹ on May 30, but the 350 g fresh weight of heaths was also found, and dry weight had a correlation with the fresh weight.

Keywords: *bioherbicide, plant extracts, pre-emergence, post-emergence*

INTRODUCCIÓN

La principal fuente de alimentación de los mexicanos es el maíz; domesticado por el ser humano desde hace diez mil años. Se le encuentra cultivado desde el nivel del mar hasta los tres mil metros de altura. A nivel nacional se cultivan 64 razas de maíces nativos a lo largo y ancho del territorio nacional. Cada año, en México se siembra poco más de 7.5 millones de hectáreas con un total de producción de más de 22.8 millones de toneladas, con rendimiento promedio de $3.5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (SIAP, 2023), con un consumo per cápita de 196.4 kg; sin embargo, los rendimientos y calidad del cultivo de maíz se reducen hasta el 15 % a 38 % por la presencia de arvenses que compiten por los nutrientes, agua y espacio evitando la actividad fotosintética adecuada de la planta de maíz en las primeras fases de su desarrollo. Los agricultores realizan aplicaciones desmedidas de herbicidas sintéticos (químicos) que afectan el ambiente y representan un riesgo para la salud humana. Los herbicidas agrícolas han sido una herramienta esencial para la agricultura desde mediados del siglo XX y su uso se ha generalizado dado que han mostrado un control efectivo de las malas hierbas y facilitan las prácticas agrícolas y la producción de los cultivos a gran escala. La investigación y el desarrollo continuo de la agricultura ha llevado a la creación de herbicidas selectivos y eficientes, contribuyendo significativamente al incremento de la productividad agrícola (Blog Agricultura corp., 2023). Los herbicidas están diseñados por su acción y selectividad para el control de diversa arvenses sin dañar al cultivo, lo que permite su aplicación directa sobre los campos de siembra de en diferentes dosis y su incidencia en el comportamiento agronómico del maíz, así como la riqueza y abundancia de malezas presentes en sistema de siembra directa. Se han realizado estudios para el control de malezas con aplicaciones de vinagre en dosis de $1120 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ en siembras directas con avena y 30 días posteriormente siembra de maíz, con resultados satisfactorios sin daño a la germinación de la semilla de maíz, lo que puede ser una alternativa como. Un herbicida orgánico para el control de la avena en maíz (Evans *et al.*, 2011). Al respecto, Kluthcouski *et al.*, (2004) mencionan que, en siembras directas en conservación de suelos, existe mayor concentración de semillas de malezas próximas a la superficie, mientras que, en prácticas agrícolas

convencionales las semillas se distribuyen en el perfil del suelo. Allan *et al.*, 2016, menciona que las malezas además de competir por nutrientes, luz, agua, CO₂, son reservorios de plagas y microorganismos patógenos reduciendo el rendimiento y calidad de los cultivos agrícolas. Los herbicidas sintéticos con ingredientes como el glifosato, que por su composición química son capaces de interrumpir o atrofiar el desarrollo de las malezas, pero la aplicación desmedida de los mismos afecta el microbiota del suelo, deteriorando su fertilidad y afectado el ambiente (León *et al.*, 2023). Ya que los compuestos basados en glifosato han sido prohibidos, es importante buscar otras alternativas de control de malas hierbas en el maíz que no dañe el ambiente; como los extractos vegetales que evitan la competencia y además los rendimientos no se ven disminuidos por la competencia de las malezas. México es uno de tantos países que pretende gradualmente sustituir las aplicaciones de productos sintéticos en el control de las malezas; con prácticas agrícolas a tiempo y uso de extractos vegetales que poseen sustancias fenólicas y alelopáticas que inhiben el crecimiento de las malezas en el cultivo maíz como; algunas de estas sustancias pueden provenir de recursos naturales como: gobernadora (*Larrea tridentata*), eucalito (*Eucalyptus sp*) entre otros. Por lo que en este ensayo se evaluó la efectividad de un bio herbicida selectivo elaborado a base de extractos vegetales para el control de las malezas en el cultivo de maíz, tanto en aplicaciones en preemergencia como en postemergencia.

MATERIALES Y METÓDOS

Se sembró maíz cultivar ROQUE 2015 (desarrollada en el TecNM-Roque); durante el ciclo agrícola P/V 2023, en el área destinada a la investigación del Tecnológico de Roque en Guanajuato; se utilizó un bioherbicida orgánico, generado en el proyecto CONAHYCy-T2023-322605, denominado “Valoración de extractos vegetales potencializados de recursos naturales como alternativa de control y manejo de arvenses”. Se utilizó un diseño experimental con bloque completamente al azar y cuatro repeticiones (30 de marzo, 30 de abril y 30 de mayo); se aplicaron los tratamientos antes de siembra en una superficie de 45.6 m² por tratamiento, las dosis del bioherbicida empleadas fueron: a) testigo (sin control), b) 3, c) 6, d) 9, e)

12, y f) 1.5 L·ha⁻¹ del herbicida sintético nicosulfuron (control positivo); posterior a la siembra, se determinó el área de muestreo de 0.50 m x 0.50 m; a los 20 días posteriores a la siembra; se cosecho y se identificaron y se clasificaron las arvenses.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el experimento se observó la presencia de: choal blanco (*Chenopodium album*), choal morado (*C. murale*), verdolaga (*Portulaca oleracea*), chinita (*Sonchus oleraceus*), tomatillo espinoso (*Solanum elaeagnifolium*), tomatillo (*Physalis wrightii*), quelite (*Amaranthus spp.*), malva (*Malva parviflora*), toloache (*Datura stramonium*), zacate pinto o choneano (*Echinocloa colonum*), zacate tigre (*E. crus-galli*), zacate johnson (*Sorghum halepense*), zacate bermuda (*Cynodon dactylon*), coquillo (*Cyperus spp.*), correhuela (*Convolvulus arvensis*). En el Cuadro 1 y Cuadro 2. Se muestran los resultados del análisis de varianza (ANAVA)

Cuadro 1. Análisis de varianza para la variable, peso fresco de las arvenses presentes en el área de estudio (p<0,05).

FV	GI	SC	CM	F- VAL	Pr > F
Bloq	2	121499.19	60749.60 *	4.86	0.01
Trat	5	26455.44	5291.09	0.42	0.83
Error	64	800150.47	12502.35		
Total	71	948105.11			
C.V. %		31.41			

FV = Factor de variación, GI = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios del error, F- = Factor de corrección, Pr>F = probabilidad

Cuadro 2. Análisis de varianza de la aplicación pre emergente para la variable peso seco de las arvenses presentes en el área de estudio (p<0,05).

FV	GI	SC	CM	F-VAL	PR > F
Bloq	2	160676.33	80338.17*	9.86	0.0002
Trat	5	31654.79	6330.96	0.78	0.5697
Error	64	521286.75	8145.11		
Total	71	713617.88			
C.V %		32.28			

FV = Factor de variación, GI = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios del error, F- = Factor de corrección, Pr>F = probabilidad

Los resultados muestran que se obtuvo diferencias significativas entre fechas de aplicación del tratamiento (Bloque) debido a que se tuvo menor peso fresco de arvenses encontradas por tratamiento en primera fecha de aplicación 30 de marzo con 12 L. ha⁻¹ ya que se encontró menor diferencias en cuanto peso fresco de 298.96 gr en la última fecha aplicada el 30 de mayo, supero los 350 gr de peso fresco de arvenses de igual manera el peso seco tuvo una correlación con el peso fresco. Por lo que se recomienda realizar las practicas agrícola de manera oportuna y que las aplicaciones deben de ser preemergentes con la dosis recomendada del bioherbicida potencializado. En cuanto a la aplicación de herbicidas sintéticos es notorio el efecto ya por acción más rápida, pero tiene efectos residuales que deterioran el ambiente y que pueden ser dañina para la salud.

Además con base a los resultados obtenidos se observa que si hubo diferencias significativas (Duncan= 0.05) entre las variables evaluadas en cada bloque, donde el bloque 2 presento los valores promedio más altos en cuanto a materia fresca y materia seca, con medias de 394.38 y 320.13 g respectivamente, lo que indica que hubo menor efectividad del tratamiento, seguida del bloque 3, con valores medios de 374.33 y 305.24 g de cada variable, finalmente el bloque 1 con los valores más bajos de materia fresca y seca con medias de 298.96 y 213.29 g respectivamente, lo que indica que este tratamiento presento mayor efectividad del tratamiento (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cuadro de comparación de medias de las variables Peso fresco y Peso seco por bloques

Bloque	Pf	Bloque	Ps
2	394.38 ^a	2	320.13a
3	374.33 ^a	3	305.21a
1	298.96b	1	213.29b

Pf= Peso Fresco, Ps= Peso Seco

De acuerdo a los resultados obtenidos se observa que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos (Duncan= 0.05) entre las variables evaluadas en cada tratamiento, donde el T4 para peso fresco presento los valores medios más

altos fueron 372.92 g lo que indica que este tratamiento tiene una menor efectividad y el T2 presento el valor medio más bajo con una media de 317.67 g, indica que tiene una mayor efectividad. Para la variable de peso seco el T5 presento el valor promedio más alto, con una media de 303.33 g dicho tratamiento presenta una menor efectividad y el T2 presento el menor valor promedio, con una media de 242.58 g, lo que indica que este tratamiento tiene una mayor efectividad (Cuadro 4).

Cuadro 4. de comparación de medias de las variables de Peso fresco y Peso seco por tratamientos

Tratamiento	Pf	Tratamiento	Ps
4	372.92 ^a	5	303.33a
1	369.00a	4	298.33a
5	368.42 ^a	6	292.17a
6	361.25 ^a	1	274.08a
3	346.00a	3	266.75a
2	317.67 ^a	2	242.58a

Pf= Peso Fresco, Ps= Peso Seco

CONCLUSIÓN

Se concluye que la aplicación pre-emergente con dosis de 12 L ha⁻¹ de bioherbicida potencializado en el cultivo de maíz, se obtuvo mayor control de arvenses de hoja ancha y de hoja angosta en las primeras etapas de su desarrollo de las malezas en la primera aplicación en la siembra de 30 de marzo, no así en la aplicación en pre emergencia para la fecha de 30 de abril y 30 de mayo, que la presencia de malezas fue e mayo que pudo deberse a la presencia del temporal. Las practicas agronómicas con tiempo y la aplicación de bioherbicida potencializado en preemergencia, disminuye la presencia de arvenses en las primeras etapas del cultivo de maíz.

AGRADECIMIENTOS

Al CONAHCyT por el recurso otorgado a través del proyecto 2023-322605 titulado “*Valoración de extractos vegetales potencializados de recursos naturales como alternativa de control y manejo de arvenses*”, de igual manera a la Universidad

Autónoma de Coahuila por el convenio con El TecNM-Roque y los alumnos y profesores de los cuerpos académicos del departamento de ciencias agropecuarias que participaron en el proyecto.

LITERATURA CITADA

- Allan, A., Dolores, C., & Geovanny, Y. Estudio del impacto en el control natural de malezas a partir del vinagre. *Rev. Caribeña Ciencias Soc.*
- Ariza, C. A., & Almanza-Merchán, P. J. (2012). Identificación y clasificación en biotipos de las malezas asociadas con el cultivo de la palma de aceite. *Ciencia y agricultura*, 9(2), 87-96.
- .Cedeño, S. M., Galvao, J. C., & Bermúdez, E. C. (2017). Vinagre triple 12, 5%: herbicida natural en siembra directa de maíz (*Zea mays*) orgánico. *Revista Espamciencia*, 8(2), 13-21.
- Cerrudo, D., Page, E., Tollenaar M., Stewart G., Swanton C. 2012. Mechanisms of Yield Loss in Maize Cau-sed by Weed Competition. *Weed Science*. 60: 225-232.
- Fernández Cavada Labat, S., Fortanete Navarro, J., Vivo, P., Cirujeda Ranzemberger, A., & Zaragoza Larios, C. (2006). Herbicidas en maíz.
- Jiménez, K. J., & Chavarría Córdoba, P. L. (1984). Uso de herbicidas en maíz y su efecto residual para el frijol en siembras posteriores.
- Galvão, J., Corrêa, M., Lemos, J., Miranda, G., Da Conceição, P., y Fontanetti, A. 2010. Componentes de Produtividade de Milho em Sistema Plantio Direto Orgânico e Convencional. Em: (Magalhães, P), XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo e IV
- Ortiz, L. C., & Méndez, M. F. (2022). Avances en el desarrollo de nuevos herbicidas biológicos a partir de extractos vegetales fitotóxicos aplicados in vitro. *Informador técnico*, 86(1), 34-45
- Johnson, E.N.; Wolf, T. y Caldwell, B. 2004. Vinegar for pre-seed and post-emergence control of broadleafweeds in spring wheat (*Triticum aestivum*

L.). Proc. Nat. Meet., Canadian Weed Sci. Soc. 57th Annual Meeting. Halifax, Nova Scotia, Canada. 87.

SIAP(2023). Expectativas Agroalimentarias 2023 Recuperado el 14 de agosto de 2024 de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/819645/Expectativas-2023.pdf>

Simpósio Brasileiro sobre a Lagarta do Cartucho. Associação Brasileira de Milho e Sorgo. Goiânia.

Martínez Pérez, L. (2002). *Estudio del comportamiento en el medioambiente de los herbicidas empleados en el maíz*. Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones.

Meza Méndez, J. L. (2019). Evaluación de tres herbicidas pre-emergentes aplicados al cultivo de maíz (*Zea mays*) sembrado en la finca experimental “La María” en época seca.

Montull, J. M., Castro, A. I., Martín, C., & Peña, J. M. (2024). Prueba piloto sobre la generación de mapas de malas hierbas con drones y la aplicación variable de herbicidas en maíz. *Revista de Ciências Agrárias*, 47(1), 180-184.

Inzunza Ruiz, S. R. (2010). Producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) bajo condiciones de fertilización orgánica y cero tratamientos de herbicidas y plaguicidas.

FERTILIZACIÓN INORGÁNICA Y ORGÁNICA RACIONAL EN LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE CILANTRO (*Coriandrum sativum* L.) EN EL BAJÍO

Rubén García Silva^{1*}; Salvador Villalobos Reyes¹; Alfredo Josué Gámez Vázquez¹

¹Campo Experimental Bajío, INIFAP, Celaya, Gto., México.

* garcia.ruben@inifap.gob.mx

RESUMEN

La producción de cilantro en México, en la última década, ha registrado un incremento significativo del 55 % y un atractivo en los mercados de los EUA. El objetivo del presente trabajo fue valorar el efecto de la fertilización inorgánicos y orgánica racional en los componentes del rendimiento de cilantro en El Bajío. El estudio se desarrolló en la localidad San Elías, Mpio. de Celaya, Gto., México, durante PV 2024. Los tratamientos estudiados fueron: 1) composta racional + biol (Cr+B), 2) Bioles solos (BS), 3) $\frac{1}{2}$ dosis inorgánica racional complementada con composta y biol ($\frac{1}{2}$ Dlr+C), 4) fertilización convencional (FC) y 5) Control (T). Se utilizó el diseño bloques completamente al azar, con tres repeticiones y la técnica Tukey ($p<0.05$); se valoraron las variables: rendimiento en fresco total (RFT), peso fresco parte aérea (PFPA), rendimiento seco total (RST), peso seco parte aérea (PSPA), Clorofila spad (CS) y peso seco de raíz (PSR), longitud parte aérea (LPA) y número de foliolos (NF). Los tratamientos afectaron significativamente ($p<0.05$) a las variables en estudio, excepto LPA y NF. El RFT y PFPA se maximizaron con BS (28 t ha^{-1}) y RST con $\frac{1}{2}$ Dlr+C, pero sin diferencia significativa con las demás estrategias de fertilización, pero si con el control; CS varió de 37 a 42 unidades spad, sin diferencia entre los tratamientos fertilizados, sólo con el testigo (27 unidades spad). Se concluye que la fertilización con bioles solos, dosis racionalizada de composta y la $\frac{1}{2}$ de dosis racional inorgánica complementada con composta y biol representan una alternativa para la nutrición de cilantro, permitiendo reducir e incluso prescindir del uso de fertilizantes químicos.

Palabras clave: Productividad, Sustentabilidad, Abonado.

ABSTRACT

Coriander production in Mexico, in the last decade, has registered a significant increase of 55 % and an attractiveness in the US markets. The objective of this work was to assess the effect of rational inorganic and organic fertilization on the yield components of coriander. The study was carried out in the town of San Elías, Celaya, Gto., Mexico, during PV 2024. The treatments studied were: 1) rational compost + biol (Cr + B), 2) Bioles alone (BS), 3) $\frac{1}{2}$ rational inorganic dose supplemented with compost and biol ($\frac{1}{2}$ Dlr + Cr), 4) conventional fertilization (FC) and 5) Control (T). The completely randomized block design was used, with three repetitions and the Tukey technique ($p < 0.05$); Total fresh yield (RFT), shoot fresh weight PFPA), total dry yield (RST), shoot dry weight (PSPA), spad chlorophyll (CS) and root dry weight (PSR), shoot length (LPA) and leaflet number (NF). The treatments significantly affected ($p < 0.05$) the variables under study, except for LPA and NF. RFT and PFPA were maximized with BS (28 t ha^{-1}) and RST with $\frac{1}{2}$ Dlr+C, but without significant difference with the other fertilization strategies, but with the control; CS varied from 37 to 42 spad units, with no difference between the fertilized treatments, only with the control (27 spad units). It is concluded that fertilization with biol alone, a dose of rationalized compost and $\frac{1}{2}$ of a rational inorganic dose supplemented with compost and biol represent an alternative for the nutrition of coriander, allowing to reduce and even do without the use of chemical fertilizers.

Keywords: *Productivity, Sustainability, Fertilizer.*

INTRODUCCIÓN

La disminución de la fertilidad de los suelos de México ha cobrado importancia en la actualidad, debido a la reducción de su contenido nutrimental, la cual afecta el 93 % de la superficie agrícola, por lo que es indispensable explorar nuevas tecnologías de producción con un enfoque más amigable con el ambiente y sin impactar negativamente a la salud humana y se logre un mejor desempeño económico de la actividad agrícola; por tanto, el desafío en la producción agrícola es situarla en una base sostenible para prever las exigencias futuras de su población, en donde el

suelo juega un papel determinante en todo sistema de producción (UACH y CP, 2015).

En México se establecen alrededor de 7 mil ha con cilantro, con un rendimiento medio en fresco de 11 t ha⁻¹, los cuales son bajos debido al uso de tecnologías convencionales basadas en el uso de genotipos de bajo potencial productivo o en desacorde con el ciclo de cultivo, dosis de fertilización inadecuadas, incidencia de plagas y enfermedades. En la última década el mercado internacional ha mantenido un atractivo interés en esta hortaliza, sobre todo los de Estados Unidos de América, en 2017 se exportaron 64,647 t (81 %) del cilantro en fresco producido en México y se generaron divisas por más de 47 millones de dólares (SIAP, 2018).

Por lo anterior, se propone fertilizar orgánicamente el cultivo de cilantro, con base en el empleo de dosis racionalizada de compostas, preferentemente que califiquen como “insumo para nutrición vegetal” con un contenido de NPK ≥ 7 %, de acuerdo a la norma NADF-020-2011 (GODF, 2012); cuyo índice de extracción de NPK para cilantro es de 4.74, 0.69 y 5.38 kg t⁻¹ respectivamente (Cruz-Crespo *et al.*, 2017).

Una composta, además de actuar como un fertilizante de lenta liberación, debido a que su mineralización regula en cierta medida la cantidad de N disponible, entre otros nutrientes (Payne *et al.*, 1992), puede participar como un suplemento a la fertilización racional inorgánica de cultivos agrícolas en dosis bajas (Pansu *et al.*, 1998); como es en los sistemas de producción intensivos donde se debe complementar con la aplicación de una dosis de fertilización inorgánica reducida para lograr obtener el rendimientos meta (Peña-Cabriales *et al.* (2002).

El objetivo del presente trabajo fue valorar el efecto de la dosis racional inorgánica al 50% complementada con composta y biol, dosis de composta racionalizada complementada con biol y bioles solos, en comparación a la fertilización convencional y el control en los componentes del rendimiento de cilantro en El Bajío.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental. El trabajo de investigación se realizó en terreno de un agricultor cooperante de la localidad de San Elías, Mpio. de Celaya, Gto., México, durante el

ciclo PV 2024, cuya ubicación del sitio fue 20.622282 latitud norte y 100.828276 longitud oeste, con una altitud de 1,704 m.

Descripción del experimento. Se utilizó el diseño experimental bloques completos al azar, con tres repeticiones; los tratamientos estudiados fueron: 1) composta racionalizada + biol (C+B), 2) Bioles solos (BS), 3) $\frac{1}{2}$ dosis inorgánica racional complementada con composta y biol ($\frac{1}{2}$ DIr+Cr), 4) fertilización convencional (FC) y 5) Control (T). El tamaño de parcela experimental fue de dos surcos a doble hilera por 3 m de largo y 0.90 m de ancho de surco y 20 cm entre hileras. Se realizó el análisis de varianza y comparación de medias de las variables significativas con el procedimiento Tukey con $p < 0.05$, mediante el software SAS v. 9.3.

Variables estudiadas. Se valoraron las variables siguientes: rendimiento en fresco total (RFT), peso fresco parte aérea (PFPA), rendimiento seco total (RST), peso seco parte aérea (PSPA), Clorofila spad (CS), peso seco de raíz (PSR), longitud parte aérea (LPA), longitud de raíz (LR) y número de foliolos (NF). Variables del suelo en laboratorio: N, P, K, NO_3 , NH_4 , Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn y Cu, Textura, CC, PMP, DA, CIC, pH, MOS, CE.

Manejo agronómico del cultivo. Se preparó convencionalmente el terreno (barbecho, rastreo y surcado); el historial del terreno consistió la siembra de cebolla año antepasado, sorgo el año pasado y la incorporación de todos los residuos producidos (aprox. 7 t ha^{-1}). La siembra del cilantro fue “punteada” en suelo seco en surcos a doble hilera y se manejó una densidad de población de 555 mil pt ha^{-1} . Se registró la germinación entre 14 y 20 días. Los riegos, cuya fuente es agua de pozo profundo y tipo compuerta, el primero de emergencia fue un día tras la siembra (25 de mayo), el de crecimiento (2 de junio), el segundo riego de auxilio (16 de junio) durante el desarrollo de la planta y se complementó la humedad edáfica con las lluvias de verano. El control de malezas, se realizó mediante una escarda con yunta de caballos y a través de herbicidas sistémicos.

La composta que se utilizó es de tipo ordinaria, cuyas características son: con 5.23 % de NPK, pose 1.26 % de N, 1.53 % de P y 2.51 % de K, posee $1,684 \text{ mg kg}^{-1}$ de nitratos, altos contenidos de micronutrientes, 36 % de MO, C/N= 16, pH 9.4 y CE 5.8 dS m^{-1} .

Definición de la dosis racional inorgánica. La dosis racionalizada de NPK se definió de acuerdo con los criterios del enfoque racional (Bouzo *et al.*, 2003).

Dosis de nitrógeno:

$$DN = (RM * RIN) - (Ni) / Ef$$

DN = Dosis de N total aplicar para lograr el rendimiento meta, kg ha⁻¹

RM = rendimiento meta (20 t ha⁻¹).

RIN = cantidad de N extraído por unidad de rendimiento kg t⁻¹

Ni = cantidad de nitrógeno inorgánico o disponible en el suelo, kg t⁻¹

Ef = eficiencia en la absorción del N por el cultivo.

$$DNr = (20 * 4.74 \text{ kg}) - (78.62) / 0.5 = 32.36 \text{ kg N ha}^{-1}$$

Si utilizaron 65 kg de DAP para abastecer la dosis de 30 kg de P₂O₅, por tanto, se están aportando 11.7 kg de N por ha, de ese modo, se complementó con urea la cantidad de $32.4 - 11.7 = 20.70 \text{ kg de N} / 0.46 = 45 \text{ kg de urea ha}^{-1}$.

Dosis de fósforo:

$$\text{Dosis } P = (Rto. \text{ Meta } t * RIP \text{ kg/t}) - (\text{Sum } P \text{ ppm} * FC \text{ kg P/ppm}) / EAR$$

RIP = requerimiento interno de fósforo (para cilantro es de 0.69 kg/t)

Sum P ppm = es el valor del P en ppm obtenido en laboratorio.

FC = se trata de un suelo con una muy baja capacidad de retención de P, por lo tanto, varía de 2 a 3.

EAR = eficiencia de absorción radical, valor tabulado, para cilantro, aprox. de 1.

Dosis de potasio:

$$\text{Dosis de } K = (Rto. \text{ Meta en kg} * RIK) - \text{Sum } Ki (\text{ppm}) * EACk \text{ g K/ppm} * bK$$

Sum Ki = suministro de potasio del suelo proviene del análisis del suelo (ppm)

bK = poder amortiguador del suelo del Ki, en un Vertisol es muy alto es 0.30.

EACk = eficiencia de absorción de potasio para un suelo arcilloso (kg K/ppm y para el grupo IV Alliaceas, compositae, Umbelíferas es de 0.60).

$$DKr = (20 \text{ t} * 5.38 \text{ kg/t}) - (799.6 \text{ ppm} * 0.60 \text{ kg K/ppm} * 0.30)$$

= 107.6 – 143.97, no hay dosis negativas, sino que no se requiere su aplicación por ser muy abundante en K este suelo. Se puede utilizar una dosis de mantención para evitar el agotamiento de sus reservas.

La dosis racional se suministró de la siguiente manera: en el caso del N, se fraccionó la 1/2 a la siembra o inmediatamente posterior al riego de emergencia y la otra mitad a la cuarta semana tras la siembra, inmediatamente posterior a la escarda y riego de auxilio; la dosis de P se aplicó todo al momento de la siembra y no utilizó K.

Definición de la dosis racional de composta sola. La dosis racionalizada de composta se definió mediante el cálculo de la cantidad de la composta aplicar por unidad de N, para ello se consideró su contenido de N inorgánico que fue de 1.26 %, ésta multiplicada por la dosis racional de N, explicada con anterioridad y dividida entre 0.5, debido a que aproximadamente el 50 % se mineraliza durante el ciclo de cultivo.

$$DRC = CPN * \text{Dosis racional de N del suelo de interés} / 0.5$$

DRC= Dosis racional de composta (kg ha⁻¹)

CPN = Cantidad de composta por unidad de nitrógeno, adim.

0.5 = Eficiencia general de mineralización de nitrógeno por la composta

$$DRC = (100/1.26) * 32.4 \text{ kg/ha N} / 0.5 = 5,142 \text{ kg ha}^{-1} \text{ de composta con 1.26 \% de Ni.}$$

El suministro de esta dosis se realizó en banda en un surquillo hecho entre las dos hileras, tras la siembra e inmediato al primer riego de auxilio. De manera complementaria, se fertilizó con los bioles derivados de estiércol de ave, cabra ave+ vaca + cabra y vaca + cabra en cuatro aplicaciones foliares semanalmente, en una dosis de 25 mL de biol L⁻¹ de agua, suministrado a partir de la cuarta semana tras la siembra del cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza. El ANVA aplicado al ensayo muestra que los tratamientos estudiados tuvieron efecto significativo ($p \leq 0.05$) en las variables estudiadas, excepto en LPA y NF. Los porcentajes correspondientes al coeficiente de variación (CV) se mantuvieron aceptables, excepto el de RFT el cual superó el valor estándar ($\leq 20 \%$) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de varianza de las variables en estudio del ensayo de distintas estrategias de fertilización de cilantro. Celaya, Gto.

Variable	Grado de significancia	Coefficiente de variación
Rendimiento en fresco total (RFT)	194958390 *	31.7
Peso en fresco de la parte aérea (PFPA)	56886683 *	21.2
Rendimiento en seco total (RST)	1467760 *	17.7
Peso seco de la parte aérea (PSPA)	132278 *	2.3
Peso seco de raíz (PSR)	57383 *	14.6
Clorofila spad (CS)	106.4767 *	11.9
Longitud de la parte aérea (LPA)	NS	9.8
Número de folíolos (NF)	NS	15.4
Longitud de raíz (LR)	NS	15.1

Rendimiento en fresco. En general, la práctica de fertilización garantizó un aumento del rendimiento en fresco de cilantro del orden del 68 %, respecto al control. Particularmente las tecnologías de fertilización orgánicas permitieron un incremento del rendimiento en fresco entre 33 y 50 % respecto a la fertilización convencional.

El RFT de cilantro se maximizó con el uso de bioles solos con 26 t ha^{-1} , el cual mostró diferencia estadística con el control (8.326 t ha^{-1}), pero no hubo diferencia significativa con las demás estrategias de fertilización. En cuanto al PFPA fue mayor con el tratamiento $\frac{1}{2}\text{Dlr}+\text{C}$, éste mostró diferencia estadística con el control, pero no hubo diferencia significativa con los demás tratamientos fertilizados (Cuadro 2). Cabe destacar, que los rendimientos de cilantro muestran un potencial más alto en el ciclo otoño-invierno (Hernández, 2003).

Rendimiento en seco. El RST no mostró diferencia significativa entre las estrategias de fertilización estudiadas, el cual varió de 2.8 a 4 t ha^{-1} , pero todas ellas difirieron significativamente del control (1.9 t ha^{-1}), equivalente a un incremento del orden de 32 y 53 % (Cuadro 2), De acuerdo con Usman *et al.* (2003), dicha variable representó un indicador biológico adecuado para catalogar la eficiencia de cualquier fertilizante, en este caso, las distintas fuentes de este estudio demostraron ser eficientes respecto al testigo. Sin embargo, según Karaklajic-Stajic *et al.* (2012), las

concentraciones de nutrimentos absorbidos por la planta de cilantro podrían ser diferenciadas en función de la fuente y de la dosis utilizada.

Cuadro 2. Comparación de medias de rendimiento fresco total (RFT), peso fresco parte aérea (PFPA), rendimiento seco total (RST) de los tratamientos del ensayo de estrategias de fertilización de cilantro, San Elías, Celaya, Gto.

Trat.	RFT	Trat.	PFPA	Trat.	RST
2	26042 a	3	19036 a	3	3971 a
1	23037 ab	1	16087 ab	1	3860 a
3	19963 ab	2	14372 ab	4	3027 a
4	13365 ab	4	12676 ab	2	2782 a
5	8253 b	5	6265 b	5	1925 b

Peso seco de la parte aérea (PSPA). El porcentaje en base seca de la parte aérea de la planta no mostró diferencia estadística entre los tratamientos estudiados. Sin embargo, cabe señalar que la fertilización orgánica concentró alrededor del 80 % de esta fracción de la planta, en tanto la fertilización convencional el control fue hasta el 85 %, el resto la constituyeron la raíces (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de medias de porcentaje de parte aérea (PPA), peso seco de raíz (PSR), rendimiento seco total (RST) de los tratamientos del ensayo de estrategias de fertilización de cilantro, San Elías, Celaya, Gto.

Trat.	PSPA	Trat.	PSR	Trat.	C. spad
5	84.8 a	1	716 a	2	42.3 a
4	84.8 a	3	665 ab	3	40.8 a
3	82.2 a	2	505 ab	4	39.2 ab
2	81.3 a	4	439 ab	1	36.8 ab
1	80.2 a	5	297 b	5	27.2 b

Peso seco de raíz. El PSR constata el favorecer la composta y los bioles en el desarrollo de la raíz de la planta de cilantro, al resultar estadísticamente distinta respecto al control (Cuadro 3).

Clorofila spad. El mayor valor de C spad resultó en BS y ½DIr+C (hasta 42 unidades spad), si diferencia estadística entre las prácticas de fertilización

estudiadas, todas ellas superaron al estándar óptimo de clorofila spad (> 35 unidades spad), de acuerdo con Zamudio *et al.* (2015) señalaron que los rendimientos altos se correlacionaron por arriba de dicho indicador, con diferencias significativas con el control (27 unidades spad), el cual no superó al estándar de este indicador, de ahí su manifestación clorótica de las plantas.

CONCLUSIONES

La fertilización con base en bioles solos, con composta racionalizada complementada con biol y la $\frac{1}{2}$ de la dosis racional inorgánica complementada con composta y biol representaron una alternativa para la nutrición del cultivo de cilantro al cumplir el rendimiento meta y ofrecer plantas con un verde intenso, y permitir reducir e incluso prescindir del uso de fertilizantes inorgánicos.

La fertilización es una práctica imprescindible en la producción de cilantro, dadas las circunstancias de la baja fertilidad de los suelos de la región de El Bajío.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo financiero del INIFAP, a través del proyecto 1319346903 *Fertilización de cilantro con composta y biol*.

LITERATURA CITADA

Bouzo, C. A., Estegiano, E. D., Favoro, J. C. (2003). Procedimiento para predecir las necesidades de abonos en cultivos hortícolas. *Ciencias Agrícolas* 2: 7 – 19.

Cruz-Crespo E., Can-Chulim, A., Loera-Rosales, L. J., Aguilar-Benitez, G., Pineda Pineda J. y Bugarín-Montoya, R. (2017). Extracción de NPK en *Coriandrum sativum* “Pakistán” en Hidroponía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8:355 – 367.

GODF, Gaceta Oficial del Distrito Federal. (2012). Norma Ambiental del Distrito Federal (DADF-020-2011). México, D.F.

Hernández D., J. (2003). Crecimiento y desarrollo del cilantro (*Coriandrum sativum* L.) por efecto del fotoperiodo y la temperatura y su control con fitoreguladores Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, Nuevo León, México. 172 p

- Karaklajić-Stajić, Ž., Glišić I. S., Ružić, Dj., Vujović, T., and Pešaković M. (2012). Microelements content in leaves of raspberry cv. Willamette as affected by foliar nutrition and substrates. Hort. Sci. (Prague) 39: 67–73.
- Pansu, M., Sallih Z. y Bottner P. (1998). Modelling of soil nitrogen forms after organic amendments under controlled conditions. Soil Biol. Biochem. 30: 19-29.
- Payne, V.W.E.; Blick, L., Sizemore, L. Caviness J. and Berry-Brown, K. (1992). Composting improves water quality. Soil & Water conservation news 13:16-18.
- Peña-Cabriales, J. J. Grageda-Cabrera, O. A. y Vera-Núñez, J. A. (2002). Manejo de los fertilizantes nitrogenados en México: uso de las técnicas isotópicas (^{15}N). Terra 20: 51- 56.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2018). Boletín de exportaciones: cilantro. <https://www.gob.mx/siap/documentos/boletin-de-exportaciones-106883> (16/03/2018).
- UACh, Universidad Autónoma Chapingo y CP, Colegio de Postgraduados. (2015). Biofertilizantes: la solución a la productividad en el campo. Chapingo, Edomex., México. 142 p.
- Usman P., D. C., Usman R., C., Bonilla C., C. R. y. Sánchez O., M. S. (2003). Efecto de la fertilización orgánica sobre la producción de follaje y rendimiento de semilla de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) Variedad Unapal Precoso. Acta agron. 52: 59 - 63.
- Zamudio G., B., Tadeo R., M., Espinosa C., A., Martínez R., J. N., Celis E., D. I., Valdivia B., R. y Zaragoza E., J. (2015). Eficiencia agronómica de fertilización al suelo de macro nutrimentos en híbridos de maíz. Rev. Mex. de Cienc. Agríc. 6: 1557-1569.

FUENTES DE RESISTENCIA A ROYA LINEAL AMARILLA Y ROYA DE LA HOJA EN LINEAS EXPERIMENTALES DE CEBADA MALTERA

Mauro R. Zamora Díaz², J. Roberto A. Dorantes González¹, A. Josué Gámez Vázquez¹, Rocio E. Hernández Caldera¹, Miguel A. Ávila Perches, Mirna Bobadilla Meléndez^{1§},

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Bajío, Carretera Celaya-San Miguel de Allende Km 6.5, Celaya, Guanajuato, CP 38110. ²INIFAP Campo Experimental Valle de México, Carretera Los Reyes-Texcoco Km 13.5 Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, CP 56250. §Autor de correspondencia: bobadilla.mirna@inifap.gob.mx

RESUMEN

En México la producción de cebada se destina para la extracción de malta. Años atrás, la producción se obtenía de variedades de seis hileras de grano, generadas por el Programa de Mejoramiento Genético de Cebada (PMGC) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Con la llegada de las empresas extranjeras, se introdujeron genotipos de dos hileras. Su siembra se concentra en los Valles Altos de México bajo condiciones de temporal, donde las condiciones agroclimáticas favorecen el desarrollo de la roya del tallo (*Puccinia graminis*, Pg), roya de la hoja (*P. hordei*, Ph) y roya lineal amarilla (*P. striiformis* f. sp. *hordei*, Psh), que impactan la productividad hasta en 50%. Con el objetivo de identificar germoplasma sobresaliente del programa de mejoramiento genético de cebada, altamente productivo, con tolerancia a royas. Se establecieron dos ensayos en El Horno, Chapingo, México, bajo condiciones de temporal, en un diseño Láttice simple 4 x 4 con cuatro repeticiones. La siembra estuvo conformada por 16 líneas avanzadas denominadas Elite y 25 líneas experimentales en ensayos preliminares de rendimiento (PPR). Se evaluó el rendimiento, incidencia y severidad de Psh, Ph y Pg, con la escala de Cobb, modificada por Stubbs. Los resultados muestran que Psh está presente en algunas líneas que conforman el ensayo Elite, con valores que van de TR (trazas de resistencia) a 10 MR (moderadamente resistentes). Ph, se presentó en todas las líneas con valores de TR. Este comportamiento fue similar

Palabras clave: *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*, *P. hordei*, mejoramiento genético, *Hordeum vulgare*, *Hordeum distichum*.

ABSTRACT

In Mexico, barley production is destined for malt extraction. Years ago, production was obtained from six-row grain varieties, generated by the Barley Genetic Improvement Program (BGIP) of the National Institute of Forestry, Agricultural and Livestock Research. With the arrival of foreign companies, two-row genotypes were introduced. Its sowing is concentrated in the High Valleys of Mexico under rainfed conditions, where agroclimatic conditions favor the development of stem rust (*Puccinia graminis*, Pg), leaf rust (*P. hordei*, Ph) and yellow stripe rust (*P. striiformis* f. sp. *hordei*, Psh), which impact productivity by up to 50%. With the objective of identifying outstanding germplasm from the barley genetic improvement program, highly productive, with tolerance to rust. Two trials were established in El Horno, Chapingo, Mexico, under rainfed conditions, in a simple 4 x 4 Lattice design with four replicates. The sowing consisted of 16 advanced lines called Elite and 25 experimental lines in preliminary yield trials (PYT). The yield, incidence and severity of Psh, Ph and Pg were evaluated with the Cobb scale, modified by Stubbs. The results show that Psh is present in some lines that make up the Elite trial, with values ranging from TR (traces of resistance) to 10 MR (moderately resistant). Ph was present in all lines with TR values. This behavior was similar in the PYT trial, the infection was more severe in these lines, probably due to their lower homozygosity. This trend allows us to conclude that the BGIP, through its selection methods, is forming germplasm with resistance to rust with good productivity for Mexican farmers, adapted to the region with the characteristics demanded by the malting industry.

Keywords: *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*, *P. hordei*, *genetic improvement*, *Hordeum vulgare*, *Hordeum distichum*.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de cebada ocupa el cuarto lugar en la producción mundial, de cereales, Rusia es el principal productor, seguido por Australia y Francia, en conjunto aportan el 30 % de la producción (FAO, 2024). En México la producción de cebada se destina para la extracción de malta, insumo primordial en la elaboración de cerveza. Anteriormente la producción de malta se obtenía de variedades de cebada, de seis hileras de grano (*Hordeum vulgare*), generadas por el Programa de Mejoramiento Genético de Cebada del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (González *et al.*, 2021). Con la llegada de las empresas extranjeras, éstas optaron por introducir genotipos de dos hileras (*Hordeum distichum*), por su uniformidad en el tamaño de grano; sin embargo, el rendimiento es menor en comparación con las variedades de seis hileras (González *et al.*, 2016). Otra característica no favorable para las variedades introducidas fue su susceptibilidad a las enfermedades foliares como las royas.

En los Valles Altos de la Mesa Central de México se concentra la mayor superficie sembrada de este cereal bajo condiciones de temporal, no obstante, las condiciones agroclimáticas de temperatura, días nublados con alta humedad relativa o abundante rocío, son ideales para el desarrollo de las royas del tallo (*Puccinia graminis*, Pg), roya de la hoja (*P. hordei*, Ph) y roya lineal amarilla (*P. striiformis* f. sp. *hordei*, Psh) (González *et al.*, 2021, Rodríguez, *et al.*, 2023). Cada patógeno requiere condiciones específicas para su desarrollo, Ph y Pg necesitan periodos prolongados de humedad relativa o rocío y temperaturas (T°) de 10 a 25°C; Psh requiere condiciones de menor humedad, T° de 5 a 25 °C (Rodríguez *et al.*, 2020). Las lesiones que causa el hongo durante su desarrollo se denominan pústulas, éstas contienen una gran cantidad de urediniosporas, son las responsables de causar la infección en el hospedante, las pústulas se caracterizan por romper el tejido foliar esto ocasiona la reducción del área fotosintética, lo que conlleva a una reducción en el rendimiento del grano (Agrios, 2005). La incidencia de las royas en

siembras comerciales de cebada reduce de un 50 a 80% el rendimiento en las variedades nacionales (González *et al.*, 2021).

El género *Puccinia* evoluciona rápidamente hacia nuevos biotipos o razas fisiológicas que pueden vencer la resistencia de las variedades, además, los hongos se reproducen rápidamente, sus urediniosporas se pueden diseminar a grandes distancias por el viento, para el manejo fitosanitario de estos hongos se recomienda el uso de variedades resistentes (Bárcenas-Santana *et al.*, 2016; Rodríguez *et al.*, 2010). Por lo anterior, el objetivo es identificar germoplasma sobresaliente del programa de mejoramiento genético de cebada del INIFAP, con alta productividad y tolerancia a royas.

MATERIALES Y METODOS

Evaluación de material genético en campo:

Las parcelas de evaluación se establecieron en el Campo Experimental Valle de México, ubicado en “El Horno”, Chapingo, Estado de México bajo condiciones de temporal, se empleó un diseño experimental Láttice simple 4 x 4 con cuatro repeticiones, ciclo agrícola P-V 2023. La siembra estuvo conformada por dos ensayos, uno estuvo conformado por 16 líneas experimentales avanzadas denominadas Elite, son las de mayor homocigosis, el otro por 25 líneas experimentales en parcelas preliminares de rendimiento (PPR) que son de menor homocigosis. Como testigos se consideraron dos variedades comerciales, Estelar y Esmeralda en el ensayo de Elites; mientras que, para el ensayo de PPR Estelar y Marvilla, recomendadas para condiciones de temporal.

La dosis de fertilización se realizó conforme a las recomendaciones técnicas para el cultivo de cebada maltera de temporal generada por el INIFAP. La densidad de siembra fue de 100 kg ha⁻¹. Se tomaron variables agronómicas como días a floración, días a madurez fisiológica, altura de planta (datos no mostrados) y rendimiento. El rendimiento fue definido al cosechar la parcela útil (3.6 m²) que consistió de cuatro surcos de 3 m de largo con 0.3 m de separación entre hileras.

Evaluación de la severidad y presencia de royas en campo

La inoculación fue natural. Se evaluó la incidencia y severidad de la roya del tallo, roya de la hoja y roya lineal amarilla, durante la etapa de llenado del grano. Se empleó la escala de Cobb, modificada por Stubbs *et al.* (1986) que utiliza intervalos de infección: trazas, 5, 10, 20, 40, 60 y 100 %, considera la respuesta de infección conforme a la escala: 0 = No hay infección visible; TR = trazas, traza de una infección de tipo resistente; R = Resistente, áreas necróticas con o sin pústulas pequeñas; MR = Moderadamente resistente, pústulas pequeñas rodeadas por áreas necróticas; MS = Moderadamente sensible; pústulas de tamaño mediano no hay necrosis, existe clorosis, S =Sensible, pústulas grandes, sin necrosis ni clorosis; se combinan los registros de infección y respuesta. A los resultados se les realizó un análisis de componentes principales con el programa SAS (versión 9.4).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los ensayos de evaluación se observó que la roya lineal amarilla (Psh) está presente solo en algunas líneas del ensayo Elite, con valores que oscilaron entre TR y 10 MR; mientras que la roya de la hoja (Ph) se presentó en todas las líneas con valores de TR. Este mismo comportamiento fue observado en las líneas PPR, con excepción en los valores de Psh que oscilaron entre 5 MR a 20 MR, y en Ph fue de TR a 5MR, además se presentó la roya del tallo (Pg) en tres líneas; esto indica que la infección causada por las royas presentes en el ciclo de evaluación, fueron más severas en las líneas PPR, esta tendencia permite confirmar que el Programa de Mejoramiento de Cebada a través de sus métodos de selección está formando germoplasma con resistencia a royas (González *et al.*, 2021). Cabe destacar que las líneas Elite están conformadas por germoplasma de dos hileras de grano, característica que actualmente demanda la industria maltera. En cuanto a la variable de rendimiento, el SIAP (2024) reporta una producción promedio de 1800 kg ha⁻¹ para el Estado México, las líneas 5, 2, 12, 8 y 11 obtuvieron mayor rendimiento al reportado y superaron a los testigos comerciales Maravilla y Esmeralda.

El análisis de componentes principales que se realizó con los datos obtenidos en el ensayo de líneas avanzadas Elite, indicó que rendimiento y Psh fueron las variables de mayor importancia en el CP1, existe correlación entre ellas, para el CP2 fue Ph. Este análisis explica el 71.99 % de la variación total (Cuadro 1).

Cuadro 1. Vectores característicos de los componentes principales

Variable	Componentes principales (CP)		
	CP1	CP2	CP3
<i>Puccinia striiformis</i> f. sp. <i>hordei</i>	0.584494	-0.337123	0.738048
<i>P. hordei</i>	0.566089	0.821083	-0.07326
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	-0.581301	0.460621	0.670759
Valor característico	1.3	0.85	0.84
Varianza explicada (%)	43.4	28.59	28.01

La dispersión de respuesta para las líneas Elite se observa en la Figura 1, el efecto de la severidad de la roya lineal amarilla sobre el rendimiento, a mayor severidad menor rendimiento. Este tipo de análisis permite eliminar el efecto del ambiente en las variables de respuesta, por lo que se puede realizar una selección de líneas de manera asertiva, y se eligen las que muestran un buen potencial de rendimiento y resistencia a Psh, Ph y Pg. Las líneas 12, 4 y 5 son prometedoras para los productores de grano de cebada maltera, por sus características productivas y de resistencia a royas, además son genotipos de dos hileras de grano, cualidad demandada por la industria cervecera. El análisis de componentes principales para el ensayo de PPR indica que la presencia y severidad de roya lineal amarilla también impacto el rendimiento de las líneas experimentales. El análisis explica el 55.38 % de la variación total, la variación de respuesta en las líneas ante la severidad y presencia de las royas fue posiblemente por su baja homocigosis, no obstante, se pueden rescatar líneas sobresalientes por su rendimiento y resistencia, como son las líneas 4, 14 y 16 (Figura 2).

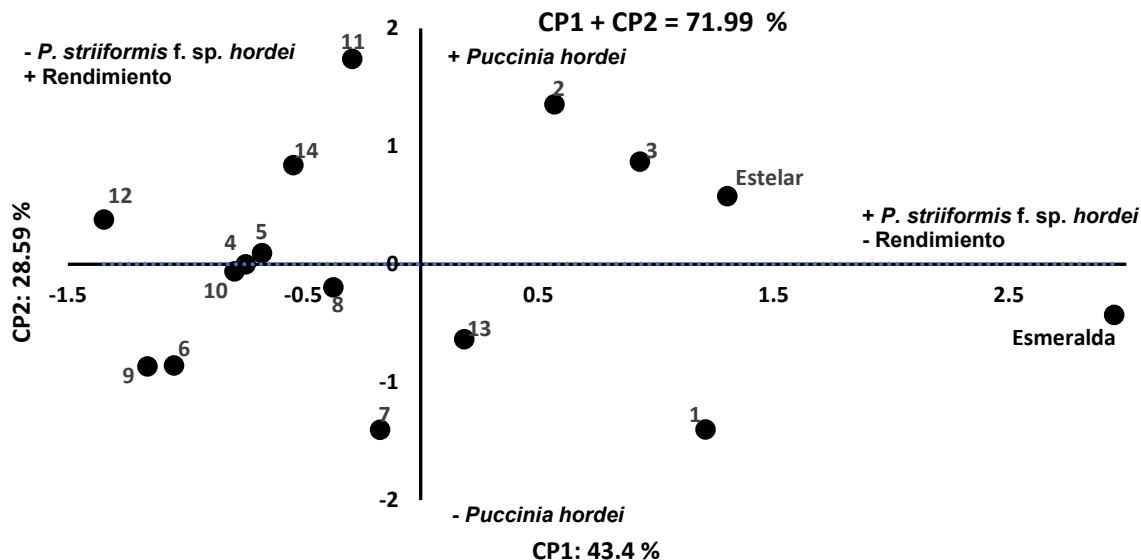


Figura 1. Dispersión de las líneas avanzadas Elite de cebada maltera por su rendimiento y su respuesta a royas. El Horno, Chapingo, estado de México.

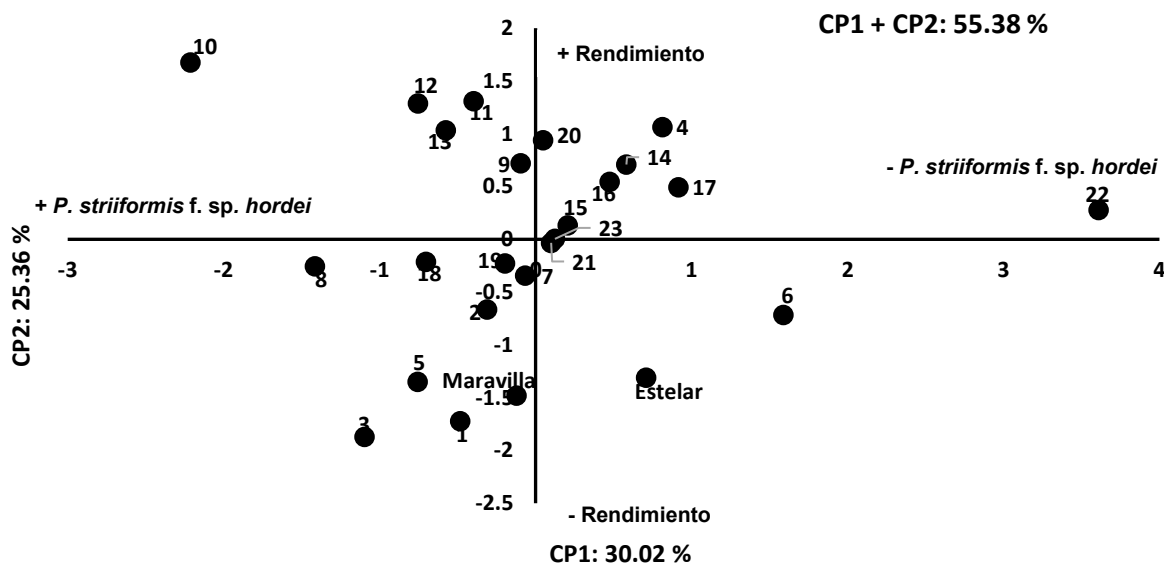


Figura 2. Dispersión de las líneas experimentales PPR de cebada maltera por su rendimiento y resistencia a royas. El Horno, Chapingo, estado de México.

CONCLUSIONES

El INIFAP, a través del Programa de Mejoramiento Genético de Cebada, cuenta con germoplasma de dos hileras de grano, resistentes a royas y buena productividad, para los productores de grano en los Valles Altos de la Mesa Central de México.

Los métodos de selección utilizados por el programa de mejoramiento genético de cebada han permitido generar genotipos con características agronómicas y de calidad que demanda la industria maltera.

La liberación de variedades con resistencia genética a enfermedades contribuye en a la disminución del deterioro del medio ambiente, al reducir las aplicaciones de fungicidas para el control de las royas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al INIFAP por el financiamiento del proyecto de Mejoramiento Genético de Cebada.

LITERATURA CITADA

Agrios, G .N. (2005) Fitopatología, 2da edición. México, Limusa, 952 p.
Bárceñas-Santana D., Huerta-Espino J., Sandoval-Islas J. S., Villaseñor-Mir H. E., Leyva-Mir S. G, Mariscal-Amaro L. A., Michel-Aceves A. (2016). Genética de la resistencia a la roya del tallo en genotipos de trigo cristalino. Rev. Fitotec. Mex., 39(4), 379 – 384.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2024). Cultivos y productos de ganadería. Consultado el 20 de octubre de 2024. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>

González G.M., Zamora D.M. y Solano H.S. (2016). Evaluación agronómica y física en líneas avanzadas de cebada maltera. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 7(1), 159-171.

González G.M., Zamora D.M., Solano H.S., Huerta Z.R., Gómez M.R. y Rojas M.I. (2021). Mejoramiento genético de cebada en el INIFAP (1985-2020). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas PE, (25),15-19.

Rodríguez G. M. F., González G. M., Huerta-Espino J., Solano H. S. y Delfín R. J. 2020. Las royas de la cebada en México. Desplegable para productores No. 5. INIFAP-CIRCE-CEVAMEX.

Rodríguez G.M.F., Huerta E.J., Villaseñor M.H.E., Sandoval I.J.S. y Singh R.P. (2010). Análisis de virulencia de la roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) del trigo (*Triticum aestivum* L.) en los Valles Altos de México. Agrociencia, 44(4), 491-502.

Rodríguez-García M. F., González-González M. y Mandujano-Bueno A. (2023). Variabilidad de *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*, resistencia y comportamiento agronómico de germoplasma de cebada de dos hileras. Revista Mexicana de Fitopatología, 41(1), 5-25.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). Anuario estadístico de la producción agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consultado el 20 de octubre de 2024.

Stubbs, R.W., Prescott J.M., Saari E.E. y Dubin H.J. (1986). Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) México. 55 pp.

GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE LECHUGA ICEBERG EN UN AMBIENTE CONTROLADO: EFECTO DE LA LUZ EN DISTINTOS NIVELES

Karla M. Mendoza Ramos¹; Mauro Santoyo Mora²; Emerson H. Blanquet Arredondo³; Juan J. Martínez Nolasco²; José E. Botello Álvarez⁴; Raúl O. Herrera Arroyo⁵

1 Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya; d2403025@itcelaya.edu.mx, 2 Departamento de Ingeniería Mecatrónica, Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, 3 Maestría en Producción y Tecnología de semillas, Tecnológico Nacional de México / IT de Roque, 4 Departamento de Ingeniería Bioquímica, Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, 5 Maestría en ciencias de la Ingeniería Mecatrónica, Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya

RESUMEN

Garantizar un alto porcentaje de germinación es crucial para la Seguridad Alimentaria, especialmente en el marco de la Meta “Hambre Cero” de la Agenda 2030 de la ONU. Factores como luz, temperatura y agua deben optimizarse para condiciones ideales de germinación. En este estudio, bajo condiciones controladas, se evaluaron tres mezclas de suelo y niveles de iluminación en la germinación de semillas de Lechuga Iceberg (Rhode as RZ [45-113]). La mezcla M3 (100 % arena) fue la más efectiva, logrando un 100 % de cotiledones a las 72 horas. La etiolación observada en niveles bajos (50 y $70 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) se corrigió al aumentar la iluminación a $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, mientras que a $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ no hubo etiolación.

Estos hallazgos subrayan la relevancia de la composición del suelo y la iluminación en la germinación exitosa y su contribución a la sostenibilidad global.

Palabras clave. Ambientes controlados con iluminación artificial, Germinación, Luz LED

ABSTRACT

Ensuring a high germination rate is crucial for Food Security, especially within the framework of the "Zero Hunger" goal of the UN Agenda 2030. Factors such as light, temperature, and water must be optimized to create ideal germination conditions. In this study, under controlled conditions, three soil mixtures and light levels were evaluated for their effect on the germination of Iceberg lettuce seeds (Rhode as RZ [45-113]). The M3 mixture (100% sand) was the most effective, achieving 100% cotyledon formation within 72 hours. Etiolation observed at low light levels (50 and 70 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) was corrected by increasing illumination to 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, while no etiolation occurred at 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. These findings highlight the importance of soil composition and illumination in successful germination and their contribution to global sustainability.

Keywords. *Controlled environments with artificial lighting, Germination, LED light*

INTRODUCCIÓN

La calidad de una semilla para lograr una germinación exitosa se relaciona con los distintos métodos de preservación y adición de elementos que permitan asegurar una perfecta sincronía entre las variables bióticas y abióticas que detonan el inicio de desarrollo de una planta. Dado que hoy en día la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura dicta la "Hambre Cero" en la segunda Meta de Desarrollo Sostenible (Organización de las Naciones Unidas, 2015), asegurar que una semilla tenga un alto porcentaje de éxito en su germinación se puede volver un tema de Seguridad Alimentaria. Por ello, es importante desarrollar herramientas tecnológicas que permitan acondicionar o mejorar las variables que influyen en las condiciones ambientales necesarias (temperatura, luz, disponibilidad de agua, entre otras) para obtener una germinación exitosa (Khaeim et al., 2022; Martos et al., 2021). Es bien conocido que la luz es un factor ambiental fundamental para el crecimiento de las plantas, pues se considera como la principal fuente de energía necesaria para la fotosíntesis y otros procesos fisiológicos (Bayat et al., 2018). Esta fuente de energía emite longitudes de onda entre los 400 y 700 nm, longitudes que son absorbidas por las plantas. Para seguir este fundamento, se han desarrollado ambientes controlados con iluminación artificial (CEAL por su

definición en inglés), como el de las fábricas de plantas y las cámaras de crecimiento, donde se cuenta con una instalación hermética diseñada para cultivar plantas en condiciones controladas de manera artificial (Zhang et al., 2018). El control óptimo de las condiciones ambientales en un CEAL es crucial para lograr la máxima eficiencia en el uso de los recursos, especialmente en la eficiencia de la luz (Hesham et al., 2020).

Existen varios tipos de fuentes de luz para el cultivo de plantas en CEAL, como lámparas de sodio de alta presión, lámparas de halogenuros metálicos, lámparas fluorescentes y diodos emisores de luz (LED). De estas tecnologías, usualmente se opta por la tecnología LED debido a su buen rendimiento, capacidad de ahorro de energía, variedad de longitudes de onda y baja temperatura de emisión (Zhang et al., 2018; Bantis et al., 2018).

MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en un cámara de crecimiento vegetal con un fotoperiodo 16 horas de luz (de 4:00 am a 8:00 pm) y 8 horas de oscuridad manteniendo una humedad relativa de 60 a 80 % y una temperatura de 25 a 27 °C.

Para el estudio se emplearon tres niveles de mezcla de suelo (M): M1 (50 % arena + 50% mejorador de suelo, M2 (75% arena + 25% mejorador de suelo) y M3 (100% arena + 0% mejorador de suelo). Cabe mencionar que la composición del mejorador de suelo fue de 35 % peat moss, 40 % fibra de coco, 15 % perlita y 10% vermiculita. La iluminación artificial se proporcionó mediante luces de cultivo LED Barrina, que ofrecen un espectro de luz casi idéntico al de la luz natural. Una vez transcurridas las 24 horas de total oscuridad necesarias para la ruptura de la testa una vez sembrada la semilla de lechuga, del segundo al cuarto día después de la siembra, se probaron tres niveles de iluminación: 50, 80 y 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. A partir del quinto día, la iluminación se mantuvo en 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, con tres repeticiones por tratamiento, como se ilustra en la figura 1.

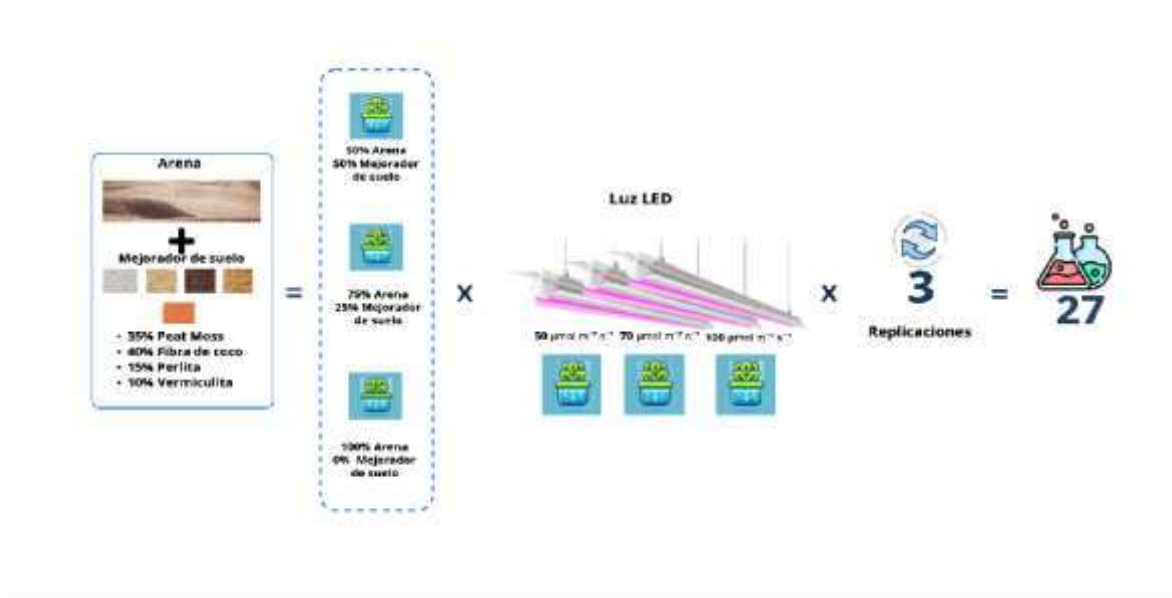


Figura 1 Diseño experimental

En este estudio, la germinación de la semilla comenzó con su implantación en la mezcla de suelo a aproximadamente 0.5 cm de profundidad. Posteriormente, se cubrió con vermiculita y se regó la mezcla hasta que alcanzó su capacidad de campo. Posteriormente, se cubrió la maceta con papel aluminio para proporcionar oscuridad a la semilla durante 24 horas, mientras se mantuvo una temperatura ambiente de 25 °C. Al término del periodo, se destapó la maceta y se le proporcionó iluminación artificial, además de aumentar la temperatura a 27 °C. Una vez que apareció la primera hoja verdadera, la iluminación artificial se incrementó a 200 µmol m⁻² s⁻¹, manteniendo la temperatura en 27 °C y el riego a capacidad de campo.

El éxito de la germinación se midió como porcentaje de semillas germinadas (G) durante el periodo de evaluación (Jara et al., 2024). Este porcentaje se calculó como el número de semillas germinadas (g) en relación con el número total de semillas por repetición (n=3), utilizando la siguiente ecuación:

$$G=(g/n)\times 100$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se consideró que una semilla había germinado cuando la radícula alcanzaba una longitud de 2 mm (Jara et al., 2024), logrando un éxito de germinación del 100 % con un tiempo promedio de 22 horas.

Tabla 1. Tiempo promedio en formación de cotiledones Mezcla suelo vs Intensidad de Iluminación

	50 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	70 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
50:50	84 hrs	72 hrs	72 hrs
75:25	84 hrs	72 hrs	72 hrs
100:0	72 hrs	72 hrs	72 hrs

El 78 % de las semillas formaron cotiledones a las 72 horas en los tres niveles de iluminación. Sin embargo, la mezcla de suelo M3 (100:0) fue la única que alcanzó el 100 % de formación de cotiledones a las 72 horas en los distintos niveles de iluminación, se detalla en Tabla 1.

Las plantas sometidas a 50 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ mostraron etiolación en los cotiledones 24 horas después de su formación (Figura 2b). En el caso de las plantas expuestas a 70 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, la etiolación en los cotiledones se observó a las 48 horas después de su formación; sin embargo, ya presentaban la primera hoja verdadera, y el fenómeno de etiolación se detuvo al aumentar el nivel de iluminación a 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. En el último nivel estudiado, 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, no se observó etiolación en los cotiledones, permitiendo mantener este nivel de iluminación hasta la formación de dos hojas verdaderas (Figura 2d), tras lo cual se incrementó la iluminación a 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

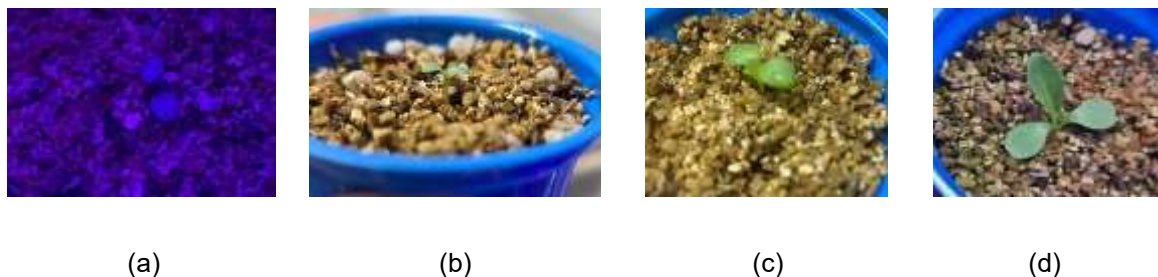


Figura 2. (a) cotiledones, (b) plantas sometidas a $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, (c) plantas sometidas a $70 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, (d) plantas sometidas a $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

CONCLUSIONES

Bajo condiciones controladas, con un fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad, una humedad relativa del 60-80 % y una temperatura de entre 25 y 27 °C, la mezcla de suelo M3 (100:0) fue la más efectiva, logrando un 100 % de formación de cotiledones a las 72 horas en todos los niveles de iluminación evaluados. Las plantas expuestas a niveles bajos de iluminación (50 y $70 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) presentaron etiolación en los cotiledones; sin embargo, este fenómeno se detuvo al aumentar la iluminación a $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. En contraste, las plantas sometidas al nivel de $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ no mostraron etiolación, lo que permitió mantener este nivel hasta la formación de dos hojas verdaderas antes de incrementar la intensidad lumínica. Estos resultados subrayan la relevancia de una iluminación adecuada para prevenir la etiolación y garantizar un desarrollo óptimo de las plantas.

LITERATURA CITADA

- Bantis, F., Smirnakoub, S., Ouzounisc, T., Koukounarasa, A., Ntagkase, N., Radogloub, K., (2018). Current status and recent achievements in the field of horticulture with the use of light-emitting diodes (LEDs). *Scientia Horticulturae* 235, 437–451.
- Bayat, L., Arab, M., Aliniaiefard, S., Seif, M., Lastochkina, O., Li, T. (2018). Effects of growth under different light spectra on the subsequent high light tolerance in rose plants. *AoB Plants* 10 (5): ply052. DOI: 10.1093/aobpla/ply052

- Hesham A. Ahmed, Tong Yu-Xin, Yang Qi-Chang, (2020). Optimal control of environmental conditions affecting lettuce plant growth in a controlled environment with artificial lighting: A review. *South African Journal of Botany*, 130, 75-89, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.12.018>.
- Jara Peña, E., A. J. Quiroz y M. Vela Arce. (2024). Influencia de la luz en la germinación de semillas de 14 especies de cactáceas del Perú. *Acta Botanica Mexicana* 131: e2273. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm131.2024.2273>
- Khaeim, H., Kende, Z., Jolánkai, M., Kovács, G. P., Gyuricza, C., Tarnawa, A. (2022). Impact of Temperature and Water on Seed Germination and Seedling Growth of Maize (*Zea mays* L.), *Agronomy*, 12(2). DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12020397>
- Martos, V., Ahmad, A., Cartujo, P., Ordoñez, J. (2021). Ensuring Agricultural Sustainability through Remote Sensing in the Era of Agriculture 5.0, *Applied Sciences*, 11. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11135911>
- Organización de las Naciones Unidas (2015). Objetivos y metas de desarrollo sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/> .Consultado el: 8 de noviembre de 2024.
- Zhang, X., He, D., Niu, G., Yan, Z., Song, J. (2018). Effects of environment lighting on the growth, photosynthesis, and quality of hydroponic lettuce in a plant factory. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 11 (2), 33–40.

HABILIDADES ADMINISTRATIVAS DE PEQUEÑOS AGRICULTORES: SU INFLUENCIA EN LA RENTABILIDAD DEL AGRONEGOCIO

Erick Baltazar-Brenes¹, Mercedes Borja-Bravo²

¹INIFAP - Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, ²INIFAP – Campo Experimental Pabellón.

Contacto: baltazar.erick@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se realizó un estudio con pequeños productores de maíz para identificar la relación entre las capacidades administrativas y la rentabilidad de los agronegocios. Las conclusiones del estudio sugieren que la rentabilidad de los pequeños productores agrícolas no está determinada por la gestión administrativa, sino mayormente influenciada por factores operativos, técnicos y externos, como el clima, los precios de mercado y las políticas gubernamentales. Entre estos factores, están la capacidad técnica en la producción, la eficiencia operativa, el clima, los precios internacionales de mercado, las políticas gubernamentales y las variaciones en los costos de insumos. La investigación resalta que, dada la naturaleza de los pequeños productores, su rentabilidad puede depender más del volumen de producción y del acceso a mercados y recursos que de su capacidad administrativa. Aunque estos productores pueden poseer conocimientos sobre gestión administrativa, es probable que no los implementen de manera efectiva en sus negocios. Esta discrepancia entre el conocimiento teórico y su aplicación práctica podría ser la razón por la cual la gestión administrativa no se traduce en una mejora significativa de la rentabilidad. La gestión administrativa, aunque importante, puede no ser el factor determinante en este contexto.

Palabras clave: Capacidades gerenciales, Teoría de la empresa, Competitividad, Recursos y capacidades, Productores de maíz.

ABSTRACT

A study was carried out with small corn producers to identify the relationship between administrative capabilities and the profitability of agribusiness. The conclusions of the study suggest that the profitability of small agricultural producers is not determined by administrative management but can be influenced to a greater extent by other factors, operational or technical, as well as by external elements. Among these factors are technical production capacity, operational efficiency, climate, international market prices, government policies and variations in input costs. The research highlights that, given the nature of small producers, their profitability may depend more on the volume of production and access to markets and resources than on their administrative capacity. Although these producers may possess administrative management knowledge, they may not implement it effectively in their businesses. This discrepancy between theoretical knowledge and its practical application could be the reason why administrative management does not translate into a significant improvement in profitability. Administrative management, although important, may not be the determining factor in this context.

Keywords: *Management capabilities, Theory of the company, Competitiveness, Resources and capabilities, Corn producers.*

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la teoría de recursos y capacidades, los activos intangibles, como las capacidades desarrolladas por el recurso humano de la empresa, pueden generar una ventaja competitiva a largo plazo. Esta teoría subraya que no todos los recursos son igualmente valiosos; para que un recurso se considere estratégico, debe ser valioso, escaso, difícil de imitar y de sustituir (Barney, 1991). En este contexto, las capacidades administrativas se pueden definir como la habilidad para asignar los recursos disponibles de manera óptima, maximizando los beneficios y minimizando los costos. En el ámbito de las pequeñas unidades de producción agrícola, el desarrollo de estas capacidades administrativas puede ser esencial para su éxito y sostenibilidad (González y Ley, 2019). La identificación del nivel de desarrollo de estas capacidades por parte de los productores puede llevarse a cabo

a través de diversas actividades fundamentales (McElwee y Bosworth, 2010). Algunas de estas actividades son (Márquez, 2002):

- a) Registro de actividades: Llevar un control detallado de las operaciones permite a los productores entender mejor sus procesos y resultados.
- b) Análisis del desempeño financiero: Evaluar la situación económica ayuda a tomar decisiones informadas que impacten positivamente en la rentabilidad.
- c) Mejora del proceso administrativo: Optimizar las prácticas administrativas puede conducir a una gestión más eficiente de los recursos.
- d) Innovación en los procesos de producción: La adopción de nuevas técnicas y tecnologías puede aumentar la productividad y la competitividad.
- e) Diseño de estrategias de competitividad: Desarrollar planes estratégicos adaptados al mercado permite a los productores posicionarse mejor frente a sus competidores.

El objetivo de este trabajo es identificar el impacto que diversas habilidades administrativas tienen en el nivel de rentabilidad de pequeñas unidades de producción agrícola. A través de este análisis, se busca proporcionar un marco que ayude a los productores a reconocer la importancia de fortalecer sus capacidades administrativas como medio para mejorar su desempeño económico y asegurar su viabilidad en un entorno competitivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La población de estudio se conformó por productores de maíz beneficiarios del programa PROCAMPO 2021, ubicados en el municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco. Se seleccionaron aquellos productores que gestionaban una superficie máxima de siembra de 20 hectáreas, lo que permite centrar el análisis en pequeñas unidades de producción agrícola. Para determinar la muestra, se utilizó el método de poblaciones finitas, estableciendo un nivel de confianza del 95 %. Esto resultó en una muestra compuesta por 67 elementos. Se elaboró un cuestionario que incluía preguntas tanto abiertas como cerradas, diseñado para recopilar información detallada sobre el sistema de producción de los participantes y las actividades

administrativas que llevaban a cabo en sus agronegocios. El enfoque mixto permitió la recopilación de datos cuantitativos y cualitativos, proporcionando una visión integral de las prácticas y limitaciones administrativas de los productores. La rentabilidad se calculó utilizando la siguiente fórmula (Téllez-Delgado, 2012):

$$Rentabilidad = \left[\frac{(p_r \times y_r)}{\sum_{i=1}^I (p_{ri} \times x_{ri})} - 1 \right] \times 100$$

Donde p_r es el precio de venta pagado al productor r , y_r es el rendimiento de maíz del productor r , p_{ri} es el precio del insumo i que paga el productor r , y x_{ri} es la cantidad de insumo i que adquiere y emplea el productor r .

La capacidad administrativa se definió considerando varios aspectos clave: conocimiento de los recursos disponibles, procesos de adquisición de insumos, entorno de negocios, riesgos económicos, factores externos que afectan la rentabilidad, registro de gastos e ingresos, conocimiento sobre precios y competidores locales, análisis costo-beneficio y preferencias del consumidor. Estos elementos fueron clasificados en tres niveles: bajo (B), medio (M) y alto (A). La recolección de información se llevó a cabo entre mayo y septiembre de 2023. Para analizar los datos obtenidos, se aplicaron técnicas estadísticas como el análisis contingente y la correlación de Pearson, utilizando el software estadístico R. También, empleando el software Gretl, se realizó una regresión robusta de mínima desviación absoluta para analizar la variable de intervalo NR (nivel de rentabilidad) y las variables dummy que componen la capacidad administrativa. Este enfoque metodológico busca proporcionar una visión clara del impacto que las habilidades administrativas tienen en la rentabilidad de las pequeñas unidades productivas agrícolas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se muestra la tabla de contingencia del nivel de rentabilidad (NR) y el nivel de la capacidad administrativa (NCA), en la Figura 1 el resultado de la prueba

de χ^2 de Pearson, y en la Figura 2 se muestra el resultado del análisis de correlación.

Cuadro 1. Tabla de contingencia de NR y NCA.

NCA			
NR	B	M	A
B	8	15	18
M	4	8	6
A	3	3	2
Valores esperados			
B	9	16	16
M	4	7	7
A	2	3	3

Pearson's Chi-squared test

data: .Table

X-squared = 1.9771, df = 4, p-value = 0.74

Figura 1. Resultado de la prueba de Pearson

Con un nivel de confianza del 95 %, un valor p inferior a 0.05 sugiere que la “capacidad administrativa” no explica significativamente la “rentabilidad de los productores”. El resultado de la Figura 2 sugiere que no hay evidencia suficiente para concluir que exista una correlación lineal significativa entre la capacidad administrativa y la rentabilidad. En este sentido, solo cuando los productores alcanzan un cierto umbral en términos de capacidad administrativa, los beneficios de una mejor gestión se hacen evidentes en la rentabilidad. Si la mayoría de los productores no han alcanzado ese umbral, la diferencia en la capacidad

administrativa entre niveles alto, medio o bajo no se traduce en cambios significativos en la rentabilidad.

Pearson's product-moment correlation

```
data: NCA and NR
t = -1.2717, df = 65, p-value = 0.208
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval: -0.38173492 0.08767635
sample estimates:
cor -0.1558138
```

Figura 2. Resultado del análisis de correlación

Se analizó el efecto de los aspectos que conforman la capacidad administrativa sobre el nivel de rentabilidad. En el Cuadro 2 se muestran los componentes de la capacidad administrativa y en la Figura 3 se muestra el porcentaje de los productores por componente.

Cuadro 2. Componentes de la capacidad administrativa.

D1	Conocimiento de los recursos y procesos
D2	Conocimiento del proceso de adquisición de insumos
D3	Conoce diversas opciones para vender el producto
D4	Conoce a sus competidores principales
D5	Conoce el nivel de riesgo de mercado
D6	Conoce los factores externos que pueden afectar el negocio
D7	Lleva registro de gastos e ingresos
D8	Conoce precios locales e intermediarios
D9	Conoce el costo beneficio del negocio
D10	Conoce las preferencias del consumidor
D11	Procura mejorar el proceso administrativo
D12	Procura mejorar los procesos de producción
D13	Procura mejorar su opciones de mercado
D14	Busca mejores proveedores, calidad y precio de los insumos
D15	Diseña estrategias para tener mayores beneficios

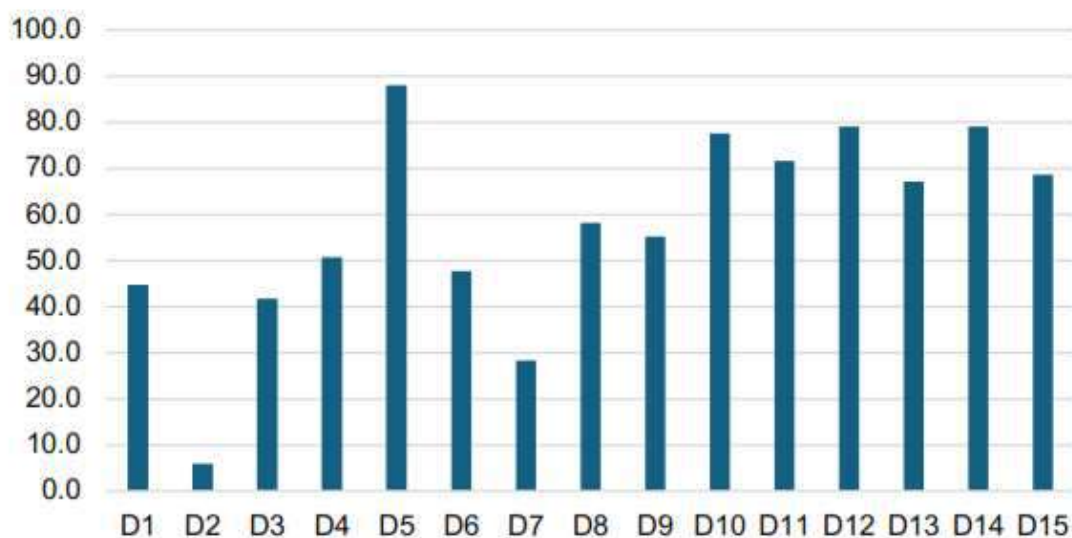


Figura 3. Porcentaje de productores por cada componente de la capacidad administrativa.

La Figura 3 muestra que en la mayoría de los componentes de la capacidad administrativa hay más del 50 % de productores. Los porcentajes más bajos se encuentran en el “proceso de adquisición de insumos”, el “registro de gastos e ingresos” y el “conocimiento de diversas opciones para vender el producto”. Al respecto, Neema y Kalitanyi (2023) encontraron que el acceso a la información sobre los mercados domésticos representa un problema mayor para la productores lo cual concuerda con los resultados encontrados.

Los resultados mostrados en la Figura 4 indican que la única variable significativa con un nivel de confianza del 5 % es el “registro de gastos e ingresos” el cual tiene un coeficiente negativo. Esto significa que aquellos productores que realizan esta práctica tienen, en promedio, menor nivel de rentabilidad. Ninguna de las otras prácticas que componen la capacidad administrativa explica el nivel de rentabilidad, lo cual confirma los resultados de los análisis previos.

Modelo 1: MDA, usando las observaciones 1-67
Variable dependiente: NR

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	1.00000	0.587059	1.703	0.0946 *
D1	0.00000	0.465390	0.000	1.0000
D2	0.00000	0.403220	0.000	1.0000
D3	0.00000	0.294533	0.000	1.0000
D4	0.00000	0.444236	0.000	1.0000
D5	0.00000	0.571225	0.000	1.0000
D6	0.00000	0.302738	0.000	1.0000
D7	-1.00000	0.423757	-2.360	0.0221 **
D8	0.00000	0.430895	0.000	1.0000
D9	0.00000	0.403415	0.000	1.0000
D10	0.00000	0.443594	0.000	1.0000
D11	1.00000	0.522625	1.913	0.0613 *
D12	0.00000	0.500054	0.000	1.0000
D13	0.00000	0.435214	0.000	1.0000
D14	0.00000	0.400569	0.000	1.0000
D15	0.00000	0.323580	0.000	1.0000

Mediana vble. depend. 1.000000 D.T. de la vble. dep. 0.704383
 Suma resid. absolutos 29.00000 Suma de cuad. residuos 37.00000
 Log-verosimilitud -57.33528 Criterio de Akaike 146.6706
 Criterio de Schwarz 181.9456 Crit. de Hannan-Quinn 160.6290

Figura 4. Resultados de la regresión robusta de mínima desviación absoluta

CONCLUSIONES

Los resultados indican que pueden existir otros factores como la capacidad técnica en la producción del cultivo o la eficiencia operativa que tienen un mayor impacto en la rentabilidad que la gestión administrativa en sí. Al respecto Maesela *et al.* (2024) encontraron que los productores agrícolas tienen, en general, un bajo nivel de capacidades administrativas y un desarrollo más destacado de las habilidades productivas. Además, Gadanakis *et al.* (2024) reportan que la productividad se incrementa por la intensificación en el empleo de tecnologías de producción.

Por otro lado, la rentabilidad puede estar más influenciada por factores externos como el clima, los precios de mercado internacionales, las políticas gubernamentales y las fluctuaciones en los costos de insumos. Neema y Kalitanyi (2023) señalan que las políticas públicas generalizadas implican un obstáculo importante para el desarrollo de acciones emprendedoras de los pequeños productores.

La rentabilidad de los pequeños productores depende más de factores estructurales, como el volumen de producción y el acceso a mercados e insumos, lo que hace que la capacidad administrativa sea un factor menos relevante. Esto coincide con los hallazgos de McElwee y Bosworth (2010) quienes concluyeron que los procesos administrativos entre grandes y pequeñas empresas tienen grandes diferencias y que los supuestos en ésta área no pueden aplicarse de forma homogénea. Estos autores señalan también, que en las pequeñas unidades de producción agrícola el éxito y las motivaciones de esta actividad, con frecuencia, no están determinado por un interés financiero. Sobre este aspecto, Gadanakis et al. (2024) encontraron que la eficiencia de la capacidad administrativa se incrementa conforme aumenta la escala de producción.

Aunque los productores pueden tener conocimiento sobre los aspectos administrativos evaluados, es posible que no lo apliquen adecuadamente en la gestión del negocio, por lo que, de acuerdo con McElwee y Bosworth (2010) es necesario el desarrollo de habilidades específicas para mejorar la planeación estratégica y la identificación de oportunidades de negocios. Estos resultados coinciden también con los de González y Ley (2019), quienes indican que ciertas habilidades administrativas requieren ser desarrolladas de mejor forma para que puedan impactar de manera positiva. La brecha entre el conocimiento teórico y su implementación práctica podría explicar por qué la capacidad administrativa no se refleja en una mejora en la rentabilidad.

LITERATURA CITADA

- Barney J. 1991. Firm Resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management* 17(1): 99-120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- Gadanakis, Y., Campos-González, J., & Jones, P. (2024). Linking entrepreneurship to productivity: using a composite indicator for farm-level innovation in UK agriculture with secondary data. *Agriculture*, 14(3), 409. <https://doi.org/10.3390/agriculture14030409>

- González, M. R., y Ley, J. (2019). Habilidades gerenciales y su influencia en la competitividad de las agroempresas del valle de Mexicali, México. *Revista Espacios*, 40(42).
<https://www.revistaespacios.com/a19v40n42/19404216.html>
- Maesela, L. M., Senyolo, G. M., & Belete, A. (2024). Farm entrepreneurship among emerging farmers under the land restitution program in Limpopo Province, South Africa. *Cogent Social Sciences*, 10(1), 2306920.
[Doi.org/10.1080/23311886.2024.2306920](https://doi.org/10.1080/23311886.2024.2306920)
- Márquez, M. (2002). La gestión administrativa de las empresas agropecuarias de los municipios San Fernando y Biruaca del estado Apure, en Venezuela. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 10.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14101002>
- McElwee, G., & Bosworth, G. (2010). Exploring the strategic skills of farmers across typology of farm diversification approaches. *Journal of farm management*, 13(12), 819-838. <https://irep.ntu.ac.uk/id/eprint/3994>
- Neema, M., & Kalitanyi, V. (2023). Factors affecting farmers' entrepreneurial action at Etunda Green scheme project, Namibia. *International Journal of Research in Business and Social Science* (2147-4478), 12(1), 350-361.
<https://doi.org/10.1080/23311886.2024.2306920>
- Téllez-Delgado, R., Mora-Flores, J. S., Martínez-Damián, M. A., García-Mata, R. y García-Salazar J.A. 2012. Caracterización del consumidor de carne bovina en la zona metropolitana del Valle de México. *Agrociencia*. 46(1): 75-86.
<https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/937/937>

HERBICIDAS SINTÉTICOS EN EL CULTIVO DE AGAVE

Susana Elizabeth Ramírez-Sánchez¹, Carlos Argenis Cruz-Contreras², Javier Ireta-Moreno¹, Luis Miguel Tamayo-Esquer², Silvia Rodríguez-Navarro²

¹Investigadora del C.E. Centro Altos de Jalisco, Av. Biodiversidad, col. Rancho las Cruces, Tepatitlán de Morelos, Jalisco. ²Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, col. Villa Quietud, Coyoacán. ³C.E. Normand Borlaug, calle Nornam Borlaug S/N km 12 CD. Obregón, Sonora. Autor de correspondencia:

ramirez.susana@inifap.gob.mx/elyrasjoalney@gmail.com

RESUMEN

El agave (*Agave tequilana* Weber var. Azul) es de las especies explotadas a nivel industrial, el Tequila es elaborado con esta especie (SAGARPA, 2017). En Jalisco se cuenta con denominación de origen para la explotación de esta especie, su cultivo es de los que causan más erosión al suelo, por la cantidad de herbicidas que se asperjan con la finalidad de dejar el cultivo limpio, a pesar de que no existen herbicidas selectivos a agave, estos son probados, por ello, el objetivo es evaluar dos mezclas de herbicidas y dos herbicidas en cuanto al control de maleza que realizan y daño probable que puedan causar al cultivo. Para ello, se estableció un experimento, cada parcela constó de 10 agaves y un área de 3 x 10, con cuatro repeticiones, una sola aplicación de los herbicidas y dos dosis de las mezclas evaluadas, la dosis recomendada (etiqueta) y dosis baja (-25%). Las variables evaluadas para maleza: número de plantas, % de cobertura vegetal y % de control. Para agave, fitotoxicidad en cultivo (Clorosis, necrosis), altura de planta y hojas desprendidas. El análisis estadístico mostró que, no hay diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo, lo que se resalta es que tampoco entre las dosis evaluadas, por lo tanto, se puede reducir la dosis, controlando eficientemente la maleza y una menor emisión de tóxicos al ambiente, mayor ahorro en el bolsillo del productor. La mezcla bromacil + diurón fue la que mostró un pico en número de hojas desprendidas y el amicarbazone en dosis reducida, obtuvo plantas con mayor tamaño. Sin que esto represente diferencias significativas en este punto de la investigación. En conclusión, los herbicidas evaluados tienen un buen control de

maleza. La disminución (25%) en dosis aplicada es posible. Se documentaron daños irrelevantes al cultivo.

Palabras clave: *Pesticidas, Sintéticos químicos, Agave tequilana, fitotoxicidad por pesticidas, Crecimiento de planta.*

ABSTRAC

The agave (*Agave tequilana* Weber var. Azul) is one of the species exploited at an industrial level, Tequila is made with this species (SAGARPA, 2017). In Jalisco there is a designation of origin for the exploitation of this species, its cultivation is one of those that cause the most erosion to the soil, due to the amount of herbicides that are sprayed in order to leave the crop clean, despite the fact that there are no selective herbicides for agave, these are tested, therefore, the objective is to evaluate two mixtures of herbicides and two herbicides in terms of the weed control they perform and the probable damage they may cause to the crop. For this, an experiment was established, each plot consisted of 10 agaves and an area of 3 x 10, with four repetitions, a single application of the herbicides and two doses of the evaluated mixtures, the recommended dose (label) and low dose (-25%). The variables evaluated for weeds: number of plants, % vegetation cover and % control. For agave, phytotoxicity in cultivation (Chlorosis, necrosis,), plant height and detached leaves. The statistical analysis showed that there is no significant difference between treatments, however, what stands out is that there is no significant difference between the doses evaluated, therefore, the dose can be reduced, efficiently controlling the weed and lowering toxic emissions into the environment, greater savings in the producer's pocket. The bromacil + diurón mixture was the one that showed a peak in the number of detached leaves and the amicarbazone in a reduced dose, obtained larger plants. Without this representing significant differences at this point of the investigation. In conclusion, the herbicides evaluated have good weed control. Decrease (25%) in applied dose is possible. Irrelevant damage to the crop was documented.

Keywords: *Pesticides, Chemical synthetics, Agave tequilana, pesticides fitotoxic damage, plant growth.*

INTRODUCCIÓN

El agave azul (*Agave tequilana* F.S.C. Weber) se utiliza en México para la producción de tequila principalmente, este se obtiene del procesamiento de la piña. Es una planta perenne de la familia Agavaceae nativa de México y forma parte de la vegetación xerófila. Cuenta con una zona de cultivo llamada “Denominación de origen del tequila” (DOT) y que comprende los estados de Jalisco, Tamaulipas, Nayarit y Guanajuato (Intagri, 2020). Este cultivo tiene una derrama económica que en 2021 alcanzó los 487.3 millones de litros producidos; la industria tequilera tiene más de 13,500 agricultores y 158 empresas certificadas por el Consejo Regulador del Tequila (Geográfica 2021). Aunado a todos los beneficios económicos, es el cultivo que se caracteriza por la erosión que causa a los suelos. Esta erosión es causada por las prácticas agronómicas en las que se elimina toda cubierta vegetal, lo que trae efectos negativos tanto al suelo como a la biodiversidad del sitio de cultivo (FAO, 2024). El esquema de producción actual provoca varios problemas tanto fitopatológicos, como efectos indirectos ya que permite la invasión de diferentes especies de malezas. La presencia de éstas representa una reducción hasta del 30% por competencia de nutrientes (FAO, 2016). No existen herbicidas selectivos a agave (Salamanca Camacho, 2007) y se utilizan los herbicidas que el productor prueba y obtiene buenos resultados, con poca afectación al cultivo (El-Nahhal & Hamdona, 2015). El objetivo de este trabajo es evaluar la aplicación de herbicidas sintéticos y su eficiencia al control de malezas, así como la afectación al cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio se contó con un predio de un productor cooperante, cuya plantación de agave tenía un mes de trasplantada, ubicada en la región de los Altos de Jalisco, en San Miguel el Alto. Se dividieron las parcelas por línea de agave, cada 10 agaves representaron una parcela experimental con 3 m de ancho y cuatro repeticiones. Se evaluó el herbicida amicarbazone y las mezclas siguientes bromacil + diurón y mesotrione + atrazina + diurón los herbicidas mencionados se evaluaron con dos dosis (la recomendada por la etiqueta y la dosis rebajada 25 %

menos). Se incluyó el herbicida glifosato con la dosis recomendada, un testigo limpio que se mantuvo con azadón y un testigo enmalezado, así como un herbicida que es el más utilizado por el productor cooperante, glufosinato de amonio, se etiquetó como testigo regional. Se aplicaron todos los herbicidas en pre-emergencia con bomba aspersora manual y boquilla Tejeet® 8005, y a excepción del glifosato fueron de aplicación total, tal como lo aplica el productor cooperante.

Las variables se evaluaron durante tres meses para la presencia de maleza y cuatro para las variables en agave. Las variables evaluadas fueron % de cobertura visual, abundancia y densidad de maleza presente en cada parcela experimental, a partir de estas variables se calculó el porcentaje de control. Para la identificación de maleza se colectaron tres ejemplares para su montaje, herborización e identificación taxonómica. También se tomaron registro fotográfico de todas las actividades. **Análisis de estadístico:** Los datos obtenidos no cumplieron los supuestos para analizar por medio de Test de Anova, por lo que se decidió analizar mediante una prueba no paramétrica (Kruskall Wallis). Cada variable fue analizada con el software RStudio. Y se analizaron las comparaciones mediante una prueba Pos-Hoc (Test de Dunn). También se obtuvo el índice de Shannon como una variable de estimación de la diversidad presente después de la aplicación de los herbicidas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Algunas de las malezas que se lograron identificar (Figura 1), presentaron cierta tolerancia a los herbicidas aplicados. Después de la aplicación, las plantas con tolerancia solo mostraron síntomas de clorosis y un marchitamiento ligero, sin embargo, a los 20 días los síntomas desaparecieron y las

plantas se veían normales. De las más abundantes fueron las gramíneas. Pastos como el *Paspalum lividum*, *Echinochloa crus-galli* y *Digitaria ciliaris* también fueron tolerantes a la aplicación de herbicidas y no se lograron controlar del todo (Figura 2). Algunas especies se llevaron más tiempo para ser controladas, por ejemplo, la especie *P. lividum* fue controlada por glifosato pero esto se observó hasta tercera medición (Figura 1, 2). *A. cristata* fue controlada por amicarbazone en dosis

recomendada, bromacil + diurón dosis baja, y las dos dosis de la mezcla de mesotione + atrazina + diurón en la tercera medición, esta especie es tolerante a los herbicidas aplicados, sufre clorosis, en algunos casos necrosis localizada y en la mayoría de los casos, se recupera.



Figura 1. Especies presentes en los tratamientos, en la tercera medición, por tipo de hoja.

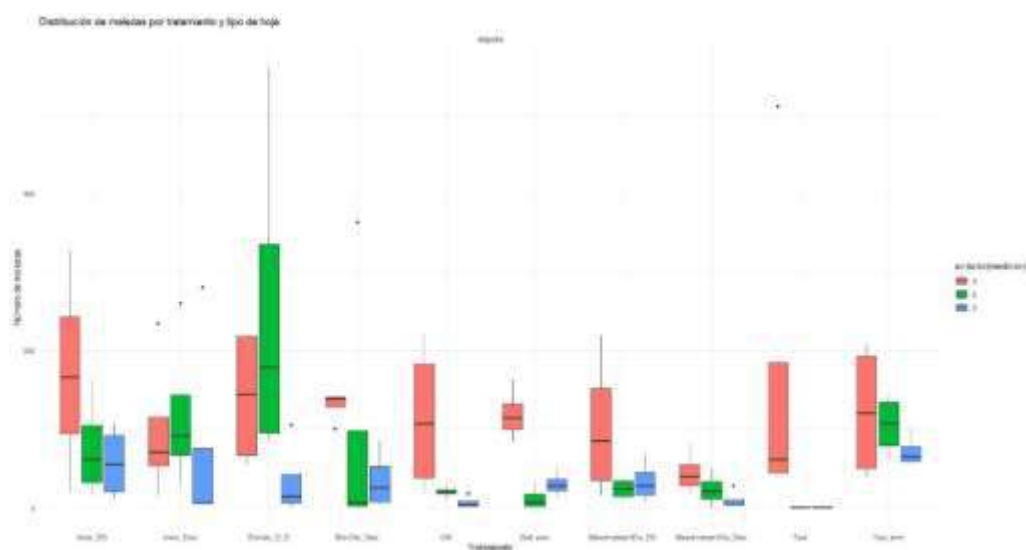


Figura 2. Control ejercido por los herbicidas en tres tiempos en maleza de hoja angosta por número de plantas emergidas posterior a la aplicación.

En cuanto al análisis estadístico, se encontró diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.00219$), para las variables número de plantas, % de cobertura y % de control (Figura 2) con el testigo limpio y el enhierbado. Por lo que se realizó el Test de Dunn. Y en este análisis se encontraron diferencias significativas de todos los tratamientos con el Testigo enmalezado y el testigo limpio, esto era de esperarse, por ser herbicidas sintéticos comerciales y eficientes. Sin embargo, las No diferencias significativas encontradas entre las dosis probadas (DR y DB) sugiere que se puede reducir la dosis obteniendo el mismo resultado con una menor emisión de estos elementos tóxicos al ambiente y con un ahorro al bolsillo del productor (alrededor de \$500.00 /Ha).

Se logró registrar las especies no controladas por tratamiento, esto nos permite sugerir tolerancia a los herbicidas, y da la pauta para iniciar a alternar modos de acción, con el fin de evitar la resistencia (Figura 1) (FAO, 1996)

Las especies de hoja ancha que no se controlaron, además de las que ya se mencionaron, fue *Cosmos sulphureus* que tampoco el glifosato logró controlar. Ya que se registró su presencia en tres tratamientos y no se encuentra registrada como especie con resistencia. En cuanto al daño al cultivo (Figura 3), los síntomas detectados fueron clorosis en grado 4 y 5 (severo y muy severo)(El-Nahhal & Hamdona, 2015) y malformación, observado como enrollamiento de las hojas de medios a puntas en grado 3 y 4 (leves y moderados). Sin embargo, con el tiempo las plantas se fueron reponiendo y se tornaron vigorosas. Esto se ve reflejado en el crecimiento del agave (Figura 4) en la variable altura de planta y desprendimiento de hoja, ya que el amicarbazone alcanzó el mayor tamaño alcanzado a la cuarta medición, aunque esto no representa una diferencia significativa en este punto de la investigación, en contraste como la mezcla bromacil + diurón a dosis recomendada, que es el tratamiento que tiene más hojas desprendidas, esto implica la formación de la piña en un mayor tamaño.

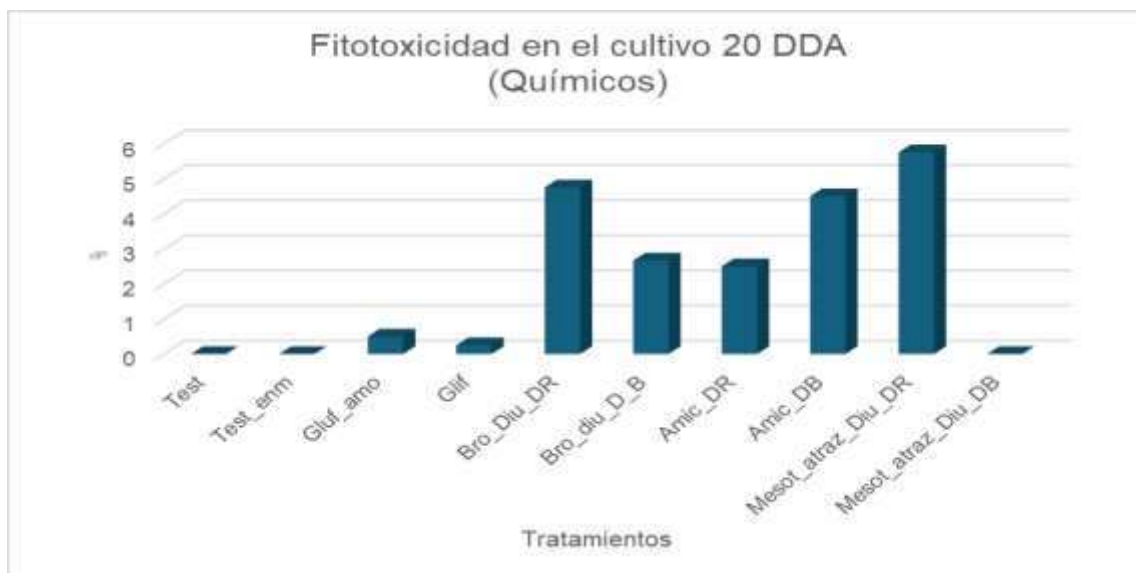


Figura 3. Fitotoxicidad en el cultivo de Agave, provocada por la aplicación de herbicidas sintéticos

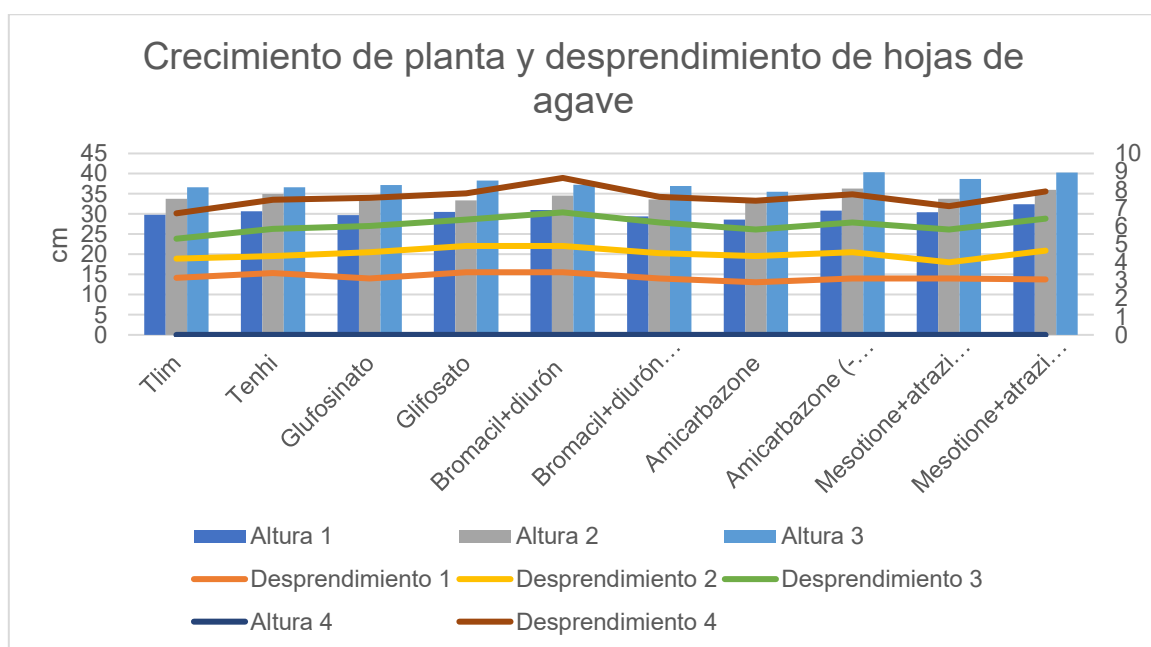


Figura 3. Crecimiento de la planta de agave en cada tratamiento y desprendimiento de hoja, por cuatro meses.

CONCLUSIONES

Se corroboró que las gramíneas son el grupo más complicado para controlar. Y que el glifosato logró eliminar las gramíneas hasta la tercera medición, pero no a todas. La dosis baja utilizada funciona bien en el control de malezas con el plus del ahorro económico y menor emisión de tóxicos al ambiente.

LITERATURA CITADA

- El-Nahhal, Y., & Hamdona, N. (2015). Phytotoxicity of alachlor, bromacil and diuron as single or mixed herbicides applied to wheat, melon, and molokhia. SpringerPlus, 4(1), 367–385. <https://doi.org/10.1186/s40064-015-1148-7>
- FAO. (1996). Manejo de Malezas en países en desarrollo. Producción y Protección Vegetal, Estudio de FAO, 120. <https://www.fao.org/3/T1147S/t1147s05.htm>
- FAO. (2016). Cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria. www.fao.org/publications
- FAO. (2024). Cobertura vegetal del suelo Agricultura de conservación Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/soil-organic-cover/es/>
- SAGARPA. (2017). Agave Tequilero y Mezcalero Mexicano. Planeación agrícola Nacional.
- Salamanca Camacho, M. M. O. S. (2007). Manejo de la Maleza en plantaciones de Agave tequilero. In J. F. Pérez Domínguez & J. I. del Real Laborde (Eds.), Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila (pp. 117–134). INIFAP-Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro.

HUERTOS AGROBIODIVERSOS Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Erica Muñoz-Reyes¹, Lorena Cortés-Espinoza¹, S. Andrea Cárdenas-Muñoz²

¹ INIFAP-Campo Experimental Valle de México. ² UNAM- Ciencias de la Sostenibilidad. *Autora de correspondencia: muniz.ERICA@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los servicios ecosistémicos (SE) son indispensables para la vida humana, se trata de bienes y servicios que proveen los ecosistemas, de manera que pueden ser muy específicos de acuerdo al tipo de ecosistema del que se plantee. El objetivo de este trabajo fue el reportar la relevancia y pertinencia del incremento de espacios verdes como los huertos agrobiodiversos, debido a la gestión de servicios ecosistémicos que se generan y todos los procesos biológicos y ambientales como consecuencia. En el INIFAP-CEVAMEX se estableció el Módulo de Agricultura Familiar (MAF), ubicado en Coatlinchan, estado de México. Desde el año 2014 se han incorporado de manera gradual especies vegetales que contribuyen a incrementar la agrobiodiversidad. El inventario vegetal dentro del MAF constituye más de 70 especies que aportan distintos SE, dentro de los cuales destaca el de regulación y soporte, específicamente de polinización. De esta manera, resaltan las relaciones generadas a partir del establecimiento del agrobiodiversidad, base para la realización de siguientes estudios y determinar el papel ecológico y el servicio ecosistémico específico se aporta en un espacio correspondiente a la pequeña escala. El número de especies de insectos depredadores y de parasitoides puede ser variable, pues cada año se describen nuevas especies, ubicadas en primer lugar en el orden Coleoptera, seguidos por Hymenoptera y Diptera. De la misma manera, insectos con hábitos polinizadores tiene ocurrencia en el MAF, tales como himenópteros (Apidae, Halictidae), dípteros (Syrphidae, Bombyliidae) y lepidópteros (Papilionidae y Hesperidae). Del orden Diptera sobresalen la familia Syrphidae (también reguladores biológicos) y Bombyliidae. En este espacio es posible detectar abejas nativas como las de la familia Halictidae.

Palabras clave: *Diversidad, plantas silvestres, polinizadores, insectos benéficos.*

ABSTRACT

Ecosystem services (ES) are essential for human life, they are goods and services that ecosystems provide, so they can be very specific according to the type of ecosystem in question. The aim this work was to report the relevance and pertinence of the increase in green spaces such as agrobiodiverse gardens, due to the management of ecosystem services that are generated and all the biological and environmental processes as a consequence. The Family Agriculture Module (FAM) was established at INIFAP-CEVAMEX, located in Coatlinchan, state of Mexico. Since 2014, plant species have been gradually incorporated that contribute to increasing agrobiodiversity. The MAF plant inventory consists of more than 70 species that provide different ES, including regulation and support, specifically pollination. In this way, the relationships generated from the establishment of agrobiodiversity stand out, which is the basis for the following studies to determine the ecological role and the specific ecosystem service provided in a space corresponding to the small scale. The number of species of predatory and parasitoid insects may vary, as each year new species are described, firstly in the order of Coleoptera, followed by Hymenoptera and Diptera. Insects with pollinating habits are also found in the MAF, such as Hymenoptera (Apidae, Halictidae), Diptera (Syrphidae, Bombyliidae) and Lepidoptera (Papilionidae and Hesperidae). In the order of Diptera, the families Syrphidae (also biological regulators) and Bombyliidae stand out. In this area it is possible to find native bees, such as those of the family Halictidae.

Keywords: *Diversity, native plants, pollinators, beneficial insects*

INTRODUCCIÓN

Del conocimiento sobre los aportes de servicios ecosistémicos (SE) o ambientales partirá el cuidado de los mismos, lo que sugiere una estrategia colectiva y a largo plazo para lograrlo. La biodiversidad es fundamental en cada uno de los procesos de la vida, por lo que es necesario promoverla y conservarla; la diversidad en sistemas agrícolas tiene un papel relevante, ya que, de principio, incide en la productividad de estos sistemas y es una razón suficiente para conservarla e

incrementarla pues de ello depende la seguridad alimentaria en todo el mundo. Sin embargo, la agrobiodiversidad detona varios SE como los ciclos de nutrientes (procesos de descomposición), captura de carbono, regulación de poblaciones y polinización y todo esto sostiene la productividad agrícola. Entre mayor sea la agrobiodiversidad, tendremos hábitat disponible para la ocurrencia y permanencia de organismos, pues la función óptima en cualquier sistema dependerá de la estructura que esté presente (Sarandón, 2020). Cuando hablamos de agrobiodiversidad no solo queremos obtener alimentos como un SE, sino que la inclusión de otras especies vegetales proporciona otros SE como la llegada y permanencia de insectos benéficos que apoyan los SE de regulación y de polinización. Los huertos productivos tienen como característica la diversificación agrícola, sea en zonas urbanas o rurales, los principios que están presentes, son los mismos. La agrobiodiversidad promueve las redes ecológicas que necesitamos. Es claro que, si buscamos obtener mayores SE, debemos proveer de mayores elementos en la estructura vegetal y no solo buscando una relación lineal y directa. El objetivo de este trabajo fue el reportar la relevancia y pertinencia del incremento de espacios verdes como los huertos agrobiodiversos dada la gestión de servicios ecosistémicos que se generan y todos los procesos biológicos y ambientales.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el INIFAP-CEVAMEX se estableció el Módulo de Agricultura Familiar (MAF), ubicado en Coatlinchan, estado de México (19.4453, -98.9025). Desde el año 2014 se han incorporado de manera gradual especies vegetales que contribuyen a incrementar la agrobiodiversidad. En el primer año sólo se establecieron cultivos agrícolas en un esquema de agricultura familiar, haciendo uso del sistema de milpa básico el cual incluyó maíz, calabaza y frijol. Por otra parte, se establecieron cultivos de hortalizas como zanahoria, betabel, espinaca, lechugas, rábanos, acelgas, cebollas y ajos. Bajo en este diseño se realizaban registros de visitas de insectos, en los cultivos. En los siguientes años se incorporaron más especies vegetales y se realizó un inventario de especies vegetales que formaban parte de la estructura vegetal. El inventario vegetal que compone el MAF se tiene como base para el

diagnóstico futuro de la diversidad de insectos que ha sido posible y determinar el papel ecológico y qué servicio ecosistémico específico se aporta en un espacio correspondiente a la pequeña escala.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el MAF se tiene alrededor de 70 especies vegetales (Cuadro 1), estas plantas aportan al menos un SE específico, ya que, en el caso de la mayor parte de las plantas medicinales, son también plantas que dan alimento (néctar) y refugio a insectos que tienen el papel de controladores biológicos y de polinizadores. Pudiendo localizarse insectos del Orden Diptera, Hymenoptera, Coleoptera, Lepidoptera entre los más frecuentes. Los miembros de estos grupos ya no se reducen solo a poblaciones de insectos fitófagos, sino que, a mayor diversidad incorporada en cada año en el MAF, se ha visto incrementada la fauna que aporta SE aunque no sean para fines agrícolas. Las plantas que son dedicadas a la producción pueden verse beneficiadas con la incorporación de otras plantas para favorecer la llegada y permanencia de insectos benéficos que no podrían localizarse en otro espacio aledaño, ya que la estructura está presente. Como lo señala (Nicholls, 2008), uno de los grupos de insectos más importantes por su papel ecológico son los depredadores, parasitoides e hiperparasitoides, ya que son los que ejercen la regulación de poblaciones en el medio natural, pero también en los agroecosistemas.

Cuadro 1. Inventario de plantas presentes en el MAF del INIFAP-CEVAMEX.

Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
Acelga	<i>Beta vulgaris</i>	Hierba mora	<i>Solanum nigrum</i>
Ajo	<i>Allium sativum</i>	Hierbabuena	<i>Mentha spicata</i>
Ajo chino	<i>Allium sativum</i>	Hinojo	<i>Foeniculum vulgare</i>
Alcatraz	<i>Zantedeschia aethiopica</i>	huauzontle	<i>Chenopodium berlandieri</i>
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	Jengibre	<i>Zingiber officinale</i>
Amaranto	<i>Amaranthus hypochondriacus</i>	Jitomate	<i>Solanum lycopersicum</i>
Apío	<i>Apium graveolens</i>	Lantana	<i>Lantana camara</i>
Árnica	<i>Arnica montana</i>	Lavanda	<i>Lavandula angustifolia</i>
Brocolí	<i>Brassica spp.</i>	Lechuga morada	<i>Lactuca sativa</i>
Bugambilia	<i>Bougainvillea spectabilis</i>	Limón	<i>Citrus limon</i>
Capulín	<i>Prunus serotina</i>	maíz	<i>Zea mays</i>
Cebolla	<i>Allium cepa</i>	Manzana	<i>Malus domestica</i>
Cebollín oriental	<i>Allium schuenoprasum</i>	Menta	<i>Mentha piperita</i>
Cedrón	<i>Aloysia citrodora</i>	Menta poleo	<i>Mentha pulegium</i>
Cempoascuhil	<i>Tagetes erecta</i>	Moringa	<i>Moringa oleifera</i>
Chabacano	<i>Prunus armeniaca</i>	Muicle	<i>Justicia spicigera</i>
Chayote	<i>Sechium edule</i>	Noche buena	<i>Euphorbia pulcherrima</i>
Chía	<i>Salvia hispanica</i>	Nopal	<i>Opuntia ficus-indica</i>
Chile	<i>Capsicum</i>	Ortiga menor	<i>Urtica urens</i>
Chirimoya	<i>Annona cherimola</i>	Rábano	<i>Raphanus sativus</i>
Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i>	Romero	<i>Salvia rosmarinus</i>
Dalia	<i>Dahlia coccinea</i>	Rosas	<i>Rosa</i>
Durazno	<i>Prunus persica</i>	Ruda	<i>Ruta graveolens</i>
Epazote zorrillo	<i>Chenopodium incisum</i>	Sabila	<i>Aloe vera</i>
Estafiate	<i>Artemisia ludoviciana</i>	Salvia	<i>Salvia lantana</i>
Frambuesa	<i>Rubus idaeus</i>	Siempreviva	<i>Sedum dendroideum</i>
Fresa	<i>Fragaria</i>	Tepozán	<i>Buddleja cordata</i>
Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Tomillo	<i>Tymus vulgaris</i>
Frijol ayocote	<i>Phaseolus coccineus</i>	Toronjil	<i>Agastache mexicana</i>
Geranios	<i>Geranium spp.</i>	Trigo	<i>Triticum spp.</i>
Girasol	<i>Helianthus spp.</i>	Verdolaga	<i>Portulaca oleacea</i>
Hierba dulce	<i>Phyla scaberrima</i>	Zanahoria	<i>Daucus carota</i>
Hierba dulce azteca	<i>Phyla scaberrima</i>	Zarzamora	<i>Rubus ulmifolius</i>

En el MAF se localizan frecuentemente individuos de las familias Ichneumonidae y Braconidae, Barrera, (2020), indica que el Orden Hymenoptera contiene a la gran mayoría de especies de parasitoides, con las superfamilias Ichneumonoidea y Chalcidoidea. Los dípteros también representan un grupo importante como

parasitoides. El número de especies de insectos depredadores y de parasitoides puede ser variable, pues cada año se describen nuevas especies, ubicadas en primer lugar en el orden Coleoptera, seguidos por Hymenoptera y Diptera (Zamorano, 2014).

Además, se ven favorecidos insectos con hábitos polinizadores principalmente himenópteros (Apidae, Halictidae), dípteros (Syrphidae, Bombyliidae) y lepidópteros (Papilionidae y Hesperidae) (Fig 1 y 2). Del orden Diptera sobresalen la familia Syrphidae (también reguladores biológicos) y Bombyliidae (moscas abejorro), debido a su importancia ecológica, de hecho, es un indicador biológico debido a que en el MAF no se utilizan insecticidas químicos para el manejo de insectos fitófagos. En este espacio es posible detectar abejas nativas como las de la familia Halictidae.



Figura 1. Mariposa del género *Papilio* visitando floración de *Agastache mexicana*. Figura 2. Hymenoptera, Apidae en floración *Zinnia* con estructura biológica. Los servicios ecosistémicos son posibles debido a la adecuada estructura física en un ecosistema dado. En agroecosistemas es necesario incorporar la mayor diversidad de elementos que no solo aporten a la alimentación directa, sino que, a través de sus aportaciones, de manera indirecta provean SE que permitan mantener la sostenibilidad en el tiempo.

CONCLUSIONES

AGRADECIMIENTOS

La autora principal agradece el financiamiento otorgado a través del proyecto “AGRICULTURA FAMILIAR: BASE DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA” No. SIGI: 11442034887 Recursos Fiscales 2019-2022.

LITERATURA CITADA

- Barrera, J. F. (2020). Concepto, alcances e implicaciones del control biológico. En: Bernal, A., Maestro, H. C., Mejía, T., del Bosque, R., & Ángel, L. Fundamento y práctica del control biológico de plagas y enfermedades.
- Nicholls, C. I. (2008). Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico (Vol. 2). Universidad de Antioquia.
- Sarandón, S. J. (2020). Agrobiodiversidad, su rol en una agricultura sustentable. Biodiversidad, agroecología y agricultura sustentable, 13-36.
- Zamorano, P. (2014). Especies de insectos descritas en el año 2012: Una evaluación sobre el aporte de cada país a la biodiversidad entomológica mundial. Bol. SEA, 54, 459-466.

IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE RESISTENCIA A LA ANTRACNOSIS DEL FRIJOL, RAZA 847

Jorge Alberto Acosta Gallegos*, Elizabeth Chiquito Almanza, Brenda Zulema
Guerrero Aguilar y José Luis Anaya López.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Bajío.
km 6.5 carretera Celaya-San Miguel de Allende. C.P. 38110, Celaya, Gto. *Autor de
correspondencia: acosta.jorge@inifap.gob.mx

RESUMEN

La antracnosis del frijol causada por el hongo *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Mag.) Scrib. es una enfermedad foliar que provoca pérdidas de rendimiento y calidad del grano en variedades susceptibles. Con el objetivo de identificar líneas de frijol Pinto resistentes a antracnosis, se obtuvo un aislado de *C. lindemuthianum* de plantas de frijol enfermas colectadas en San Felipe, Guanajuato a través de cultivos monospóricos. El aislado se caracterizó como raza 847 mediante la inoculación de 12 variedades diferenciales, destacando por su virulencia al romper la resistencia de varios genes importantes incluido el *Co-4²*. En 2023, cinco plántulas de 163 selecciones individuales derivadas de la línea de frijol Pinto PS/FME-M-12-1-M-M-M, línea candidata a nueva variedad, fueron inoculadas con este aislado bajo condiciones controladas en cámara de crecimiento. La mayoría de las selecciones resultaron susceptibles, solo se identificaron dos resistentes. La semilla remanente de éstas se utilizó para incremento, primero en casa de malla en el ciclo O-I 2023/24 y después en campo en el ciclo P-V 2024 bajo condiciones de temporal. La resistencia de las nuevas líneas se verificó bajo condiciones controladas inoculando 50 plántulas de la semilla del primer incremento, todas resultaron resistentes. Se cuenta con semilla suficiente de dos líneas uniformes de frijol Pinto, fenotípicamente distintas y resistentes a antracnosis raza 847, que son candidatas a nuevas variedades y fuentes de resistencia para programas de mejoramiento.

Palabras clave: *Colletotrichum lindemuthianum*, inoculación, frijol Pinto.

ABSTRACT

Anthrachnose of common bean caused by the fungus *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Mag.) Scrib. is a foliar disease that causes yield losses and reduced grain quality in susceptible cultivars. To identify Pinto common bean lines resistant to anthracnose, a *C. lindemuthianum* isolate was obtained through monosporic cultures from diseased bean plants collected in San Felipe, Guanajuato. The isolate was characterized as race 847 through the inoculation of 12 differential varieties, notable for its virulence in breaking the resistance of several important genes including *Co-4*². In 2023, five seedlings from 163 individual selections derived from the Pinto common bean line PS/FME-M-12-1-M-M-M, a candidate line for a new cultivar, were inoculated with this isolate under controlled conditions in a growth chamber. Most selections were susceptible, with only two identified as resistant. The remaining seed from these was used for increase, first in a screen house during the 2023/24 fall-winter cycle and then in the field during the 2024 spring-summer cycle under rainfed conditions. The resistance of the new lines was verified under controlled conditions by inoculating 50 seedlings from the first seed increase, all of which proved resistant. There is now sufficient seed of two uniform Pinto common bean lines, phenotypically distinct and resistant to anthracnose race 847, which are candidates for new cultivars and sources of resistance for breeding programs.

Keywords. *Colletotrichum lindemuthianum*, artificial inoculation, Pinto bean.

INTRODUCCIÓN

La baja productividad del frijol en México se debe a la incidencia de múltiples factores de estrés biótico y abiótico. Entre los primeros, las enfermedades fungosas como la antracnosis, que presenta amplia diversidad patogénica caracterizada en razas mediante un juego de variedades diferenciales (Pastor-Corrales, 1991; Rodríguez-Guerra *et al.*, 2006; Padder *et al.*, 2017), limita los rendimientos de frijol en las zonas de temporal, particularmente en las áreas templadas del altiplano con mayor humedad. En el estado de Zacatecas, principal productor de frijol en México, esta enfermedad genera los mayores daños económicos al cultivo. La problemática

se extiende también a otros estados como Chihuahua, Durango, Guanajuato, México, Jalisco y Veracruz, donde es un problema severo (DGSV-CNRF, 2020). Las pérdidas causadas por esta enfermedad pueden alcanzar entre 20 y 30% de la producción, con tasas de infección de hasta 50% en la semilla, lo que además reduce su calidad comercial debido al manchado de la misma (Pedroza, 2000).

Rodríguez-Guerra *et al.* (2006) identificaron en un grupo selecto de germoplasma del Programa de Frijol del INIFAP, cuatro genotipos resistentes a cinco razas de *C. lindemuthianum* (0, 2, 292, 448, y 1472): dos locales, Bayo Mecentral 90 y Pinto Villa, y dos introducidos, TLP 19 (Costa Rica) y G19428 (Perú). De estos, Pinto Villa se utilizó ampliamente en cruzamientos en la región semiárida como fuente del alelo de resistencia *Co-4²*. Sin embargo, la emergencia de nuevas razas del hongo ha generado la necesidad de identificar otras fuentes de resistencia. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue identificar líneas de frijol Pinto resistentes a antracnosis.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el laboratorio de Biología Molecular del INIFAP, Campo Experimental Bajío, localizado a 20° 34' 45.69" latitud norte, 100° 49' 11.49" longitud oeste, y una altitud de 1767 m. En cada ensayo se sembraron 10 semillas de cada material en charolas de 50 cavidades usando como sustrato una mezcla de turba fibrosa con fertilizante (Sunshine mix No. 3).

Aislamiento y caracterización de la cepa de C. lindemuthianum

El aislado monospórico de *C. lindemuthianum* se obtuvo a partir de material vegetal de frijol infectado con antracnosis colectado en El Terrero Norte, en el municipio de San Felipe, Gto. La identificación a nivel de raza se realizó mediante la inoculación de 12 variedades diferenciales de frijol y los valores binarios (Cuadro 1) descritos por Pastor-Corrales (1991).

La inoculación se realizó siguiendo el procedimiento descrito por Pastor-Corrales *et al.* (1995) con algunas modificaciones. El aislado se cultivó en medio agar harina de maíz a 24 °C. La producción de conidios se indujo mediante la exposición del micelio

a luz negra durante 4 días. Se inocularon cinco plántulas en la etapa V2 de cada variedad diferencial con 1.2×10^6 conidios por mL en una solución 0.01% de Tween 20. El haz y el envés de las dos hojas primarias de cada planta se inocularon con una brocha de pelo de camello humedecida en la solución de conidios de acuerdo a Young and Kelly (1996). Las plantas se mantuvieron por 2 días en una cámara a una humedad relativa del 100%, 21-23 °C, y un fotoperíodo de 12 h luz. Posteriormente, se mantuvieron a 24 °C con un fotoperíodo de 12 horas luz durante siete días. Los síntomas de antracnosis se determinaron visualmente 10 días después de la inoculación. La presencia de síntomas se registró como reacción compatible y la ausencia como incompatible.

Identificación de germoplasma resistente

La identificación de plantas y líneas resistentes se realizó inoculando 163 selecciones individuales, obtenidas de la línea de frijol Pinto PS/FME-M-12-1-M-M-M, con el aislado de *C. lindemuthianum* raza 847. La inoculación se realizó como se describió en la sección anterior. La reacción se determinó visualmente 10 días después de la inoculación usando la escala del 1 al 9 propuesta por Schoonhoven y Pastor-Corrales (1987), donde plantas con valores de 1 a 3 se consideran resistentes, de 4 a 6 con resistencia intermedia, y de 7 a 9 susceptibles.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización a nivel de raza del aislado de *C. lindemuthianum*

Mediante la inoculación de 12 variedades diferenciales de frijol se determinó que el aislado de *C. lindemuthianum* corresponde a la raza 847, la cual rompe la resistencia de los genes *Co-1*, *Co-1³*, *Co-2*, *Co-3*, *Co-4²*, *Co-5*, *Co-9*, y *Co-11* de origen andino y mesoamericano, pero no de los genes *Co-1²*, *Co-1⁵*, *Co-3³*, *Co-4³*, *Co-6*, *Co-8* ni a la combinación *Co-4²/Co-5/Co-7*, cuya resistencia podría estar conferida por el efecto aditivo de estos genes (Cuadro 1). El aislado monoconidial de *C. lindemuthianum* se identificó con la abreviación CLSF-847, donde C: *Colletotrichum*, L: *lindemuthianum*, SF: San Felipe, el lugar de procedencia, y 847

la raza fisiológica a la que pertenece. La alta virulencia del aislado lo hace apropiado para identificar materiales con genes de resistencia distintos a *Co-4*².

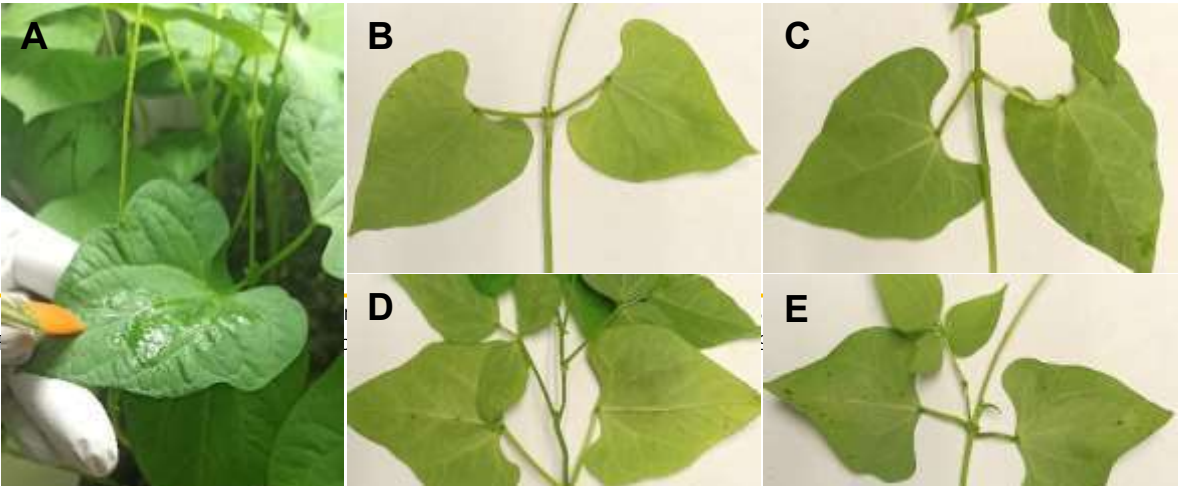
Cuadro 1. Determinación de la raza del aislado de *C. lindemuthianum* mediante la inoculación de 12 variedades diferenciales de frijol.

Origen	Diferencial	Genes	Binario	Reacción ^a
Mesoamericano	Michelite	<i>Co-11</i>	1	+
Andino	MDRK	<i>Co-1</i>	2	+
Andino	Perry Marrow	<i>Co-1</i> ³	4	+
Mesoamericano	Cornell (49242)	<i>Co-2</i>	8	+
Mesoamericano	Widusa	<i>Co-1</i> ⁵	16	-
Andino	Kaboon	<i>Co-1</i> ²	32	-
Mesoamericano	México 222	<i>Co-3, Co-9</i>	64	+
Mesoamericano	PI-207262	<i>Co-3</i> ³ , <i>Co-4</i> ³	128	-
Mesoamericano	To	<i>Co-4</i> ²	256	+
Mesoamericano	Tu	<i>Co-5</i>	512	+
Mesoamericano	AB136	<i>Co-6, Co-8</i>	1024	-
Mesoamericano	G2333	<i>Co-4</i> ² , <i>Co-5, Co-7</i>	2048	-
Asignación de raza del aislado			847	

^a: Determinada 10 días después de la inoculación. +: Reacción compatible. -: Reacción incompatible. Los valores binarios de las reacciones compatibles y la raza del aislado se indican en negritas.

Identificación de germoplasma resistente

Las líneas de frijol Pinto mostraron una amplia gama de síntomas (Figura 1B-1G). La mayoría fueron susceptibles al aislado 847 de *C. lindemuthianum*, sin embargo, se identificaron dos líneas resistentes con valores de severidad entre 1-3. La semilla remanente de éstas se utilizó para incremento, primero en casa de malla en el ciclo O-I 2023/24 y después en campo en el ciclo P-V 2024 bajo condiciones de temporal.



La resistencia de las nuevas líneas se verificó bajo condiciones controladas inoculando 50 plántulas de la semilla del primer incremento, todas resultaron resistentes. Estas dos líneas de frijol Pinto son resistentes a la antracnosis, uniformes, fenotípicamente distintas en campo y su genealogía es PS/FME-M-12-1-M-M-M-1 y PS/FME-M-12-1-M-M-M-2.

El aislado usado en esta evaluación rompe la resistencia del gen *Co-4²*, uno de los genes de resistencia a antracnosis más efectivos usados en el mejoramiento genético de frijol, pero no de la combinación *Co-4²/Co-5/Co-7* (Cuadro 1). Esta combinación genética confirió resistencia a 41 razas de *C. lindemuthianum* identificadas en 138 aislados obtenidos de frijol del acervo Mesoamericano y Andino cultivado en Argentina, Brasil, República Dominicana, Honduras, México, y Estados Unidos (Balardin *et al.*, 1997).

Es por ello que la identificación de dos líneas resistentes al aislado de *C. lindemuthianum* de raza 847, sugiere que estas poseen la combinación de genes *Co-4²/Co-5/Co-7* y representan una fuente de resistencia a la antracnosis para el desarrollo variedades y posiblemente una o ambas puedan ser registradas como nuevas variedades de frijol Pinto.

CONCLUSIONES

Se cuenta con semilla suficiente de dos líneas uniformes de frijol Pinto, fenotípicamente distintas en campo y resistentes a antracnosis (*C. lindemuthianum* raza 847) para iniciar su multiplicación. Estas líneas son candidatas para su registro como variedad en función a sus características agronómicas y respuesta a otras enfermedades en condiciones de campo, además de ser fuentes potenciales de resistencia para programas de mejoramiento.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados presentados se obtuvieron con el financiamiento del INIFAP a través del proyecto “Desarrollo de variedades mejoradas de frijol para México” con Núm. SIGI: 16215236227.

LITERATURA CITADA

- Balardin, R. S., Jarosz, A. M., and Kelly, J. D. (1997). Virulence and molecular diversity in *Colletotrichum lindemuthianum* South, Central, and North America. *Phytopathology*, 87, 1184-1191.
<https://doi.org/10.1094/PHYTO.1997.87.12.1184>
- DGSV-CNRF. (2020). *Colletotrichum lindemuthianum*. Sader-Senasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha técnica. Tecámac, Estado de México, 13 p.

- https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/600963/Antracnosis_del_frijol.pdf
- Padder, B. A., Sharma, P.N., Awale, H. E., and Kelly, J. D. (2017). *Colletotrichum lindemuthianum*, the causal agent of bean anthracnose. Journal of Plant Pathology, 99 (2), 317-330. <https://www.jstor.org/stable/44686776>
- Pastor-Corrales, M. (1991). Estandarización de variedades diferenciales y designación de razas de *Colletotrichum lindemuthianum*. Phytopathology, 81, 694.
- Pastor-Corrales, M. A., Otoyá, M. M., Molina, A., and Singh, S. P. (1995). Resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from Middle America and Andean South America in different common bean races. Plant Disease, 79, 63-67.
- Pedroza, S. A. (2000). Principales Enfermedades del Frijol. En Fitosanidad de Cultivos Básicos. Sociedad Mexicana de Fitopatología. 265 p.
- Rodríguez-Guerra, R., Acosta-Gallegos, J. A., González- Chavira, M. M. y Simpson, J. (2006). Patotipos de *Colletotrichum lindemuthianum* y su implicación en la generación de cultivares resistentes de frijol. Agricultura Técnica en México, 32, 99-112.
- Schoonhoven, A. V., and Pastor Corrales, M. A. (1987). Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. CIAT. Cali, Colombia. CIAT.
- Young, R. A., and Kelly, J. D. (1996). Characterization of the genetic resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* in common bean differential cultivars. Plant Disease, 80, 650-654. <https://doi.org/10.1094/PD-80-0650>.

IDENTIFICACIÓN DE HONGOS FITOPATÓGENOS EN GRANOS GERMINADOS PARA LA ELABORACIÓN DE MALTA

Talina O. Martinez-Martinez¹, Daniel Augusto Jiménez Paredes², José Luis Zárate Castrejón³, Juan G. Angeles-Nuñez¹, Diana Escobedo López¹ y Luis Febronio Díaz Espino¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Bajío. ²Tecnológico Nacional de México, Campus Roque. ³Universidad de Guanajuato, Campus Celaya-Salvatierra, Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Autor de correspondencia: martinez.talina@inifap.gob.mx.

RESUMEN

El sorgo es un cultivo que puede emplearse para consumo humano; sin embargo, presenta algunos compuestos como los taninos y fitatos que dificultan su digestibilidad, para su mejor aprovechamiento nutricional se recomienda el malteado. Uno de los problemas que se presenta en este proceso es la presencia de hongos fitopatógenos que comprometen el porcentaje de germinación y la producción de micotoxinas. El objetivo de este trabajo fue identificar a los hongos presentes en siete variedades de grano germinado de sorgo para la elaboración de malta. Se tomaron cinco granos germinados de sorgo y se llevaron a cajas Petri con PDA, se realizaron cinco repeticiones, la incubación se realizó por cuatro días a 25 °C, se determinó la incidencia de hongos en cada variedad. A la par se determinó el porcentaje de germinación en los materiales empleando 100 granos y colocándolos en papel absorbente estéril con una incubación de 25 °C por cuatro días. Se identificó la presencia de *Fusarium* sp., *Alternaria* sp., *Penicillium* sp. y *Helminthosporium* sp. Se determinó un porcentaje de germinación de 48 al 53 %, mientras que la incidencia de hongos fue de 3 al 30 %.

Palabras clave: variedad, incidencia, *Fusarium*, *Alternaria*, micotoxinas.

ABSTRACT

Sorghum is a crop potential used for human consumption. However, it contains some compounds such as tannins and phytates, which limited its digestibility. Malting is recommended to arise this digestibility. One of the problems in this process is the incidence of phytopathogenic fungi that compromise the germination percentage and the production of mycotoxins. The objective of the work was to identify the fungi present in seven varieties of sorghum destined for flour production, in addition to determining the incidence and percentage of germination. Five germinated sorghum grains were placed in Petri dishes with PDA. Five repetitions were performed. Incubation was carried out for four days at 25 °C. The incidence of fungi in each variety was determined. At the same time, the germination percentage in the materials was determined using 100 grains and placing them on sterile absorbent paper with an incubation at 25 °C for four days. The presence of *Fusarium* sp., *Alternaria* sp., *Penicillium* sp. and *Helminthosporium* sp. was identified. A germination percentage of 48 to 53% was determined, while the incidence of fungi was 3 to 30%.

Keywords: variety, incidence, *Fusarium*, *Alternaria*, mycotoxins.

INTRODUCCIÓN

El sorgo es un cultivo que puede emplearse para consumo humano ya que su contenido nutrimental es similar al maíz (FAO, 1995); sin embargo, puede contener algunos compuestos que dificultan la digestibilidad de proteínas, carbohidratos y lípidos (Montes-García *et al.*, 2010). Por ello, diferentes estudios han demostrado que algunos procesos alimentarios como el malteado pueden reducir los compuestos antinutricionales (Onyango *et al.*, 2013). Uno de los inconvenientes con este proceso es la incidencia de hongos fitopatógenos que comprometen el porcentaje de germinación y también son un riesgo en función de la producción de micotoxinas como las aflatoxinas, fumonisinas, zeralenona y deoxinivalenol, siendo las primeras el principal riesgo en este cultivo (Astoreca *et al.*, 2019). En estudios realizados en sorgo se han identificado con mayor frecuencia *Aspergillus*, *Alternaria* y *Penicillium*, *Curvularia*, *Diaporthe* (Ssepuyua *et al.*, 2018; Patiño-Moscoso *et al.*, 2023), mismos que pueden ser productores de micotoxinas. En un estudio realizado

por Huerta-Treviño *et al.* (2016) identificaron la presencia de aflatoxinas, deoxinivalenol, fumonisina, ocratoxinas y zearalenonas, lo autores indicaron la necesidad de establecer medidas de control para reducir el riesgo contaminación por los hongos productores de micotoxinas. Bajo esta situación, el objetivo de trabajo fue identificar a los hongos presentes en siete variedades de sorgo que se cultivan en el Bajío, además determinar el porcentaje de germinación por variedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El programa de sorgo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agropecuarias y Pesqueras (INIFAP), Campo Experimental Bajío. proporcionó granos de testa blanca: Fortuna Gaviota, Costeño, Matinal, M16 y Perla; así como de testa oscura: Gavatero. Para el malteado de los granos se tomó una muestra de 500 g y con ayuda de una criba de 10 mm se excluyeron los granos pequeños y dañados, posteriormente se lavaron con agua corriente y se llevaron a una solución jabonosa de 1000 mL de agua con 5 mL de detergente grado alimenticio, seguido de un enjuague exhaustivo. El grano se lavó con agua corriente, enseguida se llevaron a una solución jabonosa de 1000 mL de agua con 5 mL de detergente grado alimenticio, seguido de un enjuague exhaustivo. Inmediatamente los granos se extendieron en una charola con papel absorbente para la germinación que tuvo una duración de tres días a temperatura ambiente. Se tomaron cinco granos germinados y se llevaron a una caja Petri con PDA, se realizaron cinco repeticiones. Las muestras se incubaron a 25 °C y después de una semana se comenzó la identificación de hongos con claves taxonómicas. Para determinar la germinación, 100 granos estos se colocaron sobre papel absorbente previamente humedecido, se enrollaron y se colocaron en bolsas de plástico a 25 °C por cuatro días, después de ese tiempo se contabilizó el porcentaje de germinación. Los datos se acomodaron en diseños completamente al azar, se realizó un ANOVA ($p \leq 0.05$) y análisis de medias Tukey. Se empleó el Programa de R versión 4.4.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las muestras analizadas se identificó la presencia de *Fusarium* sp., *Alternaria* sp., *Penicillium* sp. y *Helminthosporium* sp. (Figura 1). Estos hongos en su mayoría han sido asociados a la producción de micotoxinas en granos (Patiño-Moscoso *et al.*, 2023)

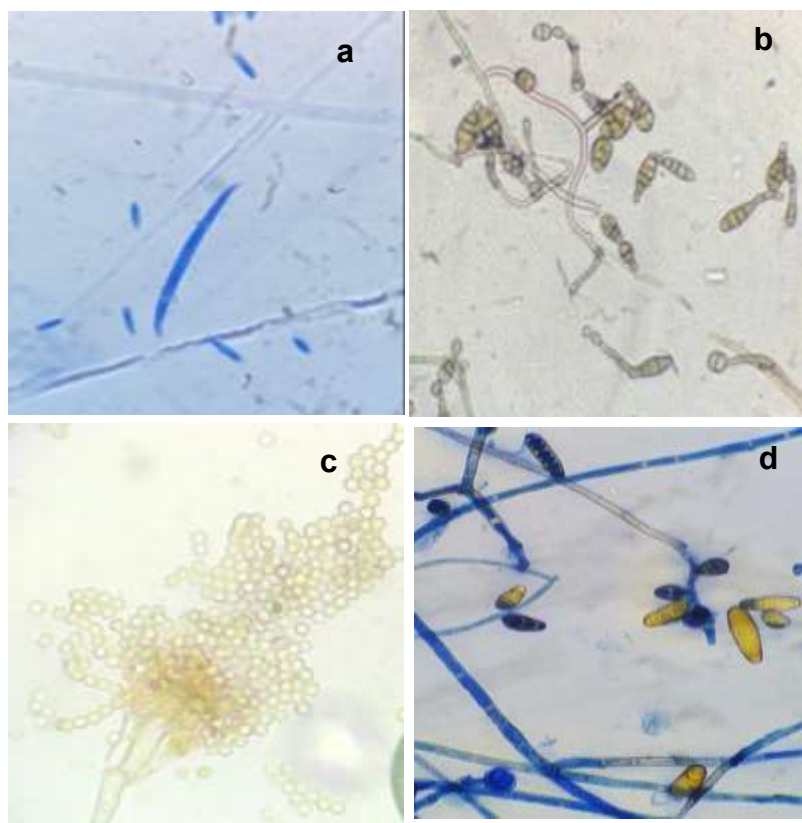


Figura 1. Hongos asociados a grano de sorgo germinado para la elaboración de malta. a) *Fusarium* sp., b) *Alternaria* sp., c) *Penicillium* sp., d) *Helminthosporium* sp.

Los resultados de la incidencia de hongos mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre variedades. La comparación de medias indicó que la variedad Gaviota fue la de mayor incidencia de hongos y la menor la variedad Fortuna, ambos sorgos de testa blanca. En el caso de Gavatero, sorgo de testa oscura se observó 10 % de incidencia (Figura 2).

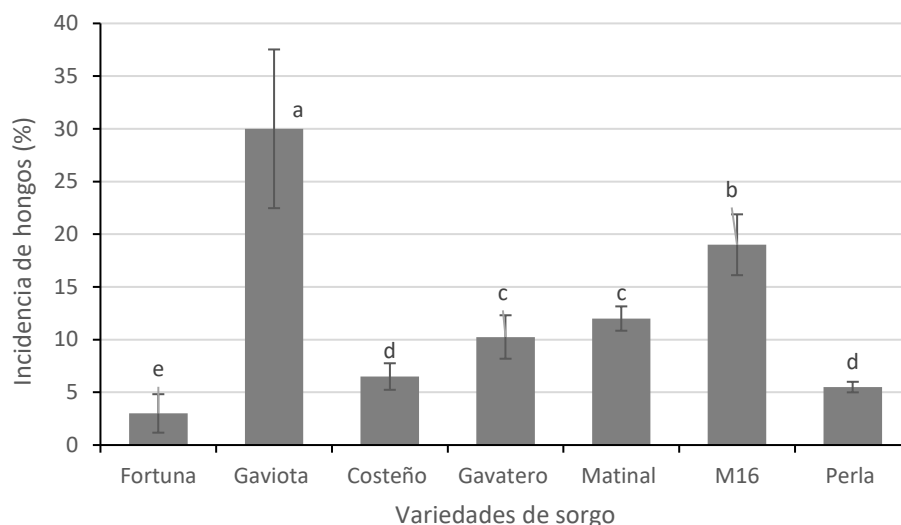


Figura 2. Incidencia de hongos en granos de sorgo germinados destinados a la elaboración de malta

En cuanto a la germinación se observó que entre las siete variedades estudiadas existieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$). Aunque la variedad Fortuna presentó mayor incidencia de hongos, se obtuvo uno de los mayores porcentajes de germinación con un 79.5 %, seguido de la variedad Gavatero (Figura 3). Las variedades M-16 y Gaviota presentaron porcentajes de germinación de 53.5 %. En el caso del malteado, la germinación es un aspecto de calidad que se requiere en las maltas para la elaboración de cerveza, de acuerdo con la NMX-043-SCF-2003 la cebada debe tener una germinación mínima de 85 %. Esta condición se logra cuidando aspectos de producción y almacenamiento, especialmente influenciados por los factores humedad, temperatura y periodo de almacenamiento (Nytha *et al.*, 2011).

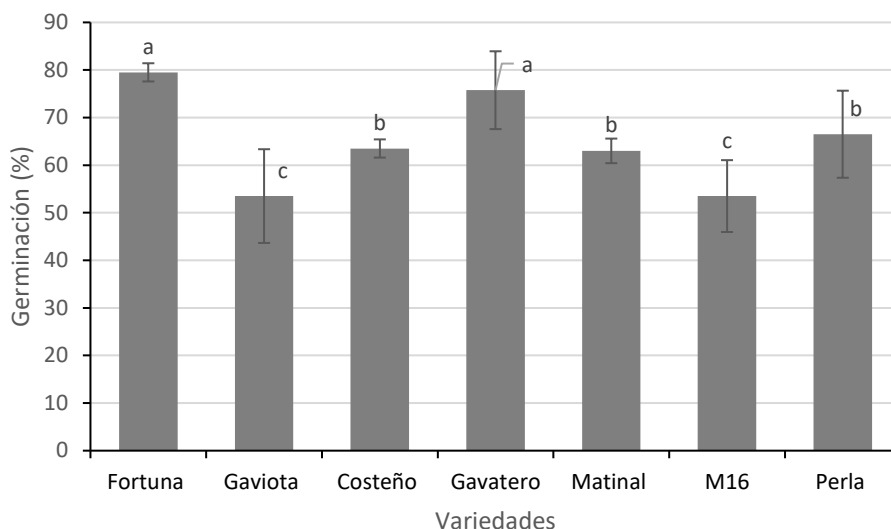


Figura 3. Porcentaje de germinación de granos de sorgo empleados para la elaboración de malta.

CONCLUSIONES

Se identificó la presencia en grano germinado de *Fusarium* sp., *Alternaria* sp., *Penicillium* y *Helminthosporium* sp.

El porcentaje de germinación en los materiales fue de 48 al 53 %, mientras que la incidencia fue de 3 al 30 %.

La presencia de hongos en el malteado de sorgo implica el riesgo de baja germinación y la producción de micotoxinas.

LITERATURA CITADA

- Astoreca, A.L, Emateguy, L.G. and Alconada. T.M. (2019). Fungal contamination and mycotoxins associated with sorghum crop: its relevance today. *European Journal of Plant Pathology*.doi:10.1007/s10658-019-01797-w.
- Huerta-Treviño, A., Dávila-Aaviña, J.E., Sánchez, E., Heredia, N y García, S. 2016. Occurrence of Mycotoxins in Alfalfa (*Medicago sativa* L.), Sorghum [*Sorghum*

- Bicolor* (L.) Moench], and Grass (*Cenchrus ciliaris* L.) Retailed in the State of Nuevo León, México. *Agrociencia*. 50: 825-836. 2016.
- Montes García, N., García Gracia, M.A., Castillo-Tovar, H., Pecina-Quintero, V., y Anaya-López, J.L. (2010). Sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] blanco: alternativa para la alimentación humana. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico Núm. 45.
- Nithya, A., Chelladurai, V., Jayas, D.S. and White, N.D.G. (2011). Safe storage guidelines for durum wheat. *Journal of Stored Products Research*. 47(4): 328-333.
- Onyango, C. A, Ochanda, S. O., Mwasaru, M. A., Ochieng, J. K., Mathooko, F. M. and Kinyuru, J. N. (2013). Effects of Malting and Fermentation on Anti-Nutrient Reduction and Protein Digestibility of Red Sorghum, White Sorghum and Pearl Millet *Journal of Food Research* 2(1): 41-49. doi:10.5539/jfr.v2n1p41.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1995). El sorgo y el mijo: en la nutrición humana. Colección FAO: Alimentación y nutrición No. 27. Obtenido de <https://www.fao.org/3/t0818s/T0818S01.htm#Sorgo>
- Patiño-Moscoso, M. A., Osorio-Guerrero, K. V., Flórez-Gómez, D. L., Sarmiento-Moreno, L. F. and Vargas-Ramírez, D. N. (2023). Identificación molecular y prevalencia de contaminantes fúngicos en semillas de cultivos semestrales. *Scientia Agropecuaria*, 14(3), 347-358.
- Ssepuuya, G., Van Poucke, C., Ediage, N., Mulholland C., Tritscher, A., Verger, P., Kenny, M., Bessy C., De Saeger, S. (2018): Mycotoxin contamination of sorghum and its contribution to human dietary exposure in four sub-Saharan countries, *Food Additives & Contaminants: Part A*, DOI: 10.1080/19440049.2018.1461253.

IDENTIFICACION DE RAZAS DE *Colletotrichum lindemuthianum* EN EL ESTADO DE GUANAJUATO

Alberto Herrera Herrera^{1*}; Juan C. Raya Pérez¹; Cesar L. Aguirre Mancilla¹; Juan G. Ramírez Pimentel¹; Jorge Covarrubias Prieto¹; Ignacio Islas Flores²

¹Tecnológico Nacional de México-Roque km 8 carretera Celaya-Juventino Rosas, Gto., México.

²Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. Col. Chuburná de Hidalgo, C. P. 97200, Mérida, Yuc., México. Correo de correspondencia*: d21980063@roque.tecnm.mx

RESUMEN

La antracnosis del frijol, causada por el fitopatógeno *Colletotrichum lindemuthianum*, es una limitante en la producción, causando pérdidas de rendimiento de un 20 a un 100%, además de afectar la calidad de grano de las variedades que logran el llenado de vainas. El método de control más efectivo contra la antracnosis del frijol es el uso de variedades resistentes. El desarrollo de nuevas variedades resistentes implica conocer la variabilidad patogénica en la región. El objetivo del trabajo fue determinar la variabilidad de *C. lindemuthianum* en el estado de Guanajuato. Se utilizó el conjunto de 12 cultivares diferenciales y el sistema de nomenclatura binario, empleado internacionalmente para identificar las razas de este fitopatógeno. Se identificaron 7 razas de *C. lindemuthianum* en el estado de Guanajuato, de las cuales, las razas 128 y 256 fueron reportadas anteriormente por diversos autores, mientras que las razas 130, 258, 768, 771 y 776, se identificaron por primera vez en México. Es necesario tener conocimiento sobre los razas presentes en el estado de Guanajuato, lo que permitirá que los mejoradores tengan la información necesaria para incorporar las fuentes de resistencia a las nuevas variedades de frijol, brindando la capacidad para resistir la infección del patógena causante de la antracnosis.

Palabras clave: Antracnosis, raza, *Colletotrichum lindemuthianum*, variedad diferencial, frijol común.

ABSTRACT

Bean anthracnose, caused by the phytopathogen *Colletotrichum lindemuthianum*, is a limiting factor in production, causing yield losses of 20 to 100%, besides affecting the bean quality of the varieties that achieve pod filling. The most effective control method against bean anthracnose is the use of resistant varieties. The development of new resistant varieties implies knowing the pathogenic variability in the region. The objective of this work was to determine the variability of *C. lindemuthianum* in the state of Guanajuato. The set of 12 differential cultivars and the binary nomenclature system used internationally to identify the races of this phytopathogen were used. Seven races of *C. lindemuthianum* were identified in the state of Guanajuato, of which races 128 and 256 were previously reported by several authors, while races 130, 258, 768, 771 and 776 were identified for the first time in Mexico. It is necessary to have knowledge about the races present in the state of Guanajuato, which will allow breeders to have the necessary information to incorporate the sources of resistance to new bean varieties, providing the ability to resist infection of the pathogen that causes anthracnose.

Key words: Anthracnose, race, *Colletotrichum lindemuthianum*, variety differential, common bean.

INTRODUCCIÓN

La producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) alrededor del mundo se ve limitada por diversos factores, destacando el papel de las enfermedades causadas por hongos fitopatógenos, como es el caso de la antracnosis del frijol, considerada como una de las enfermedades de mayor importancia que afecta a esta leguminosa. El hongo causante de la antracnosis del frijol es el ascomiceto *Colletotrichum lindemuthianum*, ampliamente distribuido alrededor del mundo y altamente destructivo cuando cuenta con condiciones climáticas favorables (temperaturas entre 13 y 26 °C y humedad relativa mayor a 92%) para su desarrollo (Sánchez-García *et al.*, 2009; Rodríguez-Ortega *et al.*, 2018). En cultivares susceptibles, ocasiona grandes pérdidas de rendimiento de grano y vainas frescas, que pueden llegar hasta un 100% (Pastor-Corrales *et al.*, 1994), además, de la disminución en la calidad de grano en aquellos cultivares que logran el llenado de vainas. Permitiendo de esta manera la diseminación del patógeno mediante el empleo de

semillas provenientes de plantas infectadas. Actualmente, se considera que la medida de control más eficiente contra esta enfermedad es la generación y uso de variedades resistentes a *C. lindemuthianum*, sin embargo, para el desarrollo de cultivares resistentes es necesario tener conocimiento de la variabilidad genética de *C. lindemuthianum* en las zonas de producción. La caracterización de la variabilidad patogénica de *C. lindemuthianum* se clasifica mediante el uso de 12 cultivares diferenciales y el uso del sistema de nomenclatura binaria (Pastor-Corrales, 1991), propuestos por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Este conjunto de cultivares diferenciales está conformado por tres variedades de origen andino y nueve de origen mesoamericano. Mediante el uso de este sistema de caracterización del patógeno, se han identificado alrededor de 180 razas de *C. lindemuthianum* alrededor del mundo (Padder *et al.*, 2017; Sánchez-García *et al.*, 2009). Mientras que en México se han reportado alrededor de 57 razas, aisladas de los estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Hidalgo, Morelos, México, Tlaxcala, Puebla, Veracruz, Chiapas (Rodríguez-Guerra *et al.*, 2006) Oaxaca y San Luis Potosí (Sánchez-García *et al.*, 2009). Sin embargo, hay estados productores de frijol que aún no han sido estudiados. Con la finalidad de tener un panorama acerca de la variabilidad del patógeno *C. lindemuthianum* en el estado de Guanajuato, se definió como objetivo de esta investigación, determinar la variabilidad de *C. lindemuthianum* a partir de cepas provenientes de áreas productoras de frijol del estado de Guanajuato.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo y aislamiento del patógeno

Durante el ciclo agrícola primavera-verano de 2021 y 2022, se realizó una serie de colectas de material vegetal de frijol común con síntomas típicos de antracnosis de acuerdo a lo establecido por la DGSV-CNRF (2020) y SENASICA (2018), en hojas, tallos o vainas de parcelas agrícolas pertenecientes a los municipios de Celaya, Tarimoro, Cortázar, Salvatierra, Comonfort, Jaral del Progreso, Valle de Santiago, Apaseo el Alto, San Felipe, Santa Cruz de Juventino Rosas y Ocampo. Las muestras obtenidas fueron procesadas en el área de Biotecnología del Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP) campo

experimental Bajío. De cada una de las muestras de tejido con presencia de daño por antracnosis se cortó un fragmento aproximado de 0.5 x 0.3 cm, comprendiendo tejido sano y enfermo, posteriormente fueron desinfestadas con una solución de NaOCl al 5% durante 1 minuto, dando doble lavado con agua destilada. Los fragmentos fueron secados en toallas de papel y sembradas en placas Petri con medio PDA acidificado con ácido láctico ($250 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ de medio de cultivo). Las placas Petri fueron selladas e incubadas a temperatura ambiente hasta obtener el crecimiento de los patógenos presentes. Se realizaron siembras subsecuentes de aquellos aislamientos con características de *C. lindemuthianum* hasta obtener cultivos puros. Posteriormente, se obtuvieron cultivos monospóricos de cada aislamiento a partir de una espora germinada entre las 24 y 48 horas posteriores a su siembra, con la finalidad de asegurar la pureza de los aislamientos.

Identificación morfológica.

Los aislamientos fueron caracterizados morfológicamente haciendo descripción macro y microscópica del patógeno, incluyéndose color, forma de la colonia, aspecto y color del micelio (Sutton, 1992; Bertrán, 2000).

Incremento del inoculo y preparación de solución de esporas.

Para el incremento del inoculo, cada uno de los aislamientos monoconidiales se sembraron en placas Petri con medio de Agar Harina de Maíz, el cual induce abundante esporulación, reduciendo la producción de micelio aéreo. Se incubaron por 14 días bajo las mismas condiciones de aislamiento. La solución de esporas se obtuvo añadiendo 5 mL de agua destilada estéril a cada placa Petri con el aislamiento monoconidial esporulado y raspando la superficie del medio con una varilla de metal. La concentración conidial se ajustó a 1.2×10^6 conidios·mL⁻¹, empleando una cámara de Neubauer (Shams *et al.*, 2020).

Determinación de la variabilidad patogénica de *C. lindemuthianum*.

La identificación de las razas de antracnosis se realizó mediante el sistema de nomenclatura binaria descrito por Pastor-Corrales en 1991, haciendo uso de 12

variedades diferenciales de frijol común (Michelite, Michigan Dark Red Kidney, Perry Marrow, Cornell 49242, Widusa, Kaboon, México 222, PI 207262, TO, TU, AB136 y G2333), siendo nueve de origen mesoamericano y tres de origen andino, conforme se describen en el Cuadro 1. Para el uso del sistema de nomenclatura de razas de *C. lindemuthianum*, cada variedad diferencial tiene asignado un valor binario y el número de la raza del aislamiento corresponde a la sumatoria de los valores de cada una de las variedades con reacción susceptible. En caso de que el aislamiento no produzca reacción susceptible a ninguna de las variedades diferenciales, esta se designara como raza cero.

Cuadro 1. Variedades de frijol utilizadas como cultivares diferenciales para la identificación de razas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Pastor-Corrales, 1991).

Núm.	Cultivar diferencial	Valor binario asignado	Acervo genético	Gen de resistencia conocido
1	Michelite	(2 ⁰)= 1	Mesoamericano	Co-11
2	Michigan Dark Red Kidney (MDRK)	(2 ¹)= 2	Andino	Co-1
3		(2 ²)= 4	Andino	Co-1 ³
4		(2 ³)= 8	Mesoamericano	Co-2
5	Widusa	(2 ⁴)= 16	Mesoamericano	Co-1 ⁵ , Co-9 ³
6	Kaboon	(2 ⁵)= 32	Andino	Co-1 ²
7	Mexico 222	(2 ⁶)= 64	Mesoamericano	Co-3
8	PI 207262	(2 ⁷)= 128	Mesoamericano	Co-4 ³ , Co-9
9	To	(2 ⁸)= 256	Mesoamericano	Co-4
10	Tu	(2 ⁹)= 512	Mesoamericano	Co-5
11	AB136	(2 ¹⁰)= 1024	Mesoamericano	Co-6, Co-8
12	G2333	(2 ¹¹)= 2048	Mesoamericano	Co-4 ² , Co-5, Co-7

Un conjunto de las doce variedades diferenciales fue sembrado en charolas plásticas por triplicado. Previamente, las semillas fueron desinfestadas con una solución de NaOCl al 5% durante 1 minuto, enjuagando con agua destilada por duplicado. Diez días después de la emergencia, las plántulas fueron inoculadas por aspersión con la solución de esporas a una concentración de 1.2×10^6 conidios·mL⁻¹, elaborada como se describió anteriormente. Se tuvo el cuidado de asperjar totalmente la planta, cubriendo el haz y el envés de las hojas. Las plántulas permanecieron en una cámara húmeda con humedad relativa superior al 95% durante 72 horas, la temperatura se mantuvo a 20 ± 2 °C hasta la evaluación. La

reacción de las variedades diferenciales a la inoculación con cepas de *C. lindemuthianum* fue registrada a los 12 días después de la inoculación de acuerdo con la ausencia (reacción incompatible) o presencia (reacción compatible) de síntomas de antracnosis del frijol común (Balardin *et al.*, 1997; Del Río *et al.*, 2003). Empleando una escala descriptiva de severidad de cinco valores (Garrido-Ramírez & Romero-Cova, 1989). La reacción de las plantas fue clasificada como: 0= síntomas no visibles, 1= pequeñas lesiones en las nervaduras principales visibles sólo en el envés de las hojas, 2= lesiones en haz y envés de las hojas, 3= defoliación de la planta y esporulación del hongo, 4= planta muerta. Las plantas con clasificación de reacción de 0 a 2 se consideraron como resistentes, representadas con la letra R y las plantas con clasificación de reacción de 3 y 4 se consideraron susceptibles, representada con la letra S, como se observa en el Cuadro 2 (Rodríguez-Ortega *et al.*, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación morfológica de *C. lindemuthianum*.

Se identificaron morfológicamente 14 cepas aisladas de muestras obtenidas de zonas productoras de frijol con síntomas de antracnosis en el estado de Guanajuato. Se confirmó la identidad de las cepas, coincidiendo con las características morfométricas de *C. lindemuthianum*, observando la formación de acervulos redondeados, con desarrollo de setas marrones, septadas, más anchas en la base y ligeramente ahusadas hacia el ápice. Conidios hialinos, cilíndricos, con ambos extremos obtusos o con base estrecha y truncada, no septados, uninucleados, de 11 a 20 μm x 2.5 a 5.5 μm . La coloración de la cepa es de color claro al inicio de su desarrollo, posteriormente adquirió una tonalidad oscura en los micelios de mayor edad. Se observó la formación de círculos concéntricos conforme aumentaba la edad de la cepa, además de la acumulación de masas de esporas de coloración rosada.

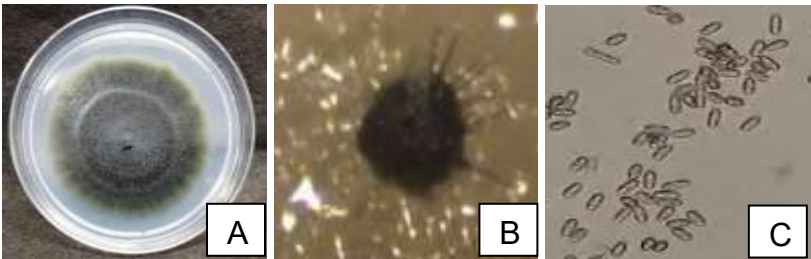


Figura 1. Características morfológicas del género *Colletotrichum*. A. crecimiento micelial en PDA; B. Acervulo; C. conidio.

De acuerdo con Balardin *et al.*, 1997 y Del-Río *et al.*, 2003, la ausencia o poca prevalencia de síntomas de la enfermedad se observa en plantas resistentes (reacción incompatible, representada por la letra R), fueron aquellas plantas en las que posteriormente no se desarrolló la enfermedad; alta incidencia de síntomas severos indica una variedad susceptible (reacción compatible, representada con la letra S) fueron aquellas plantas en las que fue evidente la presencia y avance de los síntomas conduciendo a la defoliación o muerte de la planta (Melotto & Kelly, 2000; Borges *et al.*, 2012; Shams *et al.*, 2020). La identificación de las razas de *C. lindemuthianum* de 14 aislamientos monoconidiales con el sistema de nomenclatura binario, permitió determinar las razas presentes en las zonas productoras de frijol en Guanajuato. Teniendo en cuenta que en el estado de Guanajuato no se tiene registro de identificación de razas de *C. lindemuthianum*, este es el primer reporte de las razas encontradas en este estado. Se identifico 1 aislamiento como la raza 128; 1 aislamientos como la raza 130; 5 aislamientos como la raza 256; 4 aislamientos corresponden a la raza 258; 1 aislamiento como la raza 768; 1 aislamiento como la raza 771; y 1 aislamiento como la raza 776, como se puede observar en el Cuadro 2. Las razas 128 y 256 se han reportado anteriormente como parte de las razas localizadas en zonas productoras de frijol en diferentes estados, según lo informado por González-Chavira en 2003 y Sánchez-García en 2009. En cuanto a las razas 130, 258, 768, 771 y 776 es el primer informe sobre la presencia de estas cepas en zonas de producción de frijol en México.

Cuadro 2. Razas de *Colletotrichum lindemuthianum* identificados en Guanajuato

Variedad diferencial	Raza

Código de aislamiento	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
GSFF	R	S	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	258
GTPJ	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	256
GSR	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	256
GCeINIFAP	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	128
GVSCC	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	256
GAASB	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	256
GAAL	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	256
GJRJ	R	S	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	258
GCeC	R	S	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	130
GSFE	S	S	R	R	R	R	R	R	S	S	R	R	771
GSFTN	R	S	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	258
GSFArc	R	R	R	R	R	R	R	R	S	S	R	R	768
GSFSA	R	R	R	S	R	R	R	R	S	S	R	R	776
GSFA	R	S	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	258

Michelite; B. Michigan Dark Red Kidney (MDRK); C. Perry Marrow; D. Cornell 49242; E. Widusa; F. Kaboon; G. México 222; H. PI 207262; I. TO; J. TU; K. AB 136; L. G2333. Reacción susceptible (S) y resistente (R) a la inoculación con los aislamientos de *C. lindemuthianum*.

CONCLUSIONES

Identificar la virulencia de las diferentes razas del patógeno *C. lindemuthianum* en la zona de producción permite determinar la combinación óptima de genes de resistencia contra las razas presentes, con el objetivo de aumentar la durabilidad y eficacia de la resistencia a la antracnosis.

Se identificaron 7 razas distintas en las zonas productoras de frijol en el estado de Guanajuato, lo que permite generar información de suma importancia para que los mejoradores integren genes de resistencia contra estas razas aumentando la capacidad de manejo de los agricultores.

Esta investigación generó el primer reporte de las razas de *C. lindemuthianum* presentes en el estado de Guanajuato.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por la beca otorgada con clave 2021-000001-01NACF-03028.

A la M.C. Brenda Z. Guerrero Aguilar y al Dr. Jorge A. Acosta Gallegos por su valiosa contribución y orientación durante la investigación.

LITERATURA CITADA

- Balardin, R. S., Kelly, J. D., & Jarosz, A. M. (1997). Virulence and molecular diversity in *Colletotrichum lindemuthianum* from South, Central, and North America. *Phytopathology*, 87(12), 1184-1191.
- Bertrán Herrera, J. D. (2000). Caracterización morfológica y patogénica de *Colletotrichum* sp. como agente causal de la antracnosis en ñame *Dioscorea* sp. . *Revista Colombiana de Biotecnología*, 5(1), 24-35.
- Borges, A., Melotto, M., Tsai, S. M., & Caldas, D. G. (2012). (2012). Changes in spatial and temporal gene expression during incompatible interaction between common bean and anthracnose pathogen. . *Journal of plant physiology*, , 169(12), 1216-1220.
- Del Río, L. E. (2003). Identification of anthracnose resistance genes in common bean (*Phaseolus vulgaris*) using molecular markers. . *Crop Science*, 43(4), 1023-1031.
- Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) & Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria (CNRF). (2020). Antracnosis del frijol. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. . Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/600963/Antracnosis_del_frijol.pdf
- Garrido-Ramírez, E. R., & Romero-Cova, S. (1989). Escala descriptiva de severidad en enfermedades de plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 7(2), 123-129.
- Melotto, M., & Kelly, J. D. (2000). An allelic series at the Co1 locus conditioning resistance to anthracnose in common bean of Andean origin. *Euphytica*, 143–149.
- Padder, B., Sharma, P., Awale, H., & Kelly, J. (2017). *Colletotrichum lindemuthianum*, the causal agent of bean anthracnose. *Journal of Plant Pathology*, 317-330.

- Pastor-Corrales, M. A. (1991). *Phytopathology*, 81(6), 694-697.
- Pastor-Corrales, M. O. (1994). Inheritance of anthracnose resistance in common bean accession G 2333. *Plant Dis.*, 78:959-962. doi:10.1094/PD-78-0959),
- Rodríguez-Guerra, R., Acosta-Gallegos, J. A., González-Chavira, M. M., & Simpson, J. (2006). Patotipos de *Colletotrichum lindemuthianum* y su implicación en la generación de cultivares resistentes de frijol. *Agricultura técnica en México*, 101-114.
- Rodríguez-Ortega, D., Vega-Jiménez, L., Murillo-Ilbay, A., Peralta-Idrovo, E., & Rosas-Sotomayor, J. (2018). Pathogenic variability of *Colletotrichum lindemuthianum* and Ecuadorian *Phaseolus vulgaris* L. germplasm resistance. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1):19-28.
- Sánchez-García, B., Flores-Olivas, A., Sánchez-Arizpe, A., Pineda-Rodríguez, S., López-Jiménez, G., Fraire-Velásquez, S., . . . & Rodríguez-Guerra, R. (2009). Patotipos de *Colletotrichum lindemuthianum* en Oaxaca y San Luis Potosí, México, y resistencia en genotipos de frijol. *Agricultura técnica en México*, 35(1), 49-60.
- SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2018). Protocolo de diagnostico: Deteccion e identificacion de hongos fitopatogenos a partir de semillas. Tecamac, Mexico.
- Shams, E., Javan-Nikkhah, M., & Mirzadi Gohari, A. (2020). Dissecting molecular events and gene expression signatures involved in *Colletotrichum lindemuthianum*-*Phaseolus vulgaris* pathosystem in compatible and incompatible interactions. *European Journal of Plant Pathology* , 156, 925–937.
- Sutton, B. (1992). The genus *Glomerella* and pathogenic variation among *Colletotrichum* species isolated from strawberry. *Plant disease*, 74: 69-76.

IDENTIFICACIÓN DE TRANSCRITOS TIPO PRR INDUCIDOS POR *Streptomyces* spp. ASOCIADOS A LA DETECCIÓN DE PATÓGENOS EN *Allium sativum* L.

¹Granados Flores T; ²Mora-Avilés MA; ²Sánchez García BM; ²Heredia-García E.y ²Villordo Pineda EV.

¹Universidad Politécnica de Guanajuato. Avenida Universidad Sur 1001, C.P. 38496. Cortazar, Guanajuato, México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Bajío. Carretera Celaya-San Miguel de Allende km 6.5. Celaya, Guanajuato, México. C. P. 38110. *Autor de correspondencia: mora.alejandra@inifap.gob.mx

RESUMEN

Este estudio analiza cómo el ajo (*Allium sativum* L.) responde a la presencia de *Streptomyces* spp., que actúa como inductor del sistema de defensa mediante la activación de receptores PRR. Esta interacción desencadena rutas de señalización que inducen la expresión de genes defensivos. En muestras expuestas a *Streptomyces* spp., se identificaron más de 20,000 transcritos con variaciones en su expresión, destacando 58 genes relacionados con PRR. La inoculación con el consorcio de *Streptomyces lasiocapitis*, *S. neyagawaensis* y *S. olivochromogenes* mostró efectividad en prevenir enfermedades radicales y activar genes clave en la defensa, como BAM, BAK, y LRR. Estos resultados brindan una base para futuras investigaciones en mejora genética y biotecnología vegetal, además de identificar secuencias útiles para programas de mejoramiento del ajo.

Palabras clave: *Allium sativum*, *Streptomyces* spp., secuenciación de ARN (ARN-Seq), transcritos, mecanismos de resistencia, análisis bioinformáticos.

ABSTRACT

This study analyzes how garlic (*Allium sativum* L.) responds to the presence of *Streptomyces* spp. which acts as an inducer of the defense system through the activation of PRR receptors. This interaction triggers signaling pathways that induce the expression of defensive genes. In samples exposed to *Streptomyces* spp. more than 20,000 transcripts with variations in their expression were identified, highlighting 58 genes related to PRR. Inoculation with the consortium of *Streptomyces lasiocapitis*, *S. neyagawaensis* and *S. olivochromogenes* showed effectiveness in preventing root diseases and activating key defense genes, such as BAM, BAK, and LRR. These results provide a basis for future research in plant breeding and biotechnology, as well as identifying useful sequences for garlic breeding programs.

Keywords: *Allium sativum*, *Streptomyces* spp., ARN sequencing (ARN-seq), transcripts, resistance mechanisms.

INTRODUCCIÓN

El ajo (*A. sativum* L.), es ampliamente cultivado y demandado en todo el mundo debido a sus múltiples usos, fácil adaptación y características agronómicas, lo que ha facilitado su expansión (Velarde-Mendivil *et al.*, 2021). En México, es una hortaliza rentable, producida en 21 estados, con un consumo estimado de 500 g per cápita anual, de los cuales el 82 % corresponde a ajo fresco y el 18 % a productos procesados (Prochile, 2019; Velarde-Mendivil *et al.*, 2021). En México, el ajo es una de las hortalizas más rentables y se cultiva en 21 entidades del país, no obstante, su producción enfrenta desafíos por enfermedades de patógenos que afectan tanto el rendimiento como la calidad (SIAP, 2023).

Las plantas han desarrollado sistemas de defensa que, al detectar patógenos que superan sus barreras mecánicas, activan receptores de reconocimiento de patrones (PRR, por sus siglas en inglés) para iniciar vías de señalización que inducen la expresión de genes defensivos (Andersen *et al.*, 2018). Además, se activan proteínas quinasas (MAPK, por sus siglas en inglés) y se producen hormonas que regulan la respuesta de defensa. Esta habilidad de los PRR para reconocer diversos

patógenos permite a las plantas desarrollar una "memoria inmunológica," aumentando su resistencia ante futuros ataques (Andersen *et al.*, 2018).

Los compuestos agroquímicos pueden ser sustituidos por microorganismos beneficiosos, como las actinobacterias del género *Streptomyces*, que son prometedores agentes de biocontrol (González-García, 2019). La interacción entre *Streptomyces* spp. y la planta de ajo puede activar mecanismos de defensa y mejorar la salud del cultivo. Esta investigación se enfoca en identificar genes relacionados con la detección de patógenos en ajo, inducidos por *Streptomyces* spp., mediante secuenciación de ARN, con el objetivo de profundizar en los mecanismos de defensa del ajo y desarrollar estrategias de manejo y mejoramiento genético para promover una resistencia eficiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico

El material vegetal consistió de los genotipos Pebeco y Texcoco, los cuales fueron desarrollados por el ingeniero Adalberto Heredia Zepeda, y fueron proporcionados por el programa de mejoramiento genético de ajo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). El consorcio de *Streptomyces* como control biológico lo integran: *S. lasiicapitis*, *S. olivochromogenes* y *S. neyagawaensis*, proporcionadas por el banco de cepas del laboratorio de cultivo de tejidos-fitosanidad de INIFAP, Campo Experimental Bajío.

Tratamientos experimentales

Parcelas de ajo de los genotipos Texcoco y Pebeco fueron inoculadas vía drench o aspersión con el consorcio de *Streptomyces* spp. cada tres semanas en todo el ciclo del cultivo, resultando en menor incidencia de enfermedades de raíz y bulbo. Derivado de que no se encontró diferencia en la incidencia de enfermedades de raíz, se colectaron pseudotallos de plantas de ajo de ambos genotipos y tipo de aplicación, en tres repeticiones, resultando en el muestreo de 12 parcelas para la extracción de ARN total. La colecta de tejido se realizó a los 4, 7 y 14 días posterior a la inoculación (identificados como t4, t7 y t14 respectivamente), al comienzo de latencia donde el bulbo ha alcanzado su tamaño final de maduración.

Extracción de ARN

La extracción del ARN total de los pseudotallos de ajo fue a través del método Trizol (TRI Reagent), a partir de 50 mg de tejido vegetal (Rio *et al.*, 2010; López, 2014). Las muestras se resguardaron en un ultra congelador a -80 °C para preservar su integridad. El análisis de integridad del ARN se realizó por el método RIN (*ARN integrity number*, por sus siglas en inglés) (Schroeder *et al.*, 2006).

Secuenciación y Construcción de Bibliotecas

La secuenciación de ARN total de las muestras t4, t7, t 14 y el control, se realizó en la Unidad de Secuenciación Genómica y Bioinformática de la UNAM, utilizando los protocolos TruSeq Stranded ARN dirigidos y el sistema de secuenciación Illumina NextSeq 500. Las bibliotecas de cDNA se secuenciaron por pares con diez millones de lecturas por muestra. Las lecturas se ensamblaron en *contigs* mediante la plataforma Trinity, dando como resultado unigenes con secuencias depuradas.

Análisis de Transcritos

Una vez que se evaluó la información bioinformática de los transcritos, se eliminaron aquellos sin anotación funcional. Los *contigs* de ajo ensamblados, se utilizaron con el algoritmo BLASTX (Basic Local Alignment Search Tool, por sus siglas en inglés) contra las bases de datos no redundantes (Nr) en NCBI. Para la caracterización funcional de los transcritos se utilizó *Gene Ontology* (GO) y *Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes* (KEGG). Los transcritos fueron analizados con las bases de datos UniProt y SwissProt. Posteriormente se realizó una búsqueda y selección de secuencias identificadas como receptores LRR (*leucine-rich repeats*).

Análisis de Expresión Diferencial de Genes

Se identificaron secuencias de diversos receptores involucrados en la identificación de patógenos. Se utilizó RSEM (*RNA-Seq by Expectation Maximization*), para cuantificar las abundancias de genes e isoformas a partir de datos de RNA-seq de extremos emparejados. Los resultados se visualizaron mediante un mapa de calor, que permite comparar los perfiles de expresión génica entre el grupo control y el tratado con el consorcio de *Streptomyces*. Se normalizaron los valores de expresión

génica en las muestras t4, t7 y t14, con respecto al control (C), facilitando la identificación de patrones de regulación significativos asociados al tratamiento. Las diferencias significativas en la expresión genética se evaluaron utilizando valores de $FDR \leq 0.01$ y una relación $\log_2 \geq 2$. Este enfoque garantiza que la secuenciación y reconstrucción sean precisas, y que el análisis diferencial de expresión sea exhaustivo para identificar patrones relevantes en los datos de secuenciación de ARN (Li and Dewey, 2011; Yang *et al.*, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de Transcritos

Se obtuvieron 166 584 transcritos después de la depuración de transcritos que no mostraron ningún impacto significativo contra Nr, es decir, no presentaron algún dato de identidad, similitud y/o coordenadas contra la base datos, así como *contigs* que solo mostraron datos de coordenadas, mas no de anotación biológica. El número de genes totales fue de 22 754.

Análisis de Expresión Diferencial de Genes

Se identificaron 58 unigenes implicados como receptores LRR (*leucine-rich repeats*) en ajo en presencia del consorcio de *Streptomyces*. De los 58 genes, se observaron distintos comportamientos en su expresión diferencial, 18 % con sobre expresión, 49 % con expresión variable, 26 % con sub expresión y 7 % de expresión constante.

Se reconocieron 6 familias de genes de receptores tipo LRR (BAM, BAK, F-box, RAS, SERK y LRR), las cuales muestran comportamientos principalmente de sobre expresión.

El gen *bam1*, con dos isoformas, es esencial en *Arabidopsis thaliana* y codifica una quinasa de tipo receptor clave para el desarrollo de meristemas y la respuesta a patógenos. Las plantas con sobreexpresión de *bam1* acumulan más ARN viral que las mutantes, desempeñando un papel crucial en la infección viral sistémica, especialmente en etapas tempranas de señalización ante patógenos (Tran and Citovsky, 2021; Trejo-Saavedra *et al.*, 2015). Las isoformas tienen patrones de

expresión distintos tras la inoculación de *Streptomyces* spp., lo que sugiere eficiencia en el gasto metabólico y evita redundancia en la expresión.

El gen *bak1*, perteneciente a la familia de quinasas de repetición rica en leucina (LRR-RK), actúa como co-receptor en complejos de señalización cruciales para la inmunidad y el desarrollo de las plantas. Su activación refuerza las defensas contra infecciones bacterianas, y su ausencia incrementa la susceptibilidad a estas infecciones, subrayando su rol esencial en la defensa vegetal (Gao *et al.*, 2018).

La expresión de genes que codifican proteínas F-box es fundamental en la defensa de las plantas, actuando como adaptadores en complejos ubiquitina-proteasoma para degradar inhibidores de la respuesta defensiva. En este estudio, se identificaron dos isoformas, *fb112* y *fb134*, con expresión en distintos momentos tras la inoculación con *Streptomyces* spp., clave en la regulación inmunitaria y respuesta al estrés.

Las proteínas con repeticiones LRR son esenciales para reconocer patógenos e iniciar cascadas de señalización defensiva (Schenk *et al.*, 2000). Los genes relacionados con proteínas LRR, como PF00560 y LRR1, mostraron sobreexpresión breve en distintas proporciones, y LRR1 cesó su expresión a los 7 y 14 días tras la inoculación (Cuadro 1).

El grupo Ras LRR incluye proteínas con dominios LRR que son esenciales para la señalización celular en la defensa de plantas, actuando en vías de respuesta a patógenos y factores ambientales (Forsthofel *et al.*, 2005). El gen *pir14*, con dos isoformas, es clave para detectar moléculas asociadas a patógenos e influir en la expresión de otros genes de defensa, integrando redes de señalización en respuesta a patógenos (Schenk *et al.*, 2000). Ambas isoformas mostraron diferenciales de expresión superiores al control en diferentes tiempos posteriores a la inoculación con *Streptomyces* spp.

Los genes *serk*, como *serk3/bak1*, participan en la inmunidad innata y en el reconocimiento de patrones moleculares de patógenos, interactuando con receptores de PAMP como *fls2* (Molina *et al.*, 2007).

La expresión de genes LRR es crucial para la respuesta inmune de las plantas ante patógenos, codificando proteínas en las vías de señalización que detectan y responden a amenazas bióticas. Estos genes participan en la inmunidad detonada por efectores (ETI), donde los genes R reconocen efectores específicos, generando una respuesta robusta que incluye la muerte celular programada para limitar la propagación del patógeno (Moncada *et al.*, 2022).

La expresión diferencial de isoformas tras la inoculación con *Streptomyces* muestra una regulación compleja en las respuestas de las plantas a estas bacterias benéficas. Estas isoformas, generadas por *splicing* alternativo y activación de genes, permiten a las plantas adaptarse a condiciones cambiantes. Los compuestos de *Streptomyces* inducen factores de transcripción que activan isoformas para defensa en etapas tempranas y otras para adaptación y crecimiento en etapas posteriores (De Paoli-Iseppi *et al.*, 2021; Huo *et al.*, 2017; Kotowska *et al.*, 2019).

Garzón Nivia (2017), Ge and Qi-Yun (2024) y Sánchez-García *et al.* (2022) han demostrado que la presencia de *Streptomyces* en cultivos induce una respuesta defensiva en las plantas, activando genes específicos de señalización y detección de patógenos. *Streptomyces* actúa como un antagonista, promoviendo la transcripción de genes relacionados con la defensa. En particular, su interacción con las raíces de ajo activa vías de señalización que regulan la expresión de genes para proteínas de respuesta a patógenos y compuestos antimicrobianos.

Pacios-Michelena *et al.* (2021) mostraron que *Streptomyces* no solo mejora la resistencia del ajo a enfermedades, sino que también induce un mecanismo de "memoria" en su sistema inmune, permitiendo una respuesta más rápida y efectiva ante futuros ataques de patógenos. Estos hallazgos destacan la importancia de *Streptomyces* como un agente que promueve la salud del suelo y activa el sistema de defensa del ajo, mejorando su capacidad para detectar y responder a amenazas biológicas.

Varias familias de receptores, como isoformas de BAK, F-box, Ras, SERK, brasinoesteroides y LRR, presentan subexpresión tras la inoculación. Esta subexpresión puede interpretarse como una estrategia de regulación negativa,

permitiendo a la planta ajustar su perfil de señalización y evitar respuestas excesivas o inapropiadas.

CONCLUSIONES

Este estudio demuestra que la interacción entre *Allium sativum* L. y *Streptomyces* spp. activa rutas de defensa, lo que resulta en cambios notables en la expresión génica. Los resultados sugieren que la inoculación con el consorcio de *Streptomyces*, no solo previene enfermedades radicales, sino que también induce la expresión de genes relevantes como BAM, BAK, F-box, Ras, SERK y LRR, implicados en la señalización celular y la respuesta a patógenos. Esta investigación amplía el entendimiento sobre los mecanismos de defensa en ajo, y también sienta las bases para futuros programas de mejoramiento genético, proporcionando secuencias candidatas que pueden ser utilizadas para aumentar la resistencia a enfermedades en cultivos de ajo. En conjunto, los hallazgos enfatizan la importancia de explorar las interacciones planta-microorganismo para hacer frente a los patógenos y consecuentemente aumentar la productividad de los cultivos.

LITERATURA CITADA

- Andersen, E. J., Ali, S., Byamukama, E., Yen, Y., and Nepal, M. P. (2018). Disease Resistance Mechanisms in Plants. *Genes* 9(7), 339. <https://doi.org/10.3390/GENES9070339>
- De Paoli-Iseppi, R., Gleeson, J., and Clark, M. B. (2021). Isoform Age - Splice Isoform Profiling Using Long-Read Technologies. *Frontiers in Molecular Biosciences*, 8, 711733. <https://doi.org/10.3389/FMOLB.2021.711733/BIBTEX>
- Forsthoefel, N. R., Cutler, K., Port, M. D., Yamamoto, T., and Vernon, D. M. (2005). PIRLs: A Novel Class of Plant Intracellular Leucine-rich Repeat Proteins. *Plant and Cell Physiology*, 46(6), 913–922. <https://doi.org/10.1093/PCP/PCI097>

- Gao, X., Ruan, X., Sun, Y., Wang, X., and Feng, B. (2018). BAKing up to Survive a Battle: Functional Dynamics of BAK1 in Plant Programmed Cell Death. *Frontiers in Plant Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2018.01913>
- Garzón Nivia, M. A. (2017). Evaluación de las cepas de *Streptomyces* sp. MCR33, MCR24 y T3A, sobre el crecimiento de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y su capacidad antagonista frente a *Fusarium oxysporum*. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/57927>
- Ge, A. H., Li, Q. Y., Liu, H. W., Zhang, Z. K., Lu, Y., Liang, Z. H., Singh, B. K., Han, L. L., Xiang, J. F., Xiao, J. L., Liu, S. Y., and Zhang, L. M. (2024). *Streptomyces*-triggered coordination between rhizosphere microbiomes and plant transcriptome enables watermelon *Fusarium* wilt resistance. *Microbial Biotechnology*, 17(3), 14435. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.14435>
- González-García, S. (2019). *Grapevine root-associated actinobacteria as novel biocontrol agents against fungi involved in trunk diseases* [Doctorado en Biología Molecular y Biotecnología, Universidad de León]. <https://doi.org/10.18002/10612/10990>
- Huo, N., Dong, L., Zhang, S., Wang, Y., Zhu, T., Mohr, T., Altenbach, S., Liu, Z., Dvorak, J., Anderson, O. D., Luo, M. C., Wang, D., and Gu, Y. Q. (2017). New insights into structural organization and gene duplication in a 1.75-Mb genomic region harboring the α -gliadin gene family in *Aegilops tauschii*, the source of wheat D genome. *The Plant Journal*, 92(4), 571–583. <https://doi.org/10.1111/TPJ.13675>
- Kotowska, M., Swiat, M., Zarba-Paslawska, J., Jaworski, P., and Pawlik, K. (2019). A GntR-like transcription factor HypR regulates expression of genes associated with l-hydroxyproline utilization in *Streptomyces coelicolor*A3(2). *Frontiers in Microbiology*, 10, 449938. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2019.01451/BIBTEX>
- Li, B., and Dewey, C. N. (2011). RSEM: Accurate transcript quantification from RNA-Seq data with or without a reference genome. *BMC Bioinformatics*, 12(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/1471-2105-12-323/TABLES/6>

- Molina, A., Sánchez Vallet, A., and Sánchez Rodríguez, C. (2007). Inmunidad innata en plantas y resistencia a patógenos: nuevos conceptos y potenciales aplicaciones en protección vegetal. *Phytoma España: La Revista Profesional de Sanidad Vegetal*, ISSN 1131-8988,192, 43–46. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2382212&info=resumen&idioma=SPA>
- Moncada, M. M., Elvir, M. A., Lopez, J. R., and Ortiz, A. S. (2022). Bioinformatic prediction of NBS-LRR proteins in the Coffea arabica genome. *Bionatura*, 7(3). <https://doi.org/10.21931/RB/2022.07.03.19>
- Pacios-Michelena, S., Aguilar González, C. N., Alvarez-Perez, O. B., Rodriguez-Herrera, R., Chávez-González, M., Arredondo Valdés, R., Ascacio Valdés, J. A., Govea Salas, M., and Ilyina, A. (2021). Application of Streptomyces Antimicrobial Compounds for the Control of Phytopathogens. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 696518. <https://doi.org/10.3389/FSUFS.2021.696518/BIBTEX>
- Prochile. (2019). *Estudio de mercado ajos en México*. Oficina Comercial de Prochile En Ciudad de México. <https://hortintl.cals.ncsu.edu/es/articles/estudio-de-mercado-ajos-enm-xico>
- Sánchez-García, B. M., Ramírez-Pimentel, J. G., Rodríguez-Guerra, R., Guevara-Acevedo, L. P., Raya-Pérez, J. C., Covarrubias-Prieto, J., and Mora-Avilés, M. A. (2022). Molecular identification and antagonistic potential of three strains of streptomyces against phytopathogenic fungi. *Agrociencia*, 56(5), 1018–1043. <https://doi.org/10.47163/AGROCIENCIA.V56I5.2793>
- Schenk, P. M., Kazan, K., Wilson, I., Anderson, J. P., Richmond, T., Somerville, S. C., and Manners, J. M. (2000). Coordinated plant defense responses in Arabidopsis revealed by microarray analysis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97(21), 11655. <https://doi.org/10.1073/PNAS.97.21.11655>
- Velarde-Mendívil, A. T., Camarena-Gómez, D. M., and Salgado-Beltrán, L. (2021). Preferencias hacia la marca y origen del ajo (*Allium sativum* L.). *Rev La. Fac.*

- Agron*, 38(3), 732–749.
[https://doi.org/https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v38.n3.15](https://doi.org/https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v38.n3.15)
- Yang, J., Chen, X., Zhu, C., Peng, X., He, X., Fu, J., Ouyang, L., Bian, J., Hu, L., Sun, X., Xu, J., and He, H. (2015). RNA-seq reveals differentially expressed genes of rice (*Oryza sativa*) spikelet in response to temperature interacting with nitrogen at meiosis stage. *BMC Genomics*, 16(1), 1–18.
<https://doi.org/10.1186/S12864-015-2141-9/FIGURES/7>

IDENTIFICACIÓN DEL PERIODO ÓPTIMO DE SIEMBRA PARA SORGO DE TEMPORAL EN EL NORTE DE TAMAULIPAS

Jorge Elizondo Barrón^{1§}; Ulises Aranda Lara¹; Héctor Williams Alanis²

¹INIFAP, Campo Experimental Río Bravo, carretera Matamoros-Reynosa, km 61, CP. 88900, Río Bravo, Tamaulipas. ²Ex INIFAP, Campo Experimental Río Bravo.

§ Autor de correspondencia: elizondo.jorge@inifap.gob.mx

RESUMEN

Para identificar la mejor época de siembra de sorgo que permita la obtención de altos rendimientos de grano, en condiciones de temporal; se evaluó en el INIFAP-Campo Experimental Río Bravo, municipio de Río Bravo, Tamaulipas, durante los ciclos agrícolas otoño-invierno (O-I) 2022/2023 y O-I 2023/2024, cinco genotipos de sorgo (tres de ciclo precoz: RB-Norteño, DKS-821, P83G19 y, dos de ciclo intermedio RB-Williams y ADV-G3247), en nueve fechas de siembra (espaciadas cada 15 días a partir del 01 de diciembre y hasta el 01 de abril). Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento, con un arreglo de parcelas subdivididas. El análisis de varianza del rendimiento de grano reveló un efecto significativo ($P \leq 0.01$), para años, fechas de siembra y genotipos, así como para la interacción año x fecha y año x genotipo. Las fechas de siembra con mayor rendimiento de grano fueron las comprendidas entre el 01 de enero y el 01 de marzo. Las fechas de siembra de diciembre 2022, fueron afectadas por temperaturas de -1°C que se presentaron en el mismo mes; así mismo, las fechas de siembra de diciembre 2023, sufrieron un siniestro total debido a temperaturas de -2°C ocurridas en enero 2024. Las fechas de siembra con menores rendimientos de grano fueron, el 16 de marzo y el 01 de abril, en las cuales se observó un ataque severo de mosca midge, *Contarinia sorghicola* (Coquillett), durante la etapa de floración, así como altas temperaturas que acortaron el ciclo de vida del cultivo. Estos resultados permitieron identificar al periodo del 01 de enero al 01 de marzo, como el óptimo de siembra de sorgo grano bajo condiciones de temporal en el norte de Tamaulipas, ciclo otoño-invierno.

Palabras clave: *Sorghum bicolor*, *fecha óptima de siembra*, *condición temporal*.

ABSTRACT

To identify the optimal sowing date for sorghum that allows high grain yields, under rainfall conditions; five sorghum genotypes (three early cycle: RB-Northern, DKS-821, P83G19 and two intermediate cycle RB-Williams and ADV-G3247), were evaluated in nine sowing dates (spaced every 15 days from December 1st to April 1st), at the INIFAP-Río Bravo Experimental Station, municipality of Río Bravo, Tamaulipas, during the Fall-Winter (O-I) 2022/2023 and O-I 2023/2024 agricultural cycles. A randomized complete block experimental design with three replicates in a split-split-plot arrangement was used. The grain yield variance analysis revealed a significant effect ($P \leq 0.01$), for years, sowing dates and genotypes, as well as for the interaction year x date and year x genotype. The highest grain yield sowing dates were those between January 1st and March 1st. The sowing dates of December 2022 were affected by temperatures of -1°C that occurred in the same month; likewise, the sowing dates of December 2023 suffered a total loss due to temperatures of -2°C that occurred in January 2024. The sowing dates with lower grain yields were, on March 16 and April 1st, in which a severe attack of midge fly, *Contarinia sorghicola* (Coquillett), was observed during the flowering stage, as well as high temperatures that shortened the crop life cycle. These results allowed to identify the period from January 1st to March 1st, as the optimal period for sowing grain sorghum under rainfall conditions in northern Tamaulipas, Fall-Winter cycle.

Keywords: *Sorghum bicolor*, *optimal sowing date*, *rainfall condition*.

INTRODUCCIÓN

El sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] en México se destina principalmente para la producción de grano y forraje, y es la base para la formulación de alimentos balanceados en el sector pecuario. En México, en el año 2023 se sembraron 1.359 millones de hectáreas de sorgo grano, con una producción total de 4.815 millones de toneladas y un rendimiento promedio nacional de 3.65 t ha^{-1} . En Tamaulipas, en el año 2023, el sorgo se sembró en un total de 806,298 ha (59.29 % de la superficie

nacional), con una producción de 2.233 millones de toneladas y un rendimiento promedio de 2.80 t ha⁻¹. De la superficie total sembrada con sorgo en Tamaulipas, el 84.44 % (680,916 ha), se ubicó en el norte de Tamaulipas; 68.58 % bajo condiciones de temporal y 31.42 % bajo condiciones de riego (SIAP, 2024).

El cambio climático ha influido en la presencia de cambios en la precipitación pluvial, tanto en cantidad como en frecuencia (Gorman, 2015). En el norte de Tamaulipas, el sorgo es afectado principalmente por: 1.- Sequía, que, en conjunto con altas temperaturas, favorece el desarrollo de la pudrición carbonosa del tallo, *Macrophomina phaseolina* (Williams *et al*, 2004). Rajendra *et al.*, 2021, indicaron que la sequía y las altas temperaturas son los factores abióticos más importante que limitan la producción de sorgo en las regiones áridas y semiáridas del mundo. 2.- Temperaturas menores a 0 °C que ocurren cada vez con mayor frecuencia (el 15 y 16 de febrero 2021, el 24 y 25 de diciembre 2022 y el 16 y 17 de enero 2024). 3.- Mosquita midge (*Contarinia sorghicola*), que durante la época de floración afecta severamente las siembras realizadas a partir del mes de marzo (Rodríguez y Loera, 2006).

Actualmente en el norte de Tamaulipas, el sorgo en condiciones de temporal se recomienda sembrarlo del 20 de diciembre al 08 de marzo. Sin embargo, esta fecha de siembra, no está basada en evaluaciones de campo con diseño experimental y repeticiones. Por tal motivo, con el fin de mitigar los efectos producidos por el cambio climático (sequía, bajas y altas temperaturas, plagas e incidencia de enfermedades), el objetivo de este estudio fue identificar el periodo óptimo de siembra para sorgo de temporal en el norte de Tamaulipas, ciclo otoño-invierno.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en los ciclos agrícolas otoño-invierno (O-I) 2022/2023 y O-I 2023/2024, en terrenos del Campo Experimental Río Bravo, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en las coordenadas geográficas 25° 57' 54" LN/ 98° 01' 03" LO. El suelo

corresponde a la clasificación de Calcisol cámbico, con pendiente de 0.04 %, pobre en materia orgánica, fertilidad media con deficiencias de nitrógeno y fósforo y pH superior a 7.5, altitud 50 msnm; 648.3 mm de precipitación pluvial y temperatura media anual de 23.5 °C.

En cada ciclo agrícola se evaluaron nueve fechas de siembra espaciadas cada 15 días, a partir del 01 de diciembre (01 Dic., 16 Dic., 01 Ene., 16 Ene., 01 Feb., 16 Feb., 01 Mar., 16 Mar., 01 Abr.). En cada fecha se evaluaron cinco genotipos: cuatro híbridos comerciales y una variedad de polinización libre (tres de ciclo precoz: RB-Norteño, P83G19 y DKS 821; y dos de ciclo intermedio: RB-Williams y ADV-G3247). Para el establecimiento de cada fecha de siembra, se aplicó únicamente el riego presiembra (lámina de 15 cm de agua) y, posteriormente no se aplicó riego de auxilio. Durante el desarrollo del cultivo se presentó la siguiente precipitación pluvial. En el ciclo O-I 2022/2023: diciembre, 55.6 mm; marzo, 33.2 mm; abril, 88.0 mm; mayo, 71.4 mm; junio, 22.8 mm; para un total acumulado de 271.0 mm. En el ciclo O-I 2023/2024: diciembre, 09 mm; enero, 16.4 mm; febrero, 46.8 mm; marzo, 28.0 mm; abril, 45.2 mm; mayo, 11.8 mm; junio, 149.4 mm; para un total acumulado de 306.6 mm.

El diseño experimental fue bloques al azar con tres repeticiones por tratamiento, con un arreglo de parcelas subdivididas; se consideró como Factor 1, los ciclos agrícolas (O-I 2022/2023 y O-I 2023/2024); Factor 2, las fechas de siembra (9); Factor 3, los genotipos (5). La densidad de población utilizada fue de 250,000 plantas por hectárea. La parcela experimental fue de tres surcos de 5 m de largo y 0.8 m de separación. La parcela útil fue de un surco central de 3 m de largo (se eliminó un metro en cada extremo del surco). Para el manejo del cultivo se utilizó el paquete tecnológico recomendado por el INIFAP para el cultivo de sorgo grano. Los datos de las variables medidas (rendimiento de grano, días a floración, días a madurez fisiológica, altura de planta, longitud del pedúnculo de la panoja o excursión, longitud de panoja), se analizaron usando el procedimiento GLM de SAS (SAS Institute 2016). Se realizaron comparaciones de medias mediante la prueba de Tukey al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la evaluación realizada en O-I 2022/2023, se presentaron temperaturas de -1 y 0 °C, los días 24 y 25 de diciembre 2022, respectivamente, las cuales dañaron el follaje de las fechas de siembra del 01 de diciembre y 16 de diciembre, posteriormente las plantas se recuperaron; sin embargo, el rendimiento de estas dos fechas de siembra fue estadísticamente menor ($P \leq 0.01$), al del resto de las fechas de siembra evaluadas. En la evaluación realizada en O-I 2023/2024, se presentaron temperaturas de -2 °C, los días 16 y 17 de enero 2024, que siniestraron por completo las fechas de siembra del 01 de diciembre y 16 de diciembre 2023. Por lo anterior, a continuación, se presentan los resultados de las siete fechas de siembra restantes, comprendidas entre el 01 de enero y el 01 de abril de 2023 y 2024. En el cuadro 1, se presenta el análisis de varianza para rendimiento de grano. El valor de F fue altamente significativo ($F \leq 0.01$) para, año, fecha y genotipo; así como para la interacción año x fecha y año x genotipo.

Cuadro 1. Análisis de varianza para rendimiento de grano de cinco genotipos de sorgo, en siete fechas de siembra, bajo temporal, en Río Bravo, Tam., ciclos O-I 2022-2023 y O-I 2023/2024.

Fuente de variación	GL	Cuadrado de la media	Valor de F
Bloque	2	132425.67	0.73
Año	1	55785731.21	307.44**
Bloque*Año	2	237618.43	1.31
Fecha	6	5571477.80	30.71**
Año*Fecha	6	11603500.86	63.95**
Bloque*Fecha(Año)	24	248133.40	1.37
Genotipo	4	6640893.87	36.60**
Año*Genotipo	4	1974236.98	10.88**
Fecha*Genotipo	24	558949.28	3.08
Año*Fecha*Genotipo	24	607191.36	3.35

** Diferencia estadística significativa (Tukey; $P \leq 0.01$)

$R^2 = 0.9181$ Coeficiente de variación = 10.01 Media de rendimiento de grano = 4.254 t ha⁻¹

En el Cuadro 2, se presenta la comparación de medias del rendimiento de grano de los ciclos O-I 2022/2023 y O-I 2023-2024. En el primer ciclo se obtuvo un rendimiento de grano de 4.769 t ha⁻¹, y en el segundo, 3.738 t ha⁻¹ (rendimientos estadísticamente diferentes $P \leq 0.01$), que representa una reducción de 21.61 % en el rendimiento de grano.

Cuadro 2.- Comparación de medias del rendimiento de grano de cinco genotipos de sorgo en siete fechas de siembra bajo temporal, en Río Bravo, Tam., ciclos O-I 2022-2023 y O-I 2023/2024.

Ciclo agrícola	Rendimiento de grano t ha ⁻¹
O-I 2022/2023	4.769 a
O-I 2023/2024	3.738 b

Literales diferentes, indican diferencia estadística significativa (Tukey; $P \leq 0.01$).

En el Cuadro 3 se presenta la comparación de medias de las variables medidas. La producción de grano fluctuó entre 3.345 t ha⁻¹ (fecha 01 abril) y, 4.668 t ha⁻¹ (fecha 16 enero). Las fechas de siembra con mayor rendimiento de grano fueron las comprendidas entre el 01 de enero y el 01 de marzo [las cinco fechas de este periodo fueron estadísticamente similares ($P \leq 0.01$)], excepto la fecha del 01 de febrero que fue estadísticamente diferente a la fecha del 16 de enero.

Datos contrastantes fueron encontrados por Herrera y Betancourt (1981) y, Sosa (1982), basados en evaluaciones de fechas de siembra en Río Bravo, Tamaulipas, encontraron que los mejores rendimientos de grano se obtuvieron entre el 01 de febrero al 15 de marzo. Por otro lado, Montes (2007), basado en un modelo de regresión, determinó que para el norte de Tamaulipas el periodo del 20 de diciembre al 20 de febrero, fue el óptimo para la siembra del sorgo de temporal para el ciclo O-I.

Las diferencias entre los resultados de fechas de siembra obtenidos en este estudio, en comparación a resultados anteriores (Herrera y Betancourt, 1981; Sosa, 1982 y Montes, 2007), se deben al efecto del cambio climático, sobre todo en cambios de temperaturas, teniendo como resultado, que la fecha óptima de siembra ahora sea más temprana.

En el periodo óptimo de siembra identificado (01 de enero al 01 de marzo), los días a inicio de floración fluctuaron de 85.3 días (fecha 01 enero) a 60.9 días (fecha 01 marzo); los días a madurez de 135.9 días (fecha 01 enero), a 111.2 días (fecha 16

febrero); la altura de planta de 116.4 cm (fecha 01 marzo) a 109.9 cm (fecha 01 enero); la excursión de 13.4 cm (fecha 16 febrero) a 9.7 cm (fecha 01 marzo); la longitud de panoja de 25.3 cm (fecha 01 marzo) a 24.2 cm (fecha 01 enero). Se observó que con el aumento de la temperatura ambiental (la temperatura máxima promedio en los dos años de estudio fue: enero, 20.5 °C; febrero, 23 °C; marzo, 26 °C; abril 28 °C; mayo, 34 °C), se acumularon las unidades calor requeridas en menor tiempo y por tal motivo: Se acortó, el ciclo de vida del cultivo, el periodo reproductivo, la excursión; y se aumentó, la altura de la planta y la longitud de la panoja.

El incremento de la temperatura ambiental, provocó acortamiento del ciclo fenológico del cultivo de sorgo y en consecuencia de su rendimiento, por lo que para contrarrestar esto, en la identificación de la fecha óptima de siembra, esta se compactó hacia los meses más fríos. Este resultado coincide con lo reportado por (Ojeda-Bustamante, *et al.*, 2011).

Las fechas con menores rendimientos de grano fueron el 16 de marzo y el 01 de abril, en las cuales se observó un ataque severo de mosca midge, *Contarinia sorghicola* (Coquillett), durante la etapa de floración, así como altas temperaturas que acortaron el ciclo de vida del cultivo. Reportes indican que cuando las temperaturas altas ocurren antes del inicio y durante el desarrollo de la panícula, indujeron una disminución en el rendimiento de grano, debido al aborto de flores (Downes, 1972).

Cuadro 3.- Comparación de medias de variables agronómicas, de cinco genotipos de sorgo en siete fechas de siembra bajo condiciones de temporal, Río Bravo, Tam., ciclos O-I 2022-2023 y O-I 2023/2024.

Fecha siembra	Rendto. t ha ⁻¹	Días Inicio flor	Días madurez	Altura planta	Excursión	Long. panoja
16 Ene (2)	4.668 a	80.7 b	125.6 b	115.4 bc	12.5 a	25.1 ab
16 Feb (4)	4.512 ab	64.1 d	111.0 d	114.8 bcd	13.0 a	24.6 b
01 Mar (5)	4.453 ab	60.9 e	106.2 e	116.4 b	9.7 ab	25.3 ab
01 Ene (1)	4.342 ab	85.3 a	134.1 a	109.9 d	12.3 a	24.2 b
01 Feb (3)	4.252 b	72.7 c	118.4 c	110.5 cd	12.4 a	24.5 b

16 Mar (6)	4.204 b	58.7 f	99.4 f	129.4 a	11.6 a	26.4 a
01 Abr (7)	3.345 c	57.1 g	92.4 g	126.2 a	7. b	23.8 b

Literales diferentes, indican diferencia estadística significativa (Tukey; $P \leq 0.01$).

En el cuadro 4, se presenta la comparación de medias del rendimiento de grano de cada genotipo en cada fecha de siembra. Se observa que P63G19, ADV-G3247 y RB-Norteño obtuvieron su máximo rendimiento de grano en la fecha de siembra del 16 de enero. Así mismo, DKS-821 y RB-Williams obtuvieron su máximo rendimiento en la fecha de siembra del 16 de febrero. En promedio general el híbrido DKS-821 fue el de mayor rendimiento de grano con 4.697 t ha^{-1} y fue estadísticamente similar ($P \leq 0.01$), a P83G19, que obtuvo 4.523 t ha^{-1} . RB-Williams y RB-Norteño, obtuvieron los más bajos rendimientos de grano con 3.974 y 3.800 t ha^{-1} , respectivamente.

Cuadro 4.- Comparación de medias para rendimiento de grano de cinco genotipos de sorgo en siete fechas de siembra bajo condiciones de temporal, Río Bravo, Tam., ciclos O-I 2022/2023 y O-I 2023/2024.

Genotipo	Fechas de siembra (rendimiento de grano t ha^{-1})							Promedio
	01 Ene	16 Ene	01 Feb	16 Feb	01 Mar	16 Mar	01 Abr	
DKS-821	5.043 a	5.093 a	3.977 c	5.235 a	5.027 a	4.725 a	3.776 a	4.697 a
P83G19	4.681 b	4.835 b	4.819 a	4.416 b	4.719 b	4.753 a	3.437 b	4.523 ab
ADV-G3247	4.387 c	5.136 a	4.383 b	4.437 b	4.581 b	4.291 b	3.406 b	4.375 b
RB-Williams	4.112 d	3.907 d	3.923 c	4.611 b	4.145 c	3.604 c	2.820 c	3.974 c
RB-Norteño	3.488 e	4.368 c	4.158 bc	3.860 c	3.794 d	3.647 c	3.285 b	3.800 c

Literales diferentes, indican diferencia estadística significativa (Tukey; $P \leq 0.01$).

CONCLUSIONES

Se identificó al periodo del 01 de enero al 01 de marzo, como el óptimo para la siembra de sorgo grano bajo condiciones de temporal en el norte de Tamaulipas, ciclo otoño-invierno, con rendimientos que fluctuaron entre 4.668 y 4.252 t ha⁻¹.

En el periodo óptimo de siembra, los genotipos con mayores rendimientos de grano fueron: DKS-821, P83G19 y ADV-G3247, con 4.875, 4.694 y 4.584 t ha⁻¹, respectivamente.

Debido a la presencia de temperaturas de -1 y 0 °C, los días 24 y 25 de diciembre 2022 (que disminuyeron el rendimiento de grano de las siembras de diciembre); y temperaturas de -2 °C, los días 16 y 17 de enero 2024 (que siniestraron las siembras realizadas en el mes de diciembre 2023); no se recomienda sembrar este cultivo en el mes de diciembre.

Las fechas de siembra comprendidas entre el 02 de marzo y 01 de abril, corren el riesgo de ser afectadas por la presencia de temperaturas altas, que ocasionan acortamiento del ciclo de vida del cultivo y, por un severo ataque de mosca midge, *Contarinia sorghicola* (Coquillett), en floración, que ocasiona una drástica disminución en el rendimiento de grano.

LITERATURA CITADA

- Downes, R.W. (1972). Effect of temperature on phenology of grain yield of Sorghum bicolor. Australian Journal of Agricultural Research, 29, 205–223.
- Galicia J. M., Sinagawa G. S., Gutiérrez D. A., Williams A. H. y Zavala G. F. (2020). Termotolerancia en líneas de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para grano, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 221-227.
- Gorman A. O. I. 2015. Precipitation extremes under climate change. Current climate change reports. 1(2):49-59.
- Herrera Y. A. y Betancourt V. A. (1981). Fecha óptima de siembra de sorgo. Folleto técnico No.1, SARH-INIA-CIAGON. Campo Experimental Río Bravo, 16 p.

- Montes G. N. (2007). Predicción del efecto de la fecha de siembra en el rendimiento de grano del sorgo de temporal en el norte de Tamaulipas. Ficha de tecnología nueva. INIFAP. Campo Experimental Río Bravo. 2p
- Ojeda-Bustamante W., Sifuentes-Ibarra E., Íñiguez-Covarrubias M. y Montero-Martínez M.J. 2011. Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos. *Agrociencia*, 45: 1-11.
- Rajendra Prasad, Mahalingam Govindaraj, Maduraimuthu Djanaguiraman, Ivica Djalovic, Anjali Shailani, Nishtha Rawat, Sneha Lata Singla-Pareek, Ashwani Pareek and P. V. Vara Prasad. 2021. Drought and High Temperature Stress in Sorghum: Physiological, Genetic, and Molecular Insights and Breeding Approaches. *Int. J. Mol. Sci.*, 22(18), 9826; <https://doi.org/10.3390/ijms22189826>
- Rodríguez del B. L. A. y Loera G. J. (2006). Entomología, pp. 163-191. En Rodríguez del B. L. A. (ed.). Campo Experimental Río Bravo: 50 años de Investigación Agropecuaria en el norte de Tamaulipas. Historia, logros y retos. Libro técnico No. 1. INIFAP, Campo Experimental Río Bravo. Río Bravo Tamaulipas, México. 325 p.
- SAS Institute. (2016). SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 5121 p.
- SIAP. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. (2024). Resumen nacional de la producción agrícola. Cultivo de sorgo para grano. Consultado: julio, 2024.
- Sosa M. J. J. (1982). La importancia de sembrar oportunamente. Publicación serie INIFAP. SARH-INIA-CIAGON. Campo Agrícola Experimental Río Bravo, 7 p.
- Williams A. H., Pecina Q. V., Zavala G. F., Martínez H. R., Rangel E. S. y Machuca O. I. (2004). Reacción a *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid, de híbridos comerciales y experimentales de sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench, para grano, *Revista Mexicana de Fitopatología* 22: 216-222.

IDENTIFICACIÓN MACRO Y MICROSCOPICA DE HONGOS

Pablo Gasca Olivares¹, Karina Hernández-Zarate¹; César L. Aguirre-Mancilla¹;
Juan G. Ramírez-Pimentel¹; Erika Cañada- Coyote¹.

¹Instituto Tecnológico de Roque. Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Apartado Postal 508, C.
P. 38110 Celaya, Guanajuato. Autor para correspondencia: ericka.cact@gmail.com.

RESUMEN

Se realizaron muestreos de tejido vegetal de plantas de maíz aparentemente sanas y enfermas en el INIFAP ubicado en Carretera Celaya San Miguel de Allende Kilómetro 6.5, 38010 Celaya, Gto., el aislamiento de los hongos se realizó en Instituto Tecnológico de Roque donde se prepararon las muestras en laboratorio y procesaron para posteriormente realizar su purificación e identificación por su morfología macro y microscópica teniendo como resultado que los hongos aislados tienen características del género *Fusarium* donde F7, F8 y F9 presentaron microconidios y fialides, en el caso de F5 presento microconidios, fialides y clamidiosporas.

Palabras clave: *Fusarium*, *Microconidos*, *Macroconidios*, *Clamidiosporas*, *Fialides*.

ABSTRACT

At the INIFAP located at Carretera Celaya San Miguel de Allende Kilometer 6.5, 38010 Celaya, Gto. Sampling of plant tissue from apparently healthy and diseased corn plants was carried out, the identification of the fungi was carried out at the Roque Technological Institute where the samples were prepared in the laboratory and preserved in Potato Dextrose Agar medium for later purification and by means of ribbons. Their macro and microscopic morphology was identified, resulting in the isolated fungi having characteristics of the genus *Fusarium* where F7, F8 and F9 presented microconidia and phialides, in the case of F5 it presented microconidia, phialides and chlamydiospores.

Keywords. *fusarium*, *microconids*, *macroconidia*, *chlamydiospores*, *phialides*.

INTRODUCCIÓN

El género *Fusarium* comprende a hongos que se les considera oportunistas ya que crecen a 37°C y se reparten tanto en el suelo como en las plantas (Tapia y Amaro, 2014), también se le considera como un hongo fitopatógeno, debido a esto tiene una relevancia fundamental en el sector agrícola por las enfermedades que provoca y por lo tanto existen pérdidas económicas importantes (Rodríguez *et al.*, 2022). Las distintas especies de *Fusarium* causan enfermedades como el tizón y la marchitez vascular principalmente debido a esto los cultivos presentan pudrición, marchitamiento, manchas e incluso la muerte en los órganos de la planta como lo es en: granos, flores, frutos, tallos, hojas e incluso la planta completa (Rodríguez *et al.*, 2022). Estos daños tienen como consecuencia en los cultivos una serie de afecciones que son irreversibles de manera general. Los hongos de este género son ascomicetos filamentosos y se encuentran en todo el mundo. Presentan un micelio bien desarrollado, septado y con características distintivas en sus conidióforos, aunque algunas especies poseen un talo unicelular. (Villa-Martínez *et al.*, 2015). Este género incluye gran cantidad de especies y varias formas especiales por cada una, además tiene una gran variabilidad por lo que su identificación entre las mismas es más compleja (García-Velasco *et al.*, 2021). En Guanajuato se han detectado especies como *F. solani*, *F. oxysporum* y *F. moniliforme* en los cultivos de fresa siendo *F. oxysporum* el más frecuente generando pérdidas mayores del 50% de la producción (Mariscal *et al.*, 2017). En el cultivo de trigo se encuentran especies como *F. proliferatum*, *F. subglutinans*, *F. oxysporum*, *F. thapsinum* y *F. andiyazi* que provocan el amarillamiento del trigo (Rangel *et al.*, 2017). Por lo que en el presente trabajo se busca identificar si existe la presencia de *Fusarium* en el cultivo de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la obtención de las cepas de *Fusarium* se realizó un muestreo de plantas de maíz aparentemente enfermas y sanas en las instalaciones del Inifap ubicado en Carretera Celaya San Miguel de Allende Kilómetro 6.5, 38010 Celaya, Gto. En total fueron 4 parcelas las muestreadas donde dos son aparentemente sanas y dos

aparentemente enfermas, posteriormente fueron trasladadas al laboratorio para ser procesadas.

La parte de laboratorio se realizó en el Instituto Tecnológico de Roque en el edificio de posgrados. La siembra de los hongos se realizó en medio Agar Papa Dextrosa con ácido láctico.

Selección de muestras enfermas

Para el aislamiento de hongos fitopatógenos se seleccionaron las plantas con sintomatología de fusariosis, posteriormente se realizaron cortes de aproximadamente 1 cm y se sanitizaron. De igual manera este corte se realizó en las plantas aparentemente sanas.

Desinfección de material vegetal

Para la desinfección se colocó la parte de la planta en un tubo de 30mL y se le agregó 10 mL de agua destilada estéril y se agitó para remover polvo y suciedad en general, después se desechó el agua y se le agregó 10mL de cloro al 2% y se agitó durante un minuto, en seguida se realizaron 2 enjuagues seguidos con agua destilada estéril, posterior a esto se realizó otro enjuague con 10 mL de alcohol al 70% durante un minuto y finalmente se realizan 2 enjuagues más con agua estéril.

Al finalizar la desinfección se realizó la siembra en el medio de cultivo colocando 4 cortes de tallo por caja y 5 trozos de raíz por caja. Al terminar las cajas se incubaron a 28 °C hasta observar crecimiento de hongos.

Aislamiento de hongos fitopatógeno

A las 24hrs de la siembra se observó crecimiento de hongos seleccionándose aquellos hongos que coincidían con la morfología de *Fusarium* para su posterior subcultivo en Agar Papa Dextrosa incubándose a 28 °C hasta su esporulación.

Purificación de cepas de *Fusarium*

Para la purificación de las cepas de *Fusarium* aisladas se utilizó la técnica de monospóricos para lo cual se realizaron diluciones seriadas hasta 10^{-4} . Posteriormente se tomaron 100 μL de las diluciones 10^{-3} y 10^{-4} y se inoculó en el centro del medio de cultivo y con un asa de metal Drigalski previamente esterilizada se esparció uniformemente en toda la caja.

Después de 24hrs con ayuda de microscopio tomaron esporas germinadas y se subcultivaron en cajas con Agar Papa Dextrosa.

Descripción de morfología en caja Petri

Teniendo los hongos puros se realizó subcultivos en agar papa dextrosa y se incubaron a 28°C para su descripción macroscópica definiendo su morfología a simple vista.

Descripción taxonómica

Para la descripción microscópica se utilizó el medio agar hoja clavel (CLA), para lo cual se subcultivo un hongo por caja con un corte de $1\times 1\text{cm}$ garantizando que el micelio hiciera contacto con el medio de cultivo. Al terminar se colocaron las cajas Petri a incubar a una temperatura de 28°C . A las 96 horas se presentó un crecimiento que cubría 3 hojas de clavel por lo que se realizaron preparaciones microscópicas. Los montajes se observaron en un microscopio para realizar la identificación de estructuras como macroconidios, microconidios, fialides y clamidiosporas de cada hongo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un total de 4 cepas de *Fusarium* fueron aisladas de plantas mostrando una variedad de velocidades de crecimiento y colores como se puede observar en la Figura 1. En la figura 1 inciso a se observó crecimiento algodonoso de color blanco y avance lento en el centro presenta un color amarillento. De la parte posterior presenta un color blanco. La cepa de *Fusarium* spp codificada como F7 mostrada en el inciso b se presentó un crecimiento aterciopelado de manera uniforme de color rosa con blanco y de la parte posterior colores en su mayoría blanco con toques rosas. En el

inciso c de la figura 1 se muestra la cepa de *Fusarium* spp codificada como F8 donde puede observar crecimiento algodonoso uniforme en su totalidad de color blanco y algo de tonalidad morada y de la parte posterior una tonalidad completamente purpura. En el inciso d se observó una cepa de *Fusarium* spp cepa F9 de crecimiento algodonoso con color predominante blanco y un lila difuminado en los extremos mientras que la parte posterior presenta colores blanco amarillento y algunas manchas en tono café.

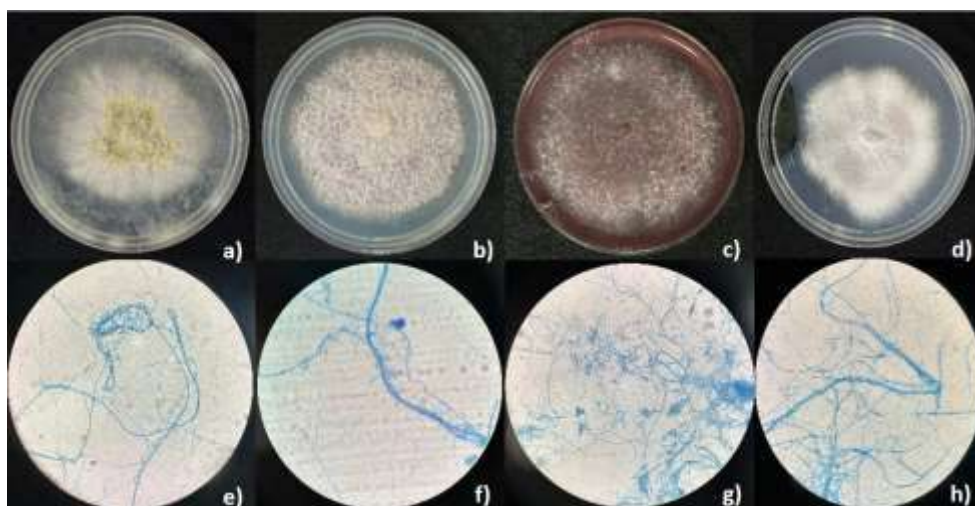


Figura 1. Características morfológicas macroscópicas de las cepas de *Fusarium* (A-D): *Fusarium* spp cepa F5 (A), *Fusarium* spp cepa F7 (B), *Fusarium* spp cepa F8 (C), *Fusarium* spp cepa F9 (D). Características morfológicas microscópicas (E-H): Microconidios, fialides y clamidiosporas (E), microconidios y fialides (F-H).

De manera general los hongos presentaron coloraciones café, rojo, violeta, gris, y blanco como lo mencionan Tapia y Almaro (2014). En la parte microscopica como se observa en la figura 1. En los apartados f, g y h se encontraron características como microconidios y fialides, por otra parte en el apartado e ademas de microconidos y fialides tambien se observaron clamidiosporas. Esto concuerda con lo mencionado por Lopez *et al.* (2020) donde identifico las mismas estructuras microscopicas en hongos del genero *Fusarium*.

CONCLUSIONES

Las muestras presentaron características morfológicas macro y microscópicas del género *Fusarium* en plantas aparentemente sanas y aparentemente enfermas.

LITERATURA CITADA

- García-Velasco, R., Portal-González, N., Santos-Bermúdez, R., Rodríguez-García, A., Companioni-González, B. (2021). Mejoramiento genético para la resistencia a marchitez por *Fusarium* en banano. *Revista mexicana de fitopatología*, 39(1), 122-146.
- Guido-Mora, A. Z., Blanco-Meneses, M., Granados-Montero, M. D. M., Viñas-Meneses, M. (2021). Identificación de *Fusarium* en granos de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 45(2), 57-69.
- Leslie, J. F., Summerell, B. A. (2008). *The Fusarium laboratory manual*. John Wiley Sons.
- López-Bautista, V., Mora-Aguilera, G., Gutiérrez-Espinosa, M. A., Mendoza-Ramos, C., Martínez-Bustamante, V. I., Coria-Contreras, J. J., Santana-Peñaloza, B. (2020). Caracterización morfológica y molecular de *Fusarium* spp. asociados a la ocurrencia regional de marchitez y pudrición seca del cogollo en *Agave tequilana*. *Revista mexicana de fitopatología*, 38(1), 79-106.
- Mariscal-Amaro, L. A., Rivera-Yerena, A., Dávalos-González, P. A., Ávila-Martínez, D. (2017). Situación actual de hongos asociados a la secadera de la fresa (*Fragaria ananassa* Duch.) en Guanajuato, México. *Agrociencia*, 51(6), 673-681.
- Montealegre, J., Donoso, S., Herrera, R., Besoain, X. (2003). Identificación de *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. como agente causal de la podredumbre del pie de tomate. *Boletín Micológico*, 18.

- Rangel-Castillo, A. E., Valadez-Moctezuma, E., Lozoya-Saldaña, H. (2017). Caracterización molecular y patogénesis de *Fusarium* asociado al amarillamiento del trigo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40 (4), 439-450.
- Rodríguez-Grimaldo, J. E., González, G. M., Montoya, A. M. (2022). *Fusarium*: un fitopatógeno que amenaza la salud humana. *Revista Ciencia UANL*, 25 (114), 37-43.
- Tapia, C., Amaro, J. (2014). Género *Fusarium*. *Revista chilena de infectología*, 31 (1), 85-86.
- Villa-Martínez, A., Pérez-Leal, R., Morales-Morales, H. A., Basurto-Sotelo, M., Soto-Parra, J. M., Martínez-Escudero, E. (2015). Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. *Acta agronómica*, 64 (2), 194-205.

IMPACTOS EN LA EFICIENCIA TERMINAL DE ESTUDIANTES DE PREPARATORIA AGROPECUARIA, CON LA ASIGNACIÓN DE LA BECA UNIVERSAL PARA EL BIENESTAR BENITO JUÁREZ, EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

Alfonso García-Federico^{1*}; Salvador Montes-Hernández²

¹Enlace operativo en San Luis Potosí de la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar (DGETAYCM) del Estado de San Luis Potosí. Tauro 449, Colonia Central, C.P. 78 399. San Luis Potosí, S.L.P. ²Investigador del Campo Experimental Bajío, INIFAP.

Km 6.5 Carr. Celaya – San Miguel Allende, Celaya, Guanajuato, México. *Autor de

correspondencia: alfonso.garcia@dgetaycm.sems.gob.mx

RESUMEN

Con el objetivo de conocer el impacto del Programa de Becas para el Bienestar Benito Juárez (PBBBJ) en los estudiantes agropecuarios, del nivel medio superior, de los 19 planteles o Unidades Educativas (UE), adscritos a la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar (DGETAyCM) del Estado de San Luis Potosí, México, sobre la Eficiencia Terminal (ET) se concentró la información del total de 18 CBTA's y un CETAC, de dos generaciones subsecuentes una de agosto 2017 a julio 2020 y la segunda de agosto 2021 a julio 2024. Para lo cual se realizó un análisis con estadística descriptiva y gráfico, lo que permitió comparar dos generaciones de estudiantes, una que careció de este apoyo, y otra que recibió la beca. Asimismo, por regiones económicas del estado, se interpretaron variables socioeconómicas de cada una de ellas, con la finalidad de relacionar, estas características con la eficiencia académica de los estudiantes. Los principales resultados encontrados fueron los siguientes: a) de los estudiantes que recibieron el beneficio económico del PBBBJ, el 63.15% de los planteles estudiados mostraron una eficiencia terminal promedio más alta, siendo siete de ellos, que mostraron una ET negativa; b) al considerar la ubicación de los planteles estudiados, en las cinco diferentes regiones socioeconómicas del estado de San Luis Potosí, en la región denominada La Huasteca se presentó la tendencia, de mayor ET para los alumnos

becados, sin embargo, esta tendencia fue todo lo contrario en la zona conocida como la Región Centro.

Palabras clave: Beca académica, CBTa, educación media superior agropecuaria, abandono escolar

ABSTRACT

In order to know the impact of Programa de Becas para el Bienestar Benito Juárez (PBBBJ) on high school agricultural students from schools affiliated with the General Directorate of Agricultural Technology and Marine Sciences Education (DGETAyCM) of the State of San Luis Potosí, Mexico, on Terminal Efficiency (ET), the information of the total number of state CBTAs and one CETAC was concentrated, from two subsequent generations, one from August 2017 to July 2020 and the second from August 2021 to July 2024. For this, an analysis with descriptive statistics was carried out, which allowed comparing two generations of students, one that lacked this support, and another that received the scholarship. Likewise, by economic regions of the state, socioeconomic variables of each of them were interpreted, in order to relate these characteristics with the academic efficiency of the students. The main results found were the following: a) of the students who received the economic benefit of the PBBBJ, 63.15% of the schools studied showed a higher average terminal efficiency, with seven of them showing a negative ET; b) when considering the location of the schools studied, in the five different socioeconomic regions of the state of San Luis Potosí, in the region called La Huasteca there was a trend of higher ET for the scholarship students, however, this trend was the opposite in the area known as the Central Region.

Keywords: Academic scholarship, CBTa, agricultural secondary education, school dropout.

INTRODUCCIÓN

En México, como parte de la política pública en el plano educativo, un instrumento común han sido las becas de apoyo a los estudiantes (Soto, 2023). Estas se definen como, un apoyo económico que se entrega al estudiantado o sus familias con el objetivo de propiciar o respaldar conductas relativas a la participación de los

alumnos en su proceso educativo. Han existido diferentes criterios de asignación, pero la intención generalizada es ayudar financieramente a los estudiantes, para que puedan continuar sus estudios, al dedicar más tiempo a ello y por lo tanto concentrarse en cumplir sus objetivos en las instituciones de educación (Gutiérrez et al., 2021).

Por tradición, en nuestro país, los criterios para asignar becas, han sido varios, como reconocimiento a logros académicos destacados, así como respaldo a personas con talentos destacados en áreas de cultura y deporte que son alentadas a combinar esas actividades con trayectorias académicas. Otras formas han sido, otorgar los apoyos económicos para los estudiantes y sus hogares, en donde se había considerado en México, el estudiantado y sus hogares, por lo que la asignación de este apoyo seguía un mecanismo de asignación asociados a condiciones de carencia económica de los hogares (Soto y Cervantes, 2023). Sin embargo, a partir de 2019 el gobierno federal decidió cambiar esta orientación anunciando una asignación “universal”, con un programa de becas a estudiantes de educación básica pública, extendiéndose posteriormente a la educación media superior, denominado Beca Universal para el Bienestar Benito Juárez, para los estudiantes del nivel educativo medio superior (correspondiente a los grados 10 a 12 a partir del primero de primaria) (DOF, 2019). Con ello, se amplía la cantidad de los hogares que reciben estos apoyos, sin considerar únicamente a aquellos con carencias económicas (Montoya et al., 2024).

Al analizar los propósitos que pueden tener las becas, los cuales pueden ser: impulsar el ingreso a determinado tipo educativo; impulsar la permanencia escolar posterior al ingreso; y propiciar mayores logros de aprendizaje. Si bien las becas son instrumentos ampliamente utilizados en la educación, se cuenta en nuestro país con pocos estudios que indiquen la evidencia de sus efectos sobre los propósitos. Aquí se muestran los resultados alcanzados en dos generaciones subsecuentes una de agosto 2017 a julio 2020 y la segunda de agosto 2021 a julio 2024, de 19

Unidades Educativas de la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar (DGETAyCM) del Estado de San Luis Potosí.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó, con información obtenida de 19 Unidades Escolares (UE), de los planteles adscritos a la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar (DGETAyCM) del Estado de San Luis Potosí, México, de los cuales 18 son CBTAs, (CBTA 52, 119, 120, 121, 122, 123, 141, 142, 143, 159, 160, 187, 196, 257, 258, 259, 319, 325) y el CETAC 4. Se registró la eficiencia terminal, al considerar el número de estudiantes inscritos, con los estudiantes graduados en dos generaciones diferentes, a) de agosto 2017 a julio 2020, la cual careció de la beca universal, y b) de agosto 2021 a julio 2024, esta última sí beneficiada con la Beca Universal Benito Juárez. Por otro lado, al considerar las cuatro regiones socioeconómicas del estado de San Luis Potosí, (Huasteca, Media, Altiplano y Centro) se evaluaron esta misma tendencia, al agrupar las UA estudiadas dentro de cada región.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como parte de los resultados, encontramos que al comparar dos generaciones de estudiantes dentro el mismo plantel, la eficiencia terminal fue variada, marcando tendencia en mejor ET, en la generación en donde se estableció la beca PBBBBJ, encontrando que siete planteles mostraron menor ET en el Cuadro 1. Por su parte en la Figura 1, en forma gráfica esta variación es mostrada. Y de forma más clara en la Figura 2 se presenta la tendencia positiva o negativa de cada uno de los planteles al comparar la ET en las dos generaciones evaluadas.

Cuadro 1. Número de alumnos ingresados, alumnos egresados y la Eficiencia Terminal de dos generaciones subsecuentes, la primera sin beca universal y la segunda dentro del Programa de Becas para el Bienestar Benito Juárez, en 19 planteles agropecuarios pertenecientes a la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar (DGETAyCM) del estado de San Luis Potosí.

UE	Generación 2017-2020	Generación 2021-2024

	Alumnos Ingresos	Alumnos Egresos	Eficiencia Terminal	Alumnos Ingresos	Alumnos Egresos	Eficiencia Terminal
CBTa 52	240	127	52.92	104	70	67.31
CBTa 119	124	83	66.94	92	58	63.04
CBTa 120	262	161	61.45	226	144	63.72
CBTa 121	343	246	71.72	224	157	70.09
CBTa 122	315	207	65.71	191	135	70.68
CBTa 123	346	219	63.29	265	191	72.08
CBTa 141	231	132	57.14	171	106	61.99
CBTa 142	201	122	60.70	110	82	74.55
CBTa 143	316	255	80.70	324	237	73.15
CBTa 159	238	175	73.53	173	134	77.46
CBTa 160	193	145	75.13	196	133	67.86
CBTa 187	150	114	76.00	148	90	60.81
CBTa 196	300	217	72.33	229	144	62.88
CBTa 257	76	58	76.32	58	46	79.31
CBTa 258	196	94	47.96	187	99	52.94
CBTa 259	132	82	62.12	96	69	71.88
CBTa 319	49	33	67.35	33	27	81.82
CBTa 325	121	33	27.27	111	58	52.25
CETAC 4	207	178	85.99	100	80	80.00
TOTAL	4040	2681	66.36	3038	2060	67.81

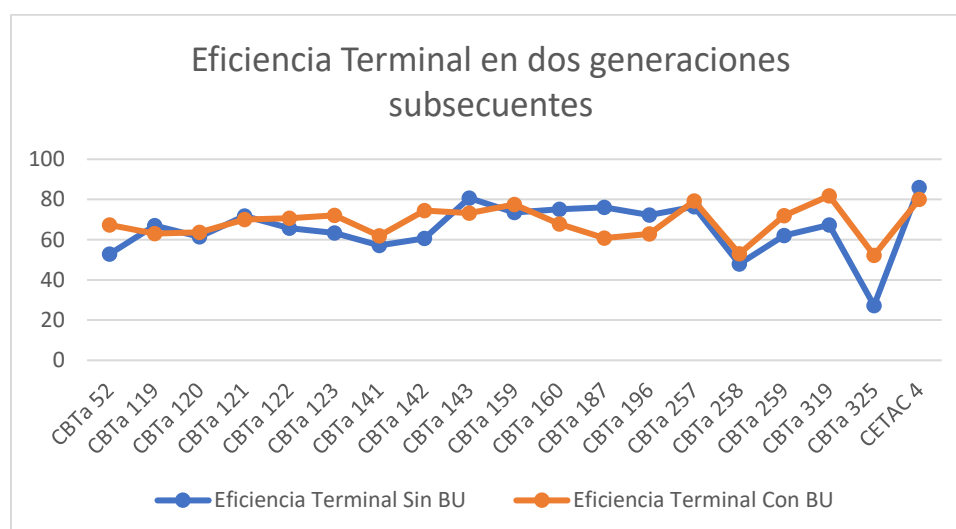


Figura 1. Eficiencia Terminal de dos generaciones subsecuentes, la primera sin beca universal y la segunda dentro del Programa de Becas para el Bienestar Benito Juárez, en

19 Unidades Educativas pertenecientes a la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar (DGETAyCM) dentro del estado de San Luís Potosí.

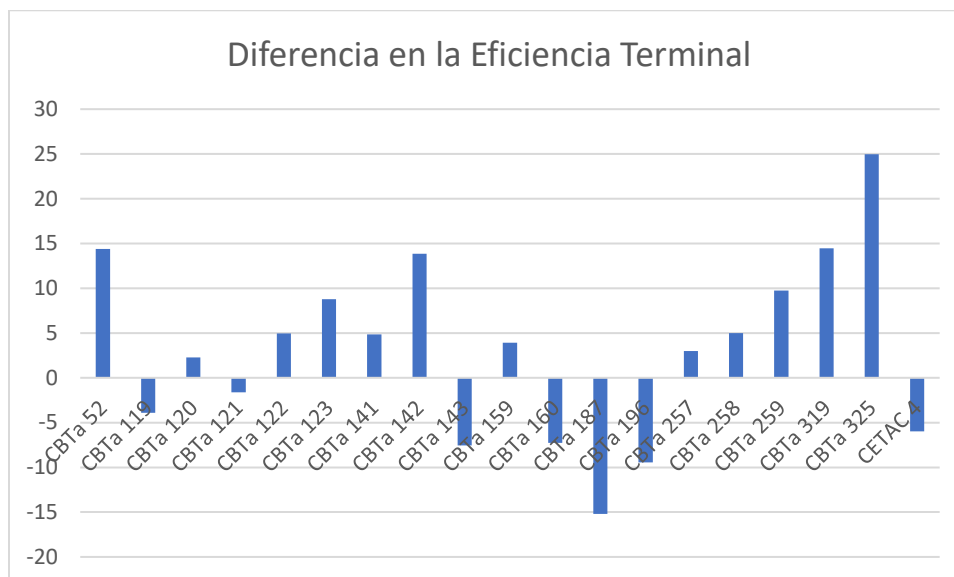


Figura 2. Diferencia en la Eficiencia Terminal de dos generaciones subsecuentes, la primera sin beca universal y la segunda dentro del Programa de Becas para el Bienestar Benito Juárez, en 19 planteles agropecuarios pertenecientes a la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar (DGETAYCM) dentro del estado de San Luís Potosí.

En cambio, al analizar la ubicación de cada una de las UE en las diferentes regiones socioeconómicas en el estado de San Luís Potosí, y comparar las diferencias en la Eficiencia Terminal por región, en la Figura 3 se muestra el porcentaje, en cuanto la eficiencia terminal, considerando el número de ellas.

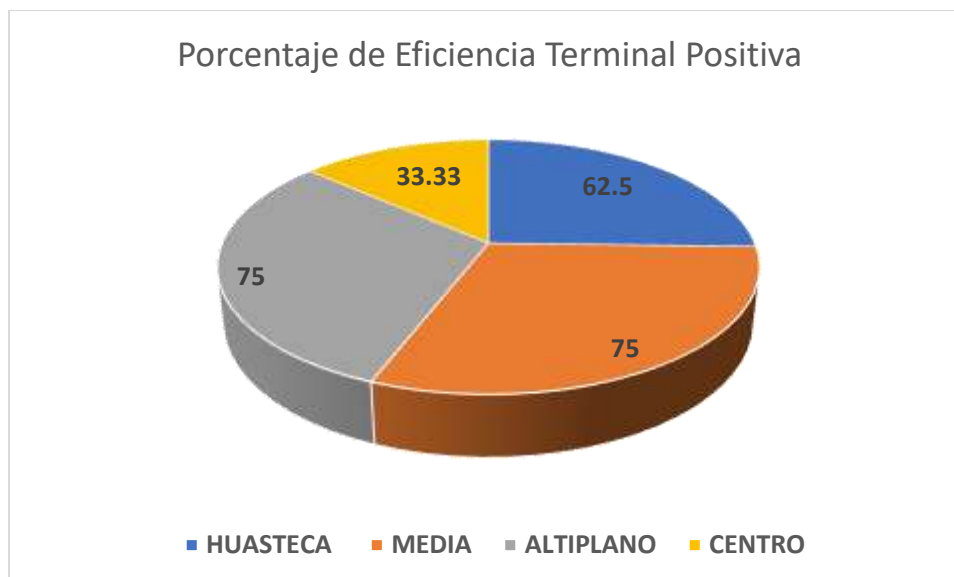


Figura 3. Porcentaje de la Eficiencia Terminal dentro de las regiones socioeconómicas del estado de San Luis Potosí, considerando el Programa de Becas para el Bienestar Benito Juárez, en 19 Unidades Educativas pertenecientes a la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar (DGETAYCM).

CONCLUSIONES

- El Programa de Becas para el Bienestar Benito Juárez (PBBBJ) en la DGETAyCM en San Luis Potosí, ha impactado de manera favorable en el rendimiento académico de los estudiantes.
- Se ha observado un efecto mixto de la beca en la institución educativa, sobre todo con el número de ingresos, lo cual posiblemente por el efecto del COVID.
- Este análisis se enfocó únicamente en la eficiencia terminal (alumnos ingresados vs alumnos graduados) y puede haber otros factores que podrían influir en estos resultados.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los funcionarios de la Coordinación Nacional de Becas para el Bienestar Benito Juárez en San Luis Potosí, al personal directivo de cada una de las 19 unidades educativas de la DGETAyCM en la entidad, así como también se agradece el apoyo de la Dra. Elizabeth Pineda Rodríguez, Comisionada Estatal de

la DGETAyCM en el estado quienes permitieron utilizar la información, motivo de este escrito.

LITERATURA CITADA

DOF (2019). DECRETO por el que se crea la Coordinación Nacional de Becas para el Bienestar Benito Juárez. 31/05/2019

Gutiérrez, S., Acuña, K., y Axinicuilteco, G. (2021). El Programa Bienestar Benito Juárez y sus resultados académicos en las escuelas de Acapulco, México. *Gestionar: Revista de Empresa y Gobierno* 1(4): 60-71.

Montoya, A. M. S., Salcedo, M. C., Montoya, J. P. S., & Altieri, I. M. S. (2024). Impacto integral de la Beca Universal “Benito Juárez”: caso de estudio en la Preparatoria Abierta de Nayarit (2017-2023). *Revista Neuronum*, 10(2): 1-23.

Soto, A. F. M., y Cervantes, C. E. (2023). Efectos en los estudiantes de bachillerato público derivados de la asignación gubernamental de la beca universal para el bienestar Benito Juárez de educación media superior. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 7(4): 1017-1030.

Soto, C. A. R. (2023). Impactos en los estudiantes de preparatoria pública a raíz de la asignación de la Beca Universal para el Bienestar Benito Juárez en la educación media superior por parte del gobierno. *Revista Boaciencia. Educación y Ciencias Sociales*, 3(2): 155-168.

IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING PARA EL CONTROL DEL VPD EN AGRICULTURA PROTEGIDA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE RFR

Luis Alberto López-González¹; Coral Martínez-Nolasco²; Mauro Santoyo-Mora³;
José Porfirio González-Farías⁴; Juan José Martínez-Nolasco⁵; Armando Figueroa-
Martínez⁶

^{1 6} Estudiante de Posgrado, Tecnológico Nacional de México Campus Celaya, ^{2 3 4 5} Investigador,
Tecnológico Nacional de México Campus Celaya, * Autora de correspondencia:
coral.mn@celaya.tecnm.mx

RESUMEN

El Déficit de Presión de Vapor (VPD) se posiciona como un parámetro fundamental en el control ambiental de la agricultura protegida moderna (Shamshiri et al., 2018). Este parámetro, definido como la diferencia entre la presión de vapor de agua en saturación y la presión de vapor actual del aire, influye directamente en procesos fisiológicos fundamentales de las plantas. La literatura científica ha establecido rangos óptimos específicos para diferentes etapas de desarrollo: en la etapa vegetativa, 0.8-1.0 kPa (Zhang et al., 2018; Milošević et al., 2012; Garcia-Caparrós et al., 2017; Iwabuchi et al., 1996) y durante la etapa de fructificación, 1.0-1.5 kPa (Zhang et al., 2023; Abdelkhalik et al., 2020). La innovación más reciente en este campo es la implementación del Random Forest Regressor (RFR) para el control y predicción del VPD. Cletus & John (2024) destacan la efectividad de este algoritmo debido a su capacidad para manejar relaciones no lineales y su robustez ante datos ruidosos, lo que ha permitido alcanzar niveles de precisión sin precedentes en el control ambiental de cultivos protegidos.

Palabras clave: VPD, Random Forest Regressor, agricultura protegida, control ambiental, machine learning.

ABSTRACT

Vapor Pressure Deficit (VPD) is positioned as a fundamental parameter in environmental control of modern protected agriculture (Shamshiri et al., 2018). This parameter, defined as the difference between the water vapor pressure at saturation and the actual vapor pressure of the air, directly influences fundamental physiological processes in plants. The scientific literature has established specific optimal ranges for different development stages: at the vegetative stage, 0.8–1.0 kPa (Zhang et al., 2018; Milošević et al., 2012; Garcia-Caparros et al., 2017; Iwabuchi et al., 1996) and during the fruiting stage, 1.0–1.5 kPa (Zhang et al., 2023; Abdelkhalik et al., 2020). The most recent innovation in this field is the implementation of the Random Forest Regressor (RFR) for VPD control and prediction. Cletus & John (2024) highlight the effectiveness of this algorithm due to its ability to handle non-linear relationships and its robustness to noisy data, which has allowed unprecedented levels of precision to be achieved in the environmental control of protected crops.

Keywords: *VPD, Random Forest Regressor, protected agriculture, environmental control, machine learning.*

INTRODUCCIÓN

El control preciso del ambiente en sistemas de agricultura protegida representa uno de los desafíos más significativos en la agricultura moderna. De acuerdo con Shamshiri et al. (2018), el Déficit de Presión de Vapor (VPD) emerge como un parámetro fundamental que influye directamente en procesos fisiológicos críticos de las plantas. Cletus & John (2024) destacan que la implementación de algoritmos de aprendizaje automático, especialmente el Random Forest Regressor (RFR), ha revolucionado la manera en que se abordan estos desafíos de control ambiental.

Shamshiri *et al.* (2018) definen el VPD como la diferencia entre la presión de vapor de agua en saturación a una temperatura dada y la presión de vapor actual en el aire. Los investigadores han documentado rangos específicos para diferentes etapas de desarrollo.

Como señalan Cletus & John (2024) la integración de técnicas de aprendizaje automático en el control ambiental ha permitido alcanzar niveles de precisión previamente inalcanzables. Esta investigación examina exhaustivamente las metodologías actuales, implementaciones específicas en Python y resultados documentados en la literatura científica reciente.

Como señalan Zhang *et al.* (2018), Milošević *et al.* (2012), Garcia-Caparros *et al.* (2017) Iwabuchi *et al.* (1996) en la etapa vegetativa el mantenimiento de un VPD entre 0.8 y 1.0 kPa promueve un desarrollo foliar óptimo. Zhang *et al.* (2023) y Abdelkhalik *et al.* (2020) complementan esta información indicando que durante la etapa de fructificación, el rango óptimo se expande a 1.0-1.5 kPa

De acuerdo con Cletus & John (2024) el Random Forest Regressor destaca como un algoritmo especialmente adecuado para la predicción y control del VPD. Los autores señalan que su capacidad para manejar relaciones no lineales y su robustez ante el ruido en los datos lo convierten en una opción óptima para esta aplicación.

MMATERIALES Y METDODOS

Entorno de Desarrollo

RFr destaca como un algoritmo (Tabla 1) especialmente adecuado para la predicción y control del VPD debido a su capacidad para manejar relaciones no lineales y su robustez ante el ruido en los datos. La implementación en Python requiere una comprensión profunda tanto del algoritmo como de las bibliotecas específicas utilizadas para obtener un resultado preciso (Tabla 2).

Tabla 1. Rangos óptimos para lechuga (Temperatura: 18-22°C, VPD: 0.4-0.8 kPa) utilizando Random Forest Regressor

```
import numpy as np
import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.ensemble import RandomForestRegressor
```

```

from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

def generar_datos_sinteticos(n_muestras=1000):
    """
    Genera datos sintéticos para simular condiciones de invernadero
    """
    temperatura = np.random.uniform(16, 24, n_muestras)
    humedad = np.random.uniform(60, 85, n_muestras)
    niveles_co2 = np.random.uniform(350, 1000, n_muestras)

    # Cálculo de VPD
    psv = 0.61078 * np.exp(17.27 * temperatura / (temperatura + 237.3))
    vpd = (1 - humedad/100) * psv

    datos = pd.DataFrame({
        'temperatura': temperatura,
        'humedad': humedad,
        'niveles_co2': niveles_co2,
        'vpd': vpd
    })

    # Definir condiciones óptimas
    datos['condicion_optima'] = (
        (datos['temperatura'] >= 18) &
        (datos['temperatura'] <= 22) &
        (datos['vpd'] >= 0.4) &
        (datos['vpd'] <= 0.8)
    ).astype(int)

    return datos

def predecir_condiciones(temp, hum, co2, modelo, feature_names):
    """
    Predice VPD y verifica condiciones óptimas
    """
    # Crear DataFrame con nombres de características correctos
    datos_entrada = pd.DataFrame([[temp, hum, co2]],
                                  columns=feature_names)

    vpd_predicho = modelo.predict(datos_entrada)[0]

    es_optimo = (
        18 <= temp <= 22 and
        0.4 <= vpd_predicho <= 0.8
    )

    return {
        'vpd_predicho': vpd_predicho,
        'es_optimo': es_optimo,
        'recomendaciones': obtener_recomendaciones(temp, vpd_predicho)
    }

def obtener_recomendaciones(temp, vpd):
    """
    Genera recomendaciones basadas en las condiciones actuales
    """
    recomendaciones = []

    if temp < 18:

```

```

    recomendaciones.append("Aumentar temperatura del invernadero")
elif temp > 22:
    recomendaciones.append("Reducir temperatura del invernadero")

if vpd < 0.4:
    recomendaciones.append("Reducir humedad o aumentar temperatura para optimizar VPD")
elif vpd > 0.8:
    recomendaciones.append("Aumentar humedad o reducir temperatura para optimizar VPD")

return recomendaciones if recomendaciones else ["Condiciones óptimas para el cultivo de lechuga"]

def mostrar_importancia_variables(modelo, nombres_variables):
    """
    Muestra la importancia de las variables en formato texto
    """
    importancia = modelo.feature_importances_
    importancia_dict = dict(zip(nombres_variables, importancia))
    importancia_ordenada = dict(sorted(importancia_dict.items(), key=lambda x: x[1], reverse=True))

    print("\n=== Importancia de Variables ===")
    print("Variable      Importancia")
    print("-" * 35)
    for var, imp in importancia_ordenada.items():
        print(f"{var:<20} {imp:.4f}")

def main():
    # Generar datos
    np.random.seed(42)
    datos = generar_datos_sinteticos()

    # Definir nombres de características
    feature_names = ['temperatura', 'humedad', 'niveles_co2']

    # Preparar datos
    X = datos[feature_names]
    y = datos['vpd']

    # División de datos
    X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

    # Crear y entrenar modelo
    modelo_rf = RandomForestRegressor(n_estimators=100, max_depth=10, random_state=42)
    modelo_rf.fit(X_train, y_train)

    # Evaluación
    y_pred = modelo_rf.predict(X_test)
    error_cuadratico_medio = mean_squared_error(y_test, y_pred)
    r2 = r2_score(y_test, y_pred)

    # Mostrar resultados de evaluación
    print("\n=== Métricas de Evaluación del Modelo ===")
    print(f"Error Cuadrático Medio: {error_cuadratico_medio:.4f}")
    print(f"Coeficiente de Determinación (R²): {r2:.4f}")

    # Mostrar importancia de variables
    mostrar_importancia_variables(modelo_rf, feature_names)

    # Pruebas con diferentes condiciones
    condiciones_prueba = [

```

```
{'temp': 20, 'hum': 70, 'co2': 600}, # Condiciones ideales
{'temp': 24, 'hum': 90, 'co2': 600}, # Temperatura alta
{'temp': 17, 'hum': 50, 'co2': 600} # Temperatura baja
]

print("\n=== Pruebas de predicción para cultivo de lechuga ===")
for i, cond in enumerate(condiciones_prueba, 1):
    resultado = predecir_condiciones(cond['temp'], cond['hum'], cond['co2'],
                                     modelo_rf, feature_names)
    print(f"\nPrueba #{i}")
    print("-" * 40)
    print(f"Condiciones:")
    print(f"- Temperatura: {cond['temp']}°C")
    print(f"- Humedad: {cond['hum']}%")
    print(f"- CO2: {cond['co2']} ppm")
    print(f"\nResultados:")
    print(f"- VPD predicho: {resultado['vdp_predicho']:.2f} kPa")
    print(f"- ¿Condiciones óptimas?: {'Sí' if resultado['es_optimo'] else 'No'}")
    print(f"- Recomendaciones: {' '.join(resultado['recomendaciones'])}")

if __name__ == "__main__":
    main()
```

OBJETIVO DEL MODELO:

Predecir y optimizar condiciones de cultivo de lechuga en invernadero

RANGOS ÓPTIMOS:

- Temperatura: 18-22°C
- VPD: 0.4-0.8 kPa

VARIABLES DE ENTRADA:

- temperatura (°C)
- humedad (%)
- niveles_co2 (ppm)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El modelo de Random Forest mostró un rendimiento aceptable con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.99 para la predicción de VPD. El error cuadrático medio (MSE) de 0.0001 indica una alta precisión en las predicciones. La importancia relativa de las variables identificó a la temperatura como el factor más influyente, seguido por la humedad relativa.

Tabla 2 Resultados. Rangos óptimos para lechuga (Temperatura: 18-22°C, VPD: 0.4-0.8 kPa) utilizando Random Forest Regressor

```
=== Métricas de Evaluación del Modelo ===
Error Cuadrático Medio: 0.0001
Coeficiente de Determinación ( $R^2$ ): 0.9980
=== Importancia de Variables ===
Variable      Importancia
-----
humedad       0.7805
temperatura   0.2185
niveles_co2   0.0010
=== Pruebas de predicción para cultivo de lechuga ===
```

Prueba #1

Condiciones:

- Temperatura: 20°C
- Humedad: 70%
- CO2: 600 ppm

Resultados:

- VPD predicho: 0.73 kPa
- ¿Condiciones óptimas?: Sí
- Recomendaciones: Condiciones óptimas para el cultivo de lechuga

Prueba #2

Condiciones:

- Temperatura: 24°C
- Humedad: 90%
- CO2: 600 ppm

Resultados:

- VPD predicho: 0.44 kPa
- ¿Condiciones óptimas?: No
- Recomendaciones: Reducir temperatura del invernadero

Prueba #3

Condiciones:

- Temperatura: 17°C
- Humedad: 50%
- CO2: 600 ppm

Resultados:

- VPD predicho: 0.76 kPa
- ¿Condiciones óptimas?: No
- Recomendaciones: Aumentar temperatura del invernadero

El modelo de Random Forest mostró un rendimiento aceptable con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.99 para la predicción de VPD. El error cuadrático medio (MSE) de 0.0001 indica una alta precisión en las predicciones. La importancia relativa de las variables identificó a la temperatura como el factor más influyente, seguido por la humedad relativa.

CONCLUSIONES

Esta implementación representa un avance significativo en la automatización y precisión del control ambiental en agricultura protegida, estableciendo un precedente para futuras aplicaciones de machine learning en sistemas agrícolas controlados.

REFERENCIAS

- Abdelkhalik, A., Pascual, B., Nájera, I., Domene, M. A., Baixauli, C., & Pascual-Seva, N. (2020). Effects of deficit irrigation on the yield and irrigation water use efficiency of drip-irrigated sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under Mediterranean conditions. *Irrigation Science*, 38(1), 89–104. <https://doi.org/10.1007/s00271-019-00655-1>
- Cletus, F., & John, A. E. (2024). Comparative Analysis Of Machine Learning Models For Greenhouse Microclimate Prediction. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 4(1), 162–175. <https://doi.org/10.47709/brilliance.v4i1.3783>
- Garcia-Caparros, P., Contreras, J. I., Baeza, R., Segura, M. L., & Lao, M. T. (2017). Integral management of irrigation water in intensive horticultural systems of Almería. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 9, Issue 12). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su9122271>
- Iwabuchi, K., Saito, G., Goto, E., & Takakura, T. (1996). EFFECT OF VAPOR PRESSURE DEFICIT ON SPINACH GROWTH UNDER HYPOBARIC CONDITIONS. *Acta Horticulturae*, 440, 60–64. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1996.440.11>
- Milošević, T., Milošević, N., Glišić, I., & Mladenović, J. (2012). Fruit quality attributes of blackberry grown under limited environmental conditions. *Plant, Soil and Environment*, 58(7), 322–327. <https://doi.org/10.17221/33/2012-pse>
- Shamshiri, R. R., Jones, J. W., Thorp, K. R., Ahmad, D., Man, H. C., & Taheri, S. (2018). Review of optimum temperature, humidity, and vapour pressure deficit for microclimate evaluation and control in greenhouse cultivation of tomato: A review. In *International Agrophysics* (Vol. 32, Issue 2, pp. 287–302). Walter de Gruyter GmbH. <https://doi.org/10.1515/intag-2017-0005>
- Zhang, X., He, D., Niu, G., Yan, Z., & Song, J. (2018). Effects of environment lighting on the growth, photosynthesis, and quality of hydroponic lettuce in a plant factory. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11(2), 33–40. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20181102.3420>

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN Y VISUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN DE CULTIVOS.

Figueroa Martínez Armando, Martínez Nolasco Coral, López González Luis Alberto, Martínez Nolasco Juan José, Sámano Ortega Víctor Manuel, Cristal Yoselin Moreno Aguilera

Instituto tecnológico de Celaya Antonio García Cubas 600, Fovissste, 38010
Celaya, Gto. M2403011@itcelaya.edu.mx

RESUMEN

El artículo presenta el desarrollo e implementación de un sistema de gestión y visualización de información de cultivos, diseñado para optimizar consulta y reducir los errores en su manejo además de aumentar la escalabilidad. Este sistema no incluye sensores, sino que se enfoca en el manejo y visualización de información mediante bases de datos y aplicaciones web.

Se utilizó almacenamiento en la nube por su accesibilidad y escalabilidad, optando por PostgreSQL en IONOS como gestor de base de datos. La arquitectura del sistema comprende un servidor Apache, programación con PHP y HTML, y herramientas como MobaXterm para administración remota. El sistema permite gestionar información clave como el estado del riego, identificación de cultivos y seguimiento de macetas. El desarrollo incluyó cinco etapas: configuración del servidor, diseño e implementación de la base de datos, desarrollo del backend y creación de una interfaz intuitiva para el usuario. El resultado es una herramienta personalizable y escalable que facilita el monitoreo de cultivos, ofreciendo ventajas frente a soluciones comunes como Excel o Google Sheets. Este enfoque proporciona un sistema robusto y eficiente para la gestión de datos agrícolas, adaptándose a las necesidades específicas de los usuarios y contribuyendo a una administración más organizada y menos propensa a errores.

Palabras clave: Gestión, cultivos, información, visualización, página web.

ABSTRACT

This article presents the development and implementation of a crop management and information visualization system designed to optimize data consultation, reduce handling errors, and enhance scalability. The system does not integrate sensors but focuses on managing and visualizing information through databases and web applications. Cloud storage was selected for its accessibility and scalability, with PostgreSQL on IONOS chosen as the database management system. The system architecture includes an Apache server, PHP and HTML programming, and MobaXterm for remote administration. It manages key information such as irrigation status, crop identification, and pot monitoring. The development process consisted of five stages: server configuration, database design and implementation, backend development, and the creation of a user-friendly interface. The resulting tool is customizable and scalable, simplifying crop monitoring and offering advantages over common solutions like Excel or Google Sheets. This approach provides a robust and efficient system for agricultural data management, tailored to specific user needs and contributing to a more organized and error-resistant administration process.

Keywords: *Management, crops, information, visualization, webpage.*

INTRODUCCIÓN

La agricultura se ha mantenido en evolución constante, la incorporación de tecnologías como los sensores remotos y actuadores, han permitido el surgimiento de la agricultura inteligente. El uso de este tipo de herramientas permite un monitoreo y control precisos de las variables ambientales, apoyando a una mejor producción (Khoa et al., 2019)

Por otro lado, la implementación de actuadores automatizados permite mejorar la gestión de aspectos relevantes como sistemas de riego o de fertilización, de manera que se busca una mejor adaptación a las necesidades específicas de las plantas y así, reducir el desperdicio de recursos. La conjunción de estos dispositivos y metodologías representa un avance hacia una agricultura más sostenible y productiva (Jaliyagoda et al., 2023). Aunque en muchos casos la automatización puede lograr suplir la parte humana en la agricultura, la toma de decisiones aún es

una faceta que no está al 100% cubierta, si bien, la inteligencia artificial puede en ocasiones lograr un nivel elevado de autonomía, la supervisión humana requiere integrarse en algún punto ya sea como supervisión o en el análisis de resultados finales. En este sentido, la supervisión humana ayuda a garantizar la calidad, mantener directrices de ética y tener adaptación a nuevos escenarios en sistemas automatizados. Según un estudio de *Frontiers in Plant Science*, la inclusión de la inteligencia artificial en la agricultura requiere la colaboración de manera paralela con humanos y máquinas para abordar las variabilidades del entorno (Moratinos, 2022).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) menciona que la automatización reduce la necesidad de mano de obra en la agricultura, no obstante, la supervisión humana juega un papel importante en la sostenibilidad y la eficiencia (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022).

Dicho lo anterior, se buscaron herramientas que apoyen en la supervisión y acompañamiento humano de las tecnologías aplicadas a cultivos, se concluyó que estas herramientas podrían ser Las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TICs), estas se encargan de la generación de bienes y servicios que logran el procesamiento-comunicación de datos basados en medios electrónicos que permiten a los usuarios y sistemas inteligentes la transmisión, almacenamiento y despliegue de la información (Martínez Villalobos et al., 2018).

Existen herramientas a nivel industrial para la recopilación o manejo de datos como la farmOS. FarmOS se describe como: *“una aplicación basada en la web para la gestión, planificación y registro de granjas guarda”. Es desarrollado por una comunidad de agricultores, desarrolladores, investigadores y organizaciones con el objetivo de proporcionar una plataforma estándar para la agricultura recopilación y gestión de datos*” (Michael Stenta., 2024). *Akkerweb*, es un proyecto OpenSource de datos recopilados de manera genérica aplicables a la agricultura de precisión, en este proyecto pueden encontrarse mapas de fondo, servicios para datos

meteorológicos, imágenes satelitales, mapas de suelos, polígonos de cultivos, etc (Thomas H. Been et al., 2023).

De lo anterior, un sistema de gestión y visualización de datos permite recopilar y presentar información, además se convierte en el enlace entre las tecnologías autónomas y las tareas humanas. De esta manera se logra el monitoreo y la adaptación con nuevas estrategias para gestionar los cultivos basándose en los datos que se recopilan y en previsiones basadas en los mismos.

El presente trabajo tiene como objetivo el manejo y gestión de datos de cultivos en cámara de crecimiento mediante el uso de bases de datos y aplicaciones web. Dentro de los aspectos que más relevantes en este trabajo están la opción de visualización de imágenes segmentadas, datos de riego, identificación de cultivos y el estado de las macetas de cada cultivo. Al realizar este enfoque en la gestión de cultivos se permite una consulta intuitiva, la posibilidad de personalización y la escalabilidad del sistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

Inicialmente, se seleccionó la herramienta de almacenamiento de datos, para ello se consideraron 3 estrategias para el manejo de información. Se seleccionó el almacenamiento en la nube debido a la independencia del hardware, la facilidad de acceso remoto y el mantenimiento limitado que se requeriría. En la Tabla 1, se muestra un resumen comparativo de las estrategias de almacenamiento de información.

Tabla 1 Comparativa de estrategias de almacenamiento de datos.

Característica	Almacenamiento Local	Almacenamiento en la Nube	Almacenamiento Híbrido
Costo Inicial	Alto (servidores, mantenimiento físico)	Bajo a medio (pago por uso)	Medio (configuración en ambas plataformas)
Escalabilidad	Limitada por hardware disponible	Alta (escalable a demanda)	Moderada, ajustable en ambos entornos

Flexibilidad de Acceso	Limitada a la red local	Alta (acceso desde cualquier ubicación)	Alta para datos en la nube; moderada para datos locales
Seguridad	Alta (control físico de datos)	Alta (protecciones de proveedores de nube)	Alta, permite control físico y en la nube
Latencia de Acceso a Datos	Baja en red local	Moderada, dependiendo de conexión	Baja para datos locales, moderada para datos en la nube
Mantenimiento y Soporte	Necesario (equipos propios actualizaciones)	Bajo (gestión en manos del proveedor)	Medio (mantenimiento compartido)
Gestión de Recuperación ante Desastres	Limitada, depende de respaldos físicos	Alta (replicación en diferentes regiones)	Alta para datos en la nube; moderada localmente
Ejemplo de Tecnología	PostgreSQL en un servidor dedicado	AWS RDS, Azure SQL Database, Google Cloud SQL	PostgreSQL local y Google Cloud SQL sincronizado

Se realizó una comparativa entre distintas plataformas de almacenamiento en la nube. Amazon RDS, Google Cloud SQL y MongoDB Atlas ofrecen alta escalabilidad y pago por uso, pero presentan un control de configuración limitado. Amazon RDS y Google Cloud SQL se integran con sus respectivos ecosistemas (AWS y Google Cloud), mientras que MongoDB Atlas destaca en escalabilidad horizontal, pero es no relacional. Después del análisis se seleccionó PostgreSQL en IONOS por ser un gestor de base de datos relacional con configuración personalizada, bajo costo, capacidad de escalamiento moderado y además facilita la integración con otros servicios.

La siguiente parte del desarrollo fue el montaje y puesta en marcha de los diversos componentes del sistema de gestión de información, este proceso se realizó haciendo uso de diversas herramientas.

1. Apache server: Software de servidor web que permite a los usuarios la gestión y creación de sitios web.
2. HTML: HyperText Markup Language, es un lenguaje de marcado usado para estructurar el contenido de una página web.
3. Php: Lenguaje de programación especialmente utilizado para el desarrollo web. Se integra en la creación de sitios web dinámicos y aplicaciones en el servidor.
4. MobaXterm: Una herramienta avanzada para la administración de sistemas y acceso remoto.

La integración de las tecnologías anteriormente mencionadas observa en la Figura 1, cabe destacar que el servidor es el punto de partida de toda interacción entre el software y las herramientas a utilizarse, la ruta vertical ejemplifica el seguimiento que se realiza por parte de la información para desplegarse en un navegador web.

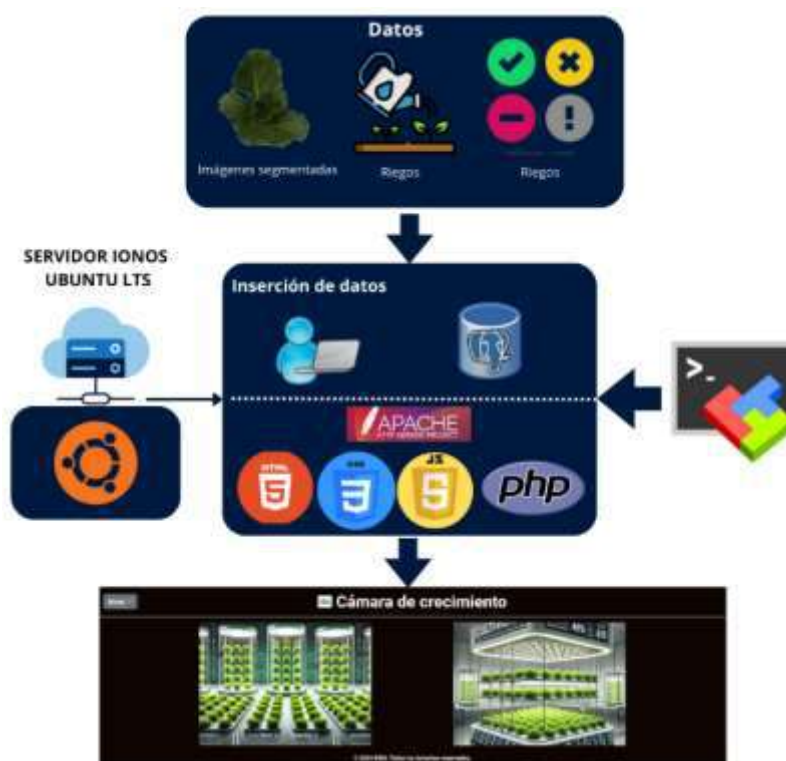


Figura 1 Diagrama descriptivo de sistema.

El desarrollo del sistema de información se realizó en cinco etapas clave para garantizar una estructura eficiente y funcional. Primero, se configuró un servidor en la nube, proporcionando un entorno seguro y escalable para alojar el sistema. Luego, se diseñó y estructuró la base de datos, estableciendo un modelo optimizado para gestionar la información de manera eficaz.

En la tercera etapa, se implementó esta base de datos en el servidor, lo que permitió la recolección y almacenamiento de datos esenciales para alimentar el sistema. Las dos etapas finales consistieron en el desarrollo del backend, donde se implementaron las funcionalidades de procesamiento y comunicación con la base

de datos, y en el desarrollo del frontend, se creó una interfaz amigable para que los usuarios pudieran interactuar fácilmente con el sistema. Este enfoque estructurado permitió construir un sistema robusto, seguro y fácil de usar, optimizando tanto la gestión de la información como la experiencia del usuario, tal como se representa en la Figura 2.

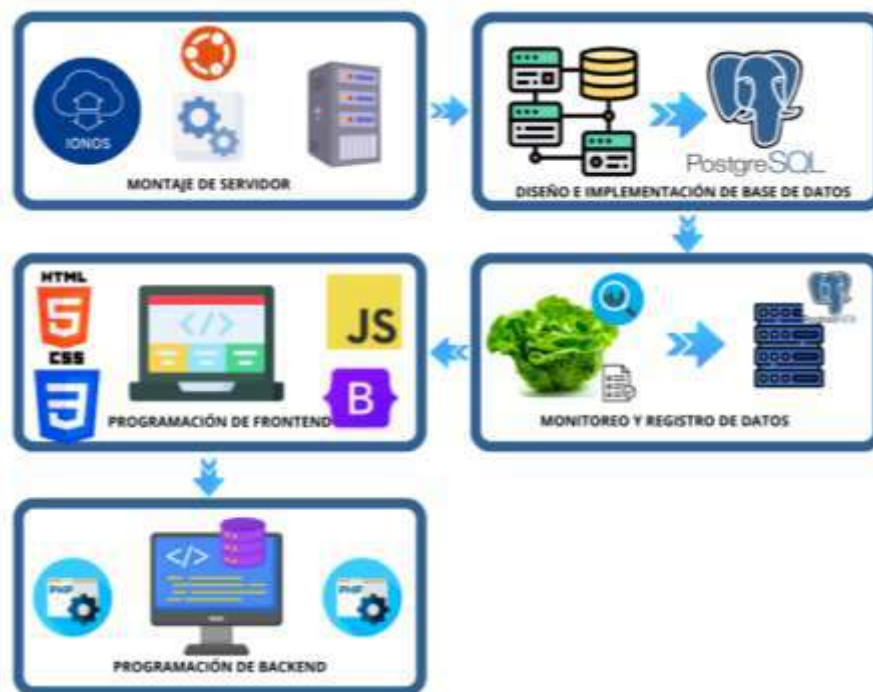


Figura 2 Diagrama descriptivo de sistema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una parte primordial del sistema de gestión es el desarrollo de la base de datos, para esto, se considera una base de datos relacional que contiene datos sobre: la altura, riegos, estado de la planta, cultivo, entre otros. La Figura 3 muestra las tablas consideradas, así como los campos de estas.



Figura 3 Tablas base del sistema.

Parte importante de este trabajo es la capacidad de almacenamiento, la metodología seleccionada muestra capacidad de escalamiento hasta llegar a los terabytes, las herramientas populares de gestión de datos como Google sheets tiene un límite de 10 millones de celdas en total, lo cual puede ser insuficiente para grandes volúmenes de datos (Google, 2024) mientras que la herramienta Excel de Microsoft posee una capacidad de hasta 1,048,576 filas y 16,384 columnas por hoja (Microsoft, 2024).

El sistema de gestión propuesto permite la fiabilidad y consistencia mediante ACID, que se refiere a la atomicidad de las transacciones, es decir, que el sistema permite que se lleven a cabo las operaciones atómicas, debido a que las repeticiones en las herramientas de uso común como Google sheet y Excel requieren configuraciones especiales para el lograr evitar repeticiones en datos, almacenamiento incompleto de datos, gestión de operaciones para evitar falta o exceso de información.

Dentro de los resultados cualitativos se tiene la página web y subpáginas de despliegue de información, la Figura 4 muestra la página principal del sistema, en ella se tienen 2 cultivos ejemplificativos de lechugas en macetas a los cuales se le da seguimiento dentro de una cámara de crecimiento.



Figura 4 Página principal del sistema.

Las demás páginas contienen información específica y general como el riego de cultivo y la visualización de imágenes segmentadas de los cultivos, como se muestra en la Figura 5.

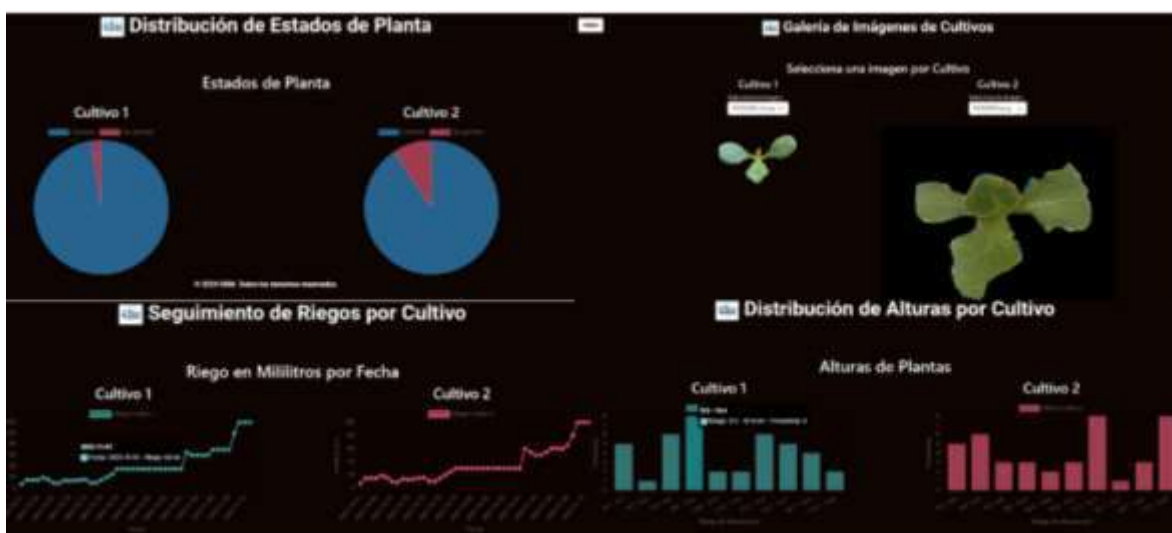


Figura 5 Página principal del sistema.

CONCLUSIONES

Tras el desarrollo y comparativa del sistema con otras tecnologías existentes se puede observar que este enfoque presenta ventajas como la personalización, capacidad de mayor manejo de datos, así como una mejor organización y menor susceptibilidad a errores o pérdida de información.

Es destacable que existen áreas de oportunidad en la implementación, ya que el manejo de otras herramientas es menos complejo en términos de vaciado de información o puesta en marcha, sin embargo, una vez se pone a punto un sistema como el propuesto la facilidad de consulta de datos es mayor y la adaptabilidad a diversos cambios a lo largo del tiempo es una tarea menos compleja.

LITERATURA CITADA

- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). ¿Por qué necesitamos aprovechar la automatización agrícola? Comprensión de los principales factores. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/ed1c25f3-d755-4e8d-9ffc-75b01d09fbd2/content/sofa-2022/agrifood-systems-transformation-automation.html>
- Jaliyagoda, N., Lokuge, S., Gunathilake, P. M. P. C., Amaratunga, K. S. P., Weerakkody, W. A. P., Bandaranayake, P. C. G., & Bandaranayake, A. U. (2023). Internet of things (IoT) for smart agriculture: Assembling and assessment of a low-cost IoT system for polytunnels. PLoS ONE, 18(5 May). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278440>
- Khoa, T. A., Man, M. M., Nguyen, T. Y., Nguyen, V. D., & Nam, N. H. (2019). Smart agriculture using IoT multi-sensors: A novel watering management system. Journal of Sensor and Actuator Networks, 8(3). <https://doi.org/10.3390/jsan8030045>
- Martínez Villalobos, G., Flórez Méndez, D., & Bravo Osorio, N. (2018). Desarrollo de un sistema web y móvil para la gestión de cultivos agrícolas. Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad, 10(18), 151–166. <https://doi.org/10.22430/21457778.669>
- Michael Stenta. (2024). farmOS. <https://farmos.org/>
- Moratinos, G. L. (2022). SISTEMAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA ASISTENCIA SANITARIA: CÓMO GARANTIZAR LA SUPERVISIÓN HUMANA DESDE LA NORMATIVA DE PROTECCIÓN DE DATOS.

https://portal.mineco.gob.es/RecursosArticulo/mineco/ministerio/ficheros/201202_ENIA_V1_0.p

Thomas H. Been, Corné Kempenaar, Frits K. van Evert, Idse E. Hoving, Geert J. T. Kessel, Willem Dantuma, Johan A. Booij, Leendert P. G. Molendijk, Fedde D. Sijbrandij, & Koen van Boheemen. (2023). Akkerweb and farmmaps: Development of Open Service Platforms for Precision Agriculture. *Precision Agriculture: Modelling*, 269–293. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-031-15258-0_16

Google. (2022, 14 de marzo). La hojas de Google Sheets que no acepta más de 44 mil celdas. Foro de ayuda de Google Docs. <https://support.google.com/docs/thread/208812094/la-hojas-de-google-sheets-que-no-acepta-mas-de-44-mil-celdas?hl=es-419>

Microsoft. (s. f.). Especificaciones y límites de Excel. Soporte técnico de Microsoft. <https://support.microsoft.com/es-es/office/especificaciones-y-l%C3%ADmites-de-excel-1672b34d-7043-467e-8e27-269d656771c3>

IMPORTANCIA Y DIVERSIDAD ARBÓREA EN TRES LOCALIDADES DE LA SIERRA DE ZONGOLICA, VERACRUZ

Rosalío López-Morgado^{1*}, Rolando M. Tlaxcala-Méndez², M. de Carmen Pablo-Mendoza³, Eileem Salinas-Cruz⁴ y Martín Aquino Ramírez⁵

¹Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla/ S.E. Teocelo, ²Investigador, Campo Experimental El Palmar, ³Investigadora, Campo Experimental Ixtacuaco, ⁴Investigadora, Campo Experimental Centro de Chiapas y

⁵Investigador, Campo Experimental Edzna. *Autor para correspondencia:

tlaxcala.rolando@inifap.gob.mx

RESUMEN

En México hay áreas dedicadas al cultivo de café donde los cafeticultores han creado agroecosistemas variados, combinando especies arbóreas, arbustivas y herbáceas junto con el café, basándose en conocimientos tradicionales. Este conocimiento sobre la diversidad de árboles en los sistemas agroforestales de café (SAF-Café), fundamenta el rol de estos árboles con las necesidades de los productores. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue estudiar la estructura y diversidad arbórea en nueve unidades de producción (UP) de café *Coffea arabica* (L.) a fin de examinar la estructura arbórea global, utilizándose los índices de valor de importancia (IVI), de valor forestal (IVF), de valor de Importancia familiar (IVIF) e índices de diversidad de la riqueza específica simple (S), Equidad de Pielou (E) y diversidad de Shannon (H). El estudio se hizo en la región de Zongolica, Veracruz, registrándose variables dasonómicas e identificando taxonómicamente los árboles. Los resultados mostraron que a nivel global la riqueza específica fue de 36 especies, donde el vainillo *Inga vera* destacó en el IVI e IVF, siendo la familia fabaceae la de mayor importancia en el IVIF. Teniéndose finalmente, una equidad de Pielou de 0.875 y un índice de diversidad de Shannon de 3.18.

Palabras clave: IVI, IVF, IVIF, Shannon, Pielou.

ABSTRACT

In Mexico, there are areas dedicated to coffee cultivation where coffee growers have created varied agroecosystems, combining tree, shrub and herbaceous species with coffee, based on traditional knowledge. This knowledge about tree diversity in coffee agroforestry systems (Coffee-Agroforestry Systems) supports the role of these trees with the needs of producers. Therefore, the objective of this work was to study the tree structure and diversity in nine production units (PU) of *Coffea arabica* (L.) coffee in order to examine the global tree structure, using the importance value indices (IVI), forest value (IVF), family importance value (IVIF) and diversity indices of simple specific richness (S), Pielou Equity (E) and Shannon diversity (H). The study was carried out in the region of Zongolica, Veracruz, recording forest variables and taxonomically identifying the trees. The results showed that at a global level the specific richness was 36 species, where the vanilla *Inga vera* stood out in the IVI and IVF, with the Fabaceae family being the most important in the IVIF. Finally, there was a Pielou equity of 0.875 and a Shannon diversity index of 3.18.

Keywords: *IVI, IVF, IVIF, Shannon, Pielou.*

INTRODUCCIÓN

La cafeticultura mexicana es de importancia social, ambiental y económica, ya que su producción da empleo a más de 500 mil familias productoras del aromático en 480 municipios de 15 entidades (SADER, 2022). Asimismo, la producción de café en México se lleva a cabo principalmente bajo un estrato de sombreado con especies arbóreas frutales, forestales maderables o plátanos; que conservan parte de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas de vegetación primaria que fueron reemplazados por este cultivo (López *et al.*, 2013).

En México, el café se produce bajo modalidades que van desde sombra diversificada, a base de árboles de la vegetación original, hasta policultivos comerciales con especies arbóreas frutales, forestales maderables y/o plátanos; también se observan sistemas especializados con sombra monoespecífica, por lo que los cafetales son agroecosistemas ecológicamente relevantes, pues más del

95% de la superficie cultivada con cafetos están bajo sombra, contribuyendo a proveer servicios ecosistémicos (Moguel y Toledo, 1999; Vandermeer, 2003). El Sistema Rustico presenta mayor complejidad por su diversidad y composición de especies, contrastando con el sistema de producción a “Pleno Sol”, donde sólo el café y las arvenses interactúan con el ambiente, siendo sistemas intermedios, en cuanto a riqueza de especies, los cafetales bajo policultivo tradicional y policultivo comercial (Toledo y Moguel, 2012).

Cómo se observa, la mayoría de los sistemas de manejo de café tienen como distintivo común la presencia de árboles, bajo SAF-Café, cuyo fundamento está basado más en saberes campesinos (Budowski, 1993), Pero el conocimiento que los productores tienen sobre el manejo silvícola del estrato arbóreo de sombreado, es aún insuficiente (Muschler, 2000). Los cafetales con alrededor del 50% de sombra, en comparación con los que están a pleno sol; producen menos café, pero requieren menos inversión (Faminow y Ariza, 2001). Así mismo, los SAF-Café también posibilitan altos niveles de fructificación, si se mantiene en niveles óptimos la intensidad del sombreado (Farfán y Sánchez, 2016). En esta tesitura, es de vital importancia considerar como parte del agroecosistema, el subsistema de sombra; en éste se pueden contemplar especies para el sombreado temporal, semipermanente y permanente, tomando en cuenta estos aspectos desde el trazo del cafetal a establecer (López *et al.*, 2013). Muchas de las especies forestales maderables locales, están en riesgo por no contar con estudios que documenten sus bondades, aprovechándose el cafetal como espacio de conservación de recursos genéticos forestales locales (García *et al.*, 2020).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se realizó en nueve unidades de producción (UP) de café, ubicándose tres UP's en cada una de las localidades de Atempa, Mpio. de Tequila y Palapa y Tepetlixpa, Mpio de Zongolica del estado de Veracruz (Figura 1). El clima es semicálido húmedo con lluvias todo el año (Acf), altitud de 1,109 m a 1,553 m; la topografía es de sierra de cumbres tendidas, con predominancia de tipos de suelos luvisoles y acrisoles (INEGI, 2009).

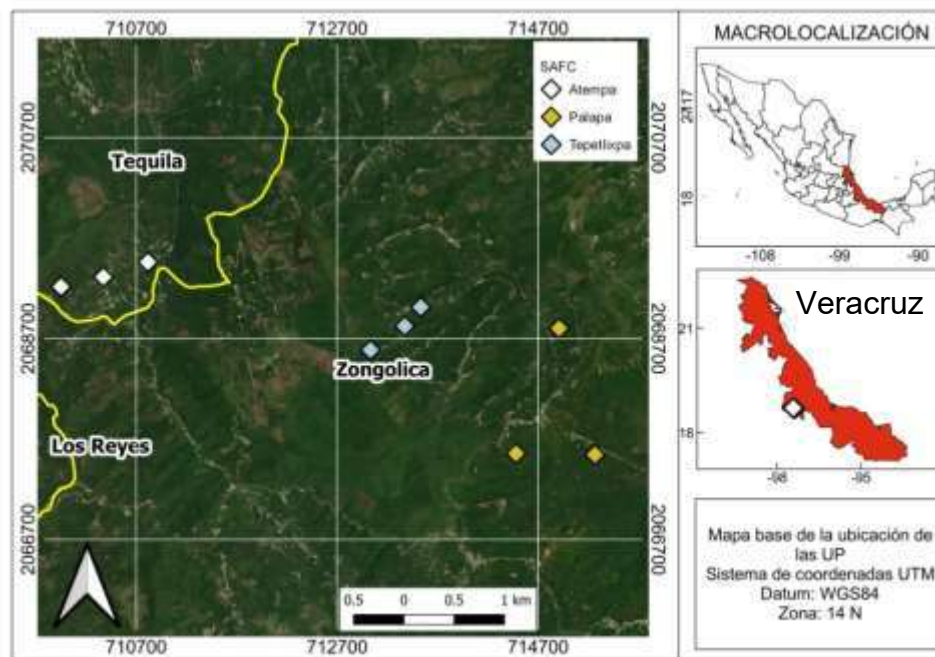


Figura 1.- Ubicación de las unidades de producción (UP) en Tequila y Zongolica.

Índices empleados para evaluar la estructura arbórea a nivel global. A cada árbol se le determinó su abundancia relativa, dominancia relativa y frecuencia relativa para obtener el Índice de Valor de Importancia (IVI) por especie. Asimismo, a fin de evaluar la estructura bidimensional de la vegetación arbórea, se calculó el Índice de Valor Forestal (IVF), que considera el diámetro normal relativo, la altura total relativa y la cobertura relativa. Además, se determinó la importancia ecológica relativa de las familias mediante el Índice de Valor de Importancia Familiar (IVIF), conforme a García *et al.*, en 2015 (Cuadro 1). En los cálculos referidos se empleó la herramienta de tablas dinámicas del Excel.

Diversidad de especies a nivel sitio, localidad y global. Se realizó el conteo de árboles por unidad de muestreo (UM) para calcular la abundancia, también se contabilizó el número de especies en cada UM a fin de obtener la riqueza específica. Fue estimado el indicador de equidad de Pielou. El valor de diversidad se estimó con el índice de Shannon, ampliamente usado en los SAF-Café (Ruiz *et al.*, 2020; Villavicencio *et al.*, 2003).

Cuadro 1.- Índices estructurales para evaluar la vegetación arbórea en los SAF-Café a escala global.

Estructura	Nivel taxonómico	Ecuación	Ecuación
Horizontal	Especie	$IVI = A_i + F_i + D_i$	1
Horizontal y Vertical	Especie	$IVF = DN_i + H_i + CC_i$	2
Horizontal	Familia	$IVIF = A_j + D_j + Div_j$	3

Dónde: A_i es la abundancia relativa de la especie i (%); F_i es la frecuencia relativa de la especie i (%); D_i es la dominancia relativa de la especie i (%); DN_i es el diámetro normal relativo de la especie i (%); H_i es la altura relativa de la especie i (%) y CC_i es la cobertura de copa relativa de la especie i (%); A_j es la abundancia relativa de la familia j (%); D_j es la dominancia relativa de la familia j (%) y Div_j es la diversidad relativa de la familia j (%).

Para finalizar, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor (localidad) para examinar las diferencias en las medias de la riqueza, Equidad de Pielou y Diversidad de Shannon a una probabilidad de rechazo de $p \leq 0.05$. Sus ecuaciones se muestran en el Cuadro 2.}

Cuadro 2. Ecuaciones para los cálculos de riqueza, equidad y diversidad.

Estimaciones	Formula	Ecuación
Riqueza específica	$R_s = S$	4
Equidad de Pielou	$E = H / \ln S$	5
Diversidad de Shannon	$H = - \sum p_i \times \ln p_i$	6

Dónde: $\sum P_i$ es la sumatoria de las abundancias relativas de cada especie; S es el número de especies presentes y $\ln$ es el logaritmo natural.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estructura. A nivel global en los SAF-Café se registraron 198 árboles de sombra pertenecientes a 36 especies, en cuanto a la importancia estructural en el IVI, el vainillo (*Inga vera*) es la especie más abundante con 27 individuos encontrados y la más frecuente al observarse en 15 UM, permitiéndole ser la especie con mayor importancia ecológica relativa en el IVI debido a que los productores la prefieren

por el buen sombreado que proporciona a los cafetos, el aporte de materia orgánica y por la fijación de nitrógeno al ser una leguminosa. Asimismo, el ixpepe (*Trema micranta*) es la segunda especie más importante por su presencia en 10 UM y 16 individuos observados, es preferida para la producción de leña y para el sombreado de los cafetos, además es una especie que proporciona alimento a las aves por su alta producción de frutos; con el tercer lugar en el IVI se encuentra la cucharilla (*Clethra mexicana*) se encontraron 17 árboles en 9 UM, es preferida para la producción de leña y la madera es usada para la construcción de casas rusticas y en cuarto lugar la naranja (*Citrus* sp.), es apreciada principalmente por su producción de fruta para autoconsumo y para su comercialización en el mercado local principalmente en la temporada de día de muertos, se registraron 14 individuos y fue frecuente en 10 UM.

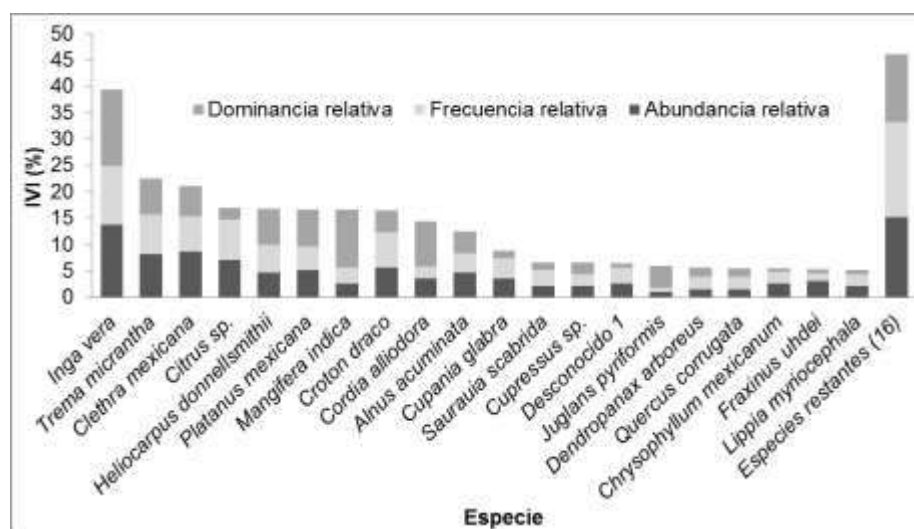


Figura 2.- Índice de Valor de Importancia global al 300%.

En la curva rango abundancia se logra apreciar que las especies de vainillo (*Inga vera*), cucharilla (*Clethra mexicana*), Ixpepe (*Trema micranta*) y naranja (*Citrus* sp.) fueron las más abundantes, esto podría indicar la preferencia que tienen los productores de café por estas especies; por el contrario, se observaron menos de tres individuos en 18 especies por lo que se les puede considerar como raras, entre los que se encuentran *Dalbergia glomerata*, *Quercus* sp., *Diphysa robinoides*, *Liquidambar styraciflua*, *Ocotea puberula*, *Manilkara zapota*, entre otras. Cabe señalar que estas especies raras tienen usos importantes como madera para la

elaboración de muebles, obtención de postes, producción de leña, producción de fruta. La lista de especies registradas en este estudio contribuye al incremento en el conocimiento de especies arbóreas presentes en los SAF-CAFÉ de la Sierra de Zongolica.

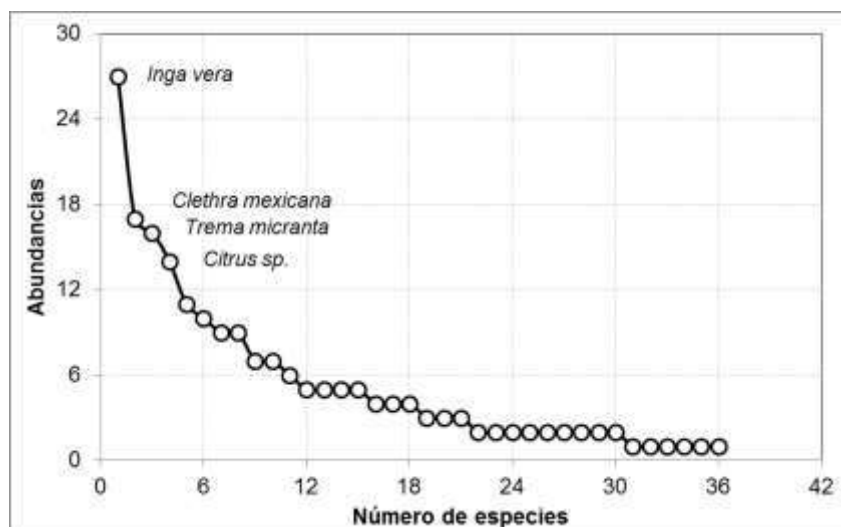


Figura 3.-Curva de rango-abundancia.

Por otro lado, en el IVF las tres primeras especies tuvieron el mismo orden de importancia con el IVI, sin embargo, la cuarta especie con mayor importancia fue el álamo (*Platanus mexicana*), debido a que son árboles dominantes con diámetros promedio de 76.1 cm y solo fueron encontrados en la UM de la localidad de Atempa. *Cordia alliodora* fue la quinta especie con mayor IVF es una especie valorada por los productores porque desarrolla un fuste recto, copa pequeña y fuerte autopoda, además, la madera es apreciada para la fabricación de muebles, por lo tanto, los árboles pueden proporcionar un ingreso adicional al cultivo principal por la venta de la madera. En tanto que la familia de las fabáceas tuvo el mayor IVIF, presentó la mayor diversidad relativa con cuatro especies registradas (*Acrocarpus fraxinifolius*, *Dalbergia glomerata*, *Diphysa robinoides* e *Inga vera*), también es una familia con árboles abundantes y dominantes.

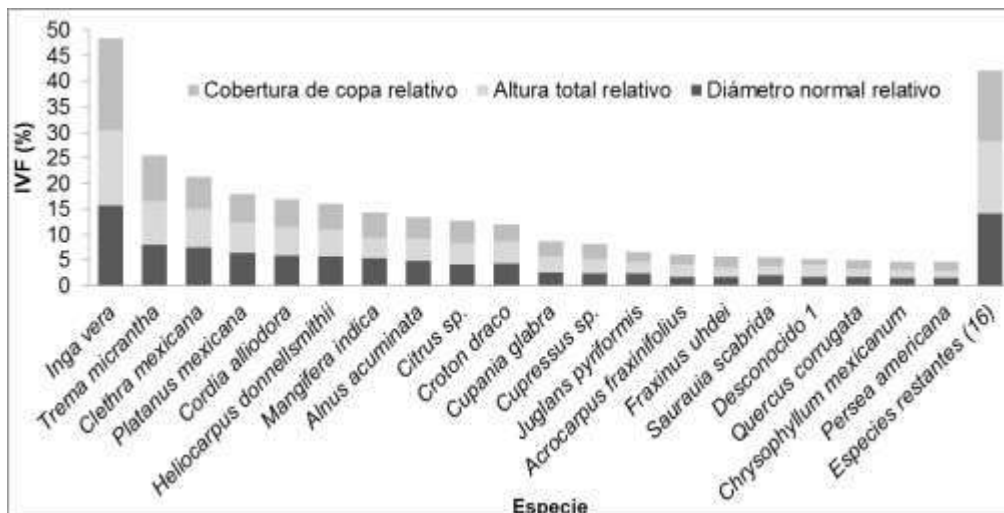


Figura 2.- Índice de Valor de Importancia Forestal global (300%)

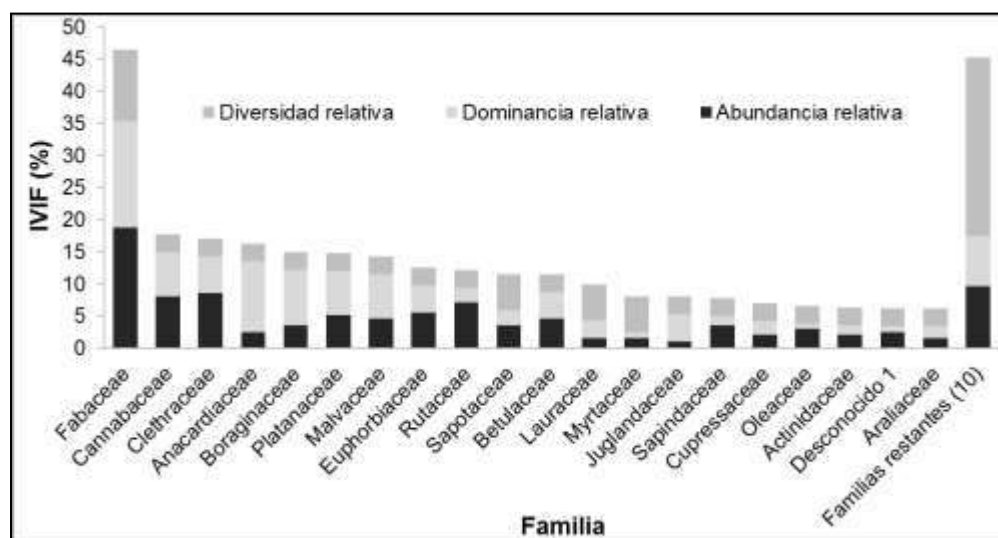


Figura 3.- Índice de Valor de Importancia Familiar (300%)

En segundo lugar, se encuentra la familia de las cannabáceas, debido a la fuerte dominancia y la alta abundancia de *Trema micrantha*, aun cuando tenga baja diversidad con una sola especie. En tercer lugar, de forma similar a la familia Clethraceae está constituida por la especie *Clethra mexicana* y en cuarto lugar a las Anacardiaceas representado por la especie *Mangifera indica*, presenta bajos valores en abundancia; sin embargo, son árboles dominantes con diámetro promedio de 126 cm, colocándolos en las primeras posiciones. Las especies con los mayores índices estructurales difieren con otros estudio realizados en SAF-CAFÉ (García *et al.*, 2015; Villavicencio *et al.*, 2003).

Índices de diversidad. A nivel global la riqueza específica fue de 36 especies, una equidad de Pielou de 0.875 y un índice de diversidad de Shannon de 3.18 mientras que a nivel de UM la riqueza de específica de 4 a 12, la equidad de Pielou 0.89 a 0.98 y en el índice de diversidad de Shannon de 1.32 a 2.34, el ANOVA no presentó diferencias significativas entre localidades en los valores de los índices de Margalef ($p=0.606$), Pielou ($p=0.886$) y Shannon ($p=0.648$).

CONCLUSIONES

1. Cada unidad de producción contribuyó con una porción de las especies de árboles presentes en el área, lo cual podría favorecer la conservación de la diversidad arbórea presente en el estrato de sombreado de los cafetales en las tres comunidades distribuidas en los municipios de Tequila y Zongolica, 2. Las especies más importante en la estructura de los SAF-Café fueron *Inga vera*, *Clethra mexicana* y *Trema micranta*, apreciadas por los productores como fuente de buena sombra, de leña y de madera para usos específicos, y 3. La mayoría de las especies son propias de la vegetación primaria que los cafetales sustituyeron, sin embargo al tener presencia éstas en el agroecosistema café, su conservación podría estar asegurada *in situ* con esta línea de estudios sobre el estrato de sombreado del café.

AGRADECIMIENTO

Proyecto “Evaluación de la producción y rentabilidad financiera de un sistema agroforestal de *Coffea arábica* L. - *Musa* sp. con barreras vivas en la región de Zongolica, Veracruz” con No. SIGI 13405036178.

LITERATURA CITADA

- Budowski, G. (1993). Agroforestería: una disciplina basada en el conocimiento tradicional. *Revista Forestal Centroamericana* 2(3):14-18.
- Faminow, M. D. y E. Ariza R. (2001). Biodiversidad de la flora y de la fauna en los sistemas de café de sombra. Informe a la Comisión para la Cooperación Ambiental. Latin American Regional Office.

- Farfán, V. F. y P. M. Sánchez A. 2016. Densidades de siembra del café Variedad Castillo en sistemas agroforestales, en el departamento de Santander-Colombia. *Revista Cenicafe* 67(1):55-62.
- García M. L., E., J. I. Valdez H., M. Luna C. y R. López M. (2015). Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la Sierra de Atoyac, Veracruz. *Madera y Bosques* 21(3):69-82.
- García, M. L. E., G. M. Bárcenas P. y R. López-Morgado. (2020). Valoración participativa de atributos de especies arbóreas nativas en el sombreado de cafetales. p. 155-176. In: López-Morgado R. y G. Díaz P. Diagnóstico, productividad y ambiente en cafetales: estudios regionales y de caso. Libro Técnico No. 39. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla. Medellín de Bravo, Ver. 409p.
- López, M. R., G. Díaz P., J.G. Salazar G., L.E. García M. y R. A. Guajardo P. (2013). Árboles nativos en el sombreado de cafetales: caso de la zona centro del estado de Veracruz. 1ª Ed. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz. 184 p.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Zongolica, Veracruz de Ignacio de la Llave.
- Lascurain, M., Avendaño, S., Aníbal, A., & Niembro, A. 2010. Guía de frutos silvestres comestibles en Veracruz. Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal, Conafor-Conacyt, México.
- López, M. R., G. Díaz P., J.G. Salazar G., L.E. García M. y R. A. Guajardo P. (2013). Árboles nativos en el sombreado de cafetales: caso de la zona centro del estado de Veracruz. 1ª Ed. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz. 184 p.
- Moguel, P. y V. M. Toledo. (1999). Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13 (1):11-21.
- Muschler, R. G. (2000). Árboles en cafetales. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. CATIE. IICA. Turrialba, Costa Rica. 139 p.

- Niembro, R. A., M. Vázquez y O. Sánchez. 2010. Árboles de Veracruz 100 especies para la reforestación estratégica. Comisión del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Centro de Investigaciones Tropicales. Secretaría de Educación del Estado de Veracruz.
- Ruiz G. P., Gómez D. J., Valdés V. E., Tinoco R. J., Flores O. M. y Monterroso R., A. I. (2020). Caracterización biofísica y de composición estructural en sistemas agroforestales de café orgánico de Veracruz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(2), 37.
- SIAP-SADER (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-SADER). (2023). Anuario estadístico de la producción agrícola. <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>
- Toledo, V. M. y P. Moguel. (2012). Coffee and Sustainability: the multiple values of traditional shaded coffee. *Journal of Sustainable Agriculture* 36(3):353-377.
- Vandermeer, J. H. (2003). The coffee agroecosystem in the neotropics: Combining ecological and economic goals. p. 159-194. In: *Tropical Agroecosystems*. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.
- Villavicencio, E. L. y J. I. Valdez, H. (2003). Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. *Agrociencia* 37(4):413- 423.

INCREMENTO DE SEMILLA Y ESTUDIO PRELIMINAR DE COLECTAS DE FRIJOL NATIVO DEL ESTADO DE GUERRERO, MÉXICO

Jorge Alberto Acosta Gallegos¹, Oscar Martínez Ocampo², Yanet Jiménez Hernández¹, Dulce Pérez Álvarez³, Fátima García Ramírez³ y Brenda Zulema Guerrero Aguilar¹.

¹Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Bajío. ²Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Iguala. ³Estudiante, Tecnológico Nacional de México, Campus Roque.

RESUMEN

Las variedades nativas de frijol representan un recurso genético importante, su uso se intensificará cuando se conozcan sus atributos. Con el objetivo de incrementar su semilla, se establecieron en invernadero 150 colectas de frijol del estado de Guerrero. Se sembraron en suelo húmedo 10 semillas por colecta en parcelas de 0.8 m de longitud el 14 de julio del 2024. Cuarenta y ocho colectas no germinaron, su semilla mostraba daño severo por patógenos y largo tiempo desde su cosecha anterior. Las colectas que germinaron incluyen 88 muestras de frijol común *Phaseolus vulgaris*, siete de ayocote *P. coccineus*, cuatro de comba *P. lunatus* y tres de frijol chino *Vigna unguiculata*. A la fecha no se ha cosechado semilla de alrededor de 30 colectas de ciclo largo de hábito trepador tipo 4b con carga en la parte superior del dosel, incluyendo las de *P. lunatus* y *P. coccineus*. Entre las colectas de *P. vulgaris* ya cosechadas, se distinguieron por su precocidad al madurar entre los 75 y 80 días de la siembra, 13 de hábito determinado del acervo Andino, raza Nueva Granada, incluyen cuatro tipos de grano: cacahuete (9), canario (1), rojo moteado crema (2) y morado suave arriñonado (1). Entre las de hábito indeterminado, de tipos 2 y 3 (arbustivo) y 4 (trepador) se cosecho semilla de 45 colectas, la mayoría de color negro (22), seguidas por rojos, cafés, flor de mayo, bayo y alubia chica, entre otros. Las tres colectas de *V. unguiculata* resultaron con

ciclo intermedio y produjeron semilla de color beige. Las colectas de frijol ayocote y comba iniciaron la floración a los 90 y 100 días después de la siembra, respectivamente. Se continuará la cosecha de las colectas tardías. La semilla se depositará en el Banco de Germoplasma de Frijol del Centro Nacional de Recursos Genéticos.

PALABRAS CLAVE: *Germoplasma de frijol, Phaseolus spp., Vigna unguiculata.*

ABSTRACT

Native bean varieties represent an important genetic resource; their use will intensify when their attributes are known. With the aim of increasing their seed, 150 bean collections from the state of Guerrero were established in a greenhouse. 10 seeds per collection were sown in moist soil in 0.8 m long plots on July 14, 2024. Forty-eight collections did not germinate, their seed showed severe damage by pathogens and a long time since their previous harvest. The collections include 88 samples of common bean *Phaseolus vulgaris*, seven of runner bean *P. coccineus*, four of lime bean *P. lunatus* and three of Chinese bean *Vigna unguiculata*. As of the date of this report, no seed has been harvested from around 30 long-cycle collections of climbing habit type 4b with pod load in the upper part of the canopy, including those from *P. lunatus* and *P. coccineus*. Among the collections of *P. vulgaris* already harvested, distinguished by their earliness, maturing between 75 and 80 days after sowing, there were 13 of determinate growth habit from the Andean gene pool, Nueva Granada race, including four types of grain: Cranberry (9), Canary (1), Red Cream Speckled (2), and Light Red kidney (2). From those of indeterminate habit, types 2 and 3 (shrub) and 4 (climber), seed was harvested from 45 collections, the majority of which were black (22), followed by red, brown, pink, yellow and small white, among others. Three collections of *V. unguiculata* resulted in an intermediate cycle and produced beige seed. The ayocote and lime bean collections began flowering 90 and 100 days after sowing, respectively. The harvest of late collections will continue. The seed obtained will be deposited in the Bean Germplasm Bank of the National Center for Genetic Resources.

KEY WORDS: *Bean germplasm, Phaseolus spp., Vigna unguiculata.*

INTRODUCCIÓN

Las variedades nativas de frijol común, en particular las de hábito indeterminado que se cultivan en asociación con maíz y otras especies, a pesar de presentar amplia riqueza genética, asociada con el conocimiento tradicional, han sido poco estudiadas (García-Hilari et al., 2016). Estas poblaciones, de ciclo de cultivo largo, regularmente se ubican en nichos agroecológicos aislados con condiciones ambientales de humedad, temperatura y suelo favorables. Sin embargo, están sujetas a erosión genética severa por la sustitución de agrosistemas y la introducción de variedades mejoradas, así como por fenómenos socioculturales relacionados con la migración y el abandono de tierras. Algunas poblaciones de frijol del estado de Guerrero tienen un alto valor agregado, ya que se han seleccionado por características de la vaina para aprovecharlas en forma de ejote (frutos frescos) (Solano-Cervantes et al., 2009; Romero-Arenas et al., 2013). En general, estas poblaciones de frijol trepador y ciclo largo han sido poco utilizadas en la mejora genética y los estudios sistemáticos orientados a su conservación y aprovechamiento son escasos en México (García-Hilario et al., 2016). Con el objetivo de incrementar su semilla, se establecieron en invernadero 147 colectas de tres especies de frijol *Phaseolus* y tres de frijol chino *Vigna unguiculata* del estado de Guerrero, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El incremento de semilla de las colectas se realiza en un invernadero en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); ubicado en Celaya, Guanajuato, México (20° 34' N, 100° 50' O y 1765 msnm). El suelo del invernadero es Franco arenoso, con pH 7.18, 0.90% de MO y bajo contenido de Nitrógeno inorgánico 9.18 ppm. Se establecieron 147 colectas de frijol *Phaseolus* (*P. vulgaris*, *P. coccineus* y *P. lunatus*) y tres de frijol Chino *Vigna Unguiculata*. Las colectas provienen de 28 diferentes municipios de cuatro de siete regiones del estado de Guerrero.

Antes de la siembra, las semillas de las colectas se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1% y posteriormente, el 14 de julio, se establecieron en suelo húmedo en tramos de surcos de 0.8 m lineales, separados a 60 cm. Se aplicó fertilización de fondo a razón de 100 Kg/ha de la mezcla 20:30:10 más 20 kg/Ha de micros. Se controlaron plagas como chapulín, mosca blanca y enfermedades como cenicilla que se presentaron debido a la alta humedad y temperatura relativamente alta ocurrida dentro del invernadero durante el ciclo de crecimiento. En cuanto las plantas presentaron vainas maduras, se inició la cosecha en forma manual, colectándose las vainas conforme iban madurando. A la fecha de este reporte la mitad de las colectas que germinaron siguen en pie.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A la fecha de este reporte, no se ha cosechado semilla de alrededor de 30 colectas de ciclo largo de hábito trepador tipo 4b con carga de vainas en la parte superior del dosel. Estas plantas tienen más de 3 m de altura e iniciaron la floración entre los 70 y 75 días después de la siembra (DDS), su producción de biomasa es abundante. Las colectas de *P. coccineus* y *P. lunatus* están más atrasadas en su ciclo, recién iniciaron la floración a los 95 DDS.

Entre las colectas de *P. vulgaris* ya cosechadas, se distinguieron por su precocidad al madurar entre los 75 y 80 días de la siembra, 13 de hábito determinado del acervo Andino, raza Nueva Granada, estas incluyen cuatro tipos de grano: Cacahuatate (9), Canario (1), Rojo Moteado Crema (2), y Morado Suave Arriñonado (1) (Cuadro 1). Entre las de hábito indeterminado, de tipos 2 y 3 (arbustivo) y 4 (trepador) se cosechó semilla de 47 colectas, 22 de color negro, seguidas por rojos, pintos, cafés, flor de mayo, bayo y alubia chica, entre otros. En general, las vainas de las colectas de hábito trepador producen vainas con ocho semillas, mientras que las vainas de las arbustivas producen seis.

En cuanto a la abundancia de frijol de tipo Negro en Guerrero, la preferencia por este tipo de variedades es amplia, por ejemplo, la variedad llamada 'chaparro, planta con guía corta y susceptible a problemas causados por enfermedades, la cual,

según Solano-Rodríguez y Gil-Muñoz (2018) tiene preferencia de siembra por la demanda de los consumidores por el sabor de su grano. También se observaron dos colectas de hábito trepador y ciclo corto a intermedio cuyas vainas de color rojo y semilla café, presentan características de frijol ejotero, como lo mencionaron Romero-Arenas *et al.* (2013), quienes indican se aprovechan en forma de ejote (frutos frescos) en la montaña de Guerrero. En general, las colectas incrementadas, además de las del acervo Andino, incluyen variedades de las tres razas del acervo Mesoamericano de frijol común: Mesoamericana, Jalisco y Durango (Singh *et al.*, 1991).

Cuadro 1. Colectas de frijol del estado de Guerrero que produjeron semilla en invernadero. CEBAJ, Celaya, Guanajuato.

Núm	Municipio	Tipo de grano	PCS(g)	Núm.	Municipio	Tipo de grano	PCS(g)
2	H. Castillo	Rojo	32	63	Chilapa	Negro Opaco	22
4	Acatepec	Cacahuat	62	64	Chilapa	Vigna beige	22
5A	Acatepec	Negro Opaco	33	65	Cuscamila	Negro Opaco	20
5B	Acatepec	Rojo	26	66	Chilapa	Varios	18
6	Acatepec	Cacahuat	52	67	Chilapa	Cacahuat	57
8	Acatepec	Cacahuat	60	70	Chilapa	Rojo	25
9	Atlixac	Negro Opaco	19	71	I. Cuauhtémoc	Cacahuat	40
10	Ahuacotzingo	Negro Opaco	21	74	Acatepec	FM y Rosa C.	34
12	H. Castillo	Cacahuat	42	76	General Canuto	Vigna beige	19
15	Olinala	Pinto	38	83	Teloloapan	Cacahuat	55
17	H. Castillo	Negro Opaco	21	85	Cuetzalan del P	Bayo	60
24	H. Castillo	Negro Opaco	19	86	Apaxtla C	Flor de Mayo	41
25	Atlixac	Pinto	36	89	Apaxtla C	Negro Opaco	22
27	Acatepec	Negro Opaco	18	90	Oxtotitlán	Pinto	32
31	H. Castillo	Negro Opaco	27	92	Ixtepec	Negro Opaco	24
32	H. Castillo	Ng brillante	22	93	Cuetzalan del P	Negro Opaco	23
33A	H. Castillo	Bayo	38	101	Zitlala	Negro Opaco	22
33B	H. Castillo	Pinto	38	102	Ixcapuzalco	Morado y By	28
34	Aplaxtla C.	Pinto	34	110	Quechultenango	Cacahuat	52
35	Malinaltepec	Negro Opaco	18	113	Cuetzalan del P	Franciscano	49
40	Tlapa	Alubia	20	117	Quechultenango	FM y F Junio	31
41	Xalpa Tláhuac	Pinto	36	119	Ocotopa	Vigna beige	20
43	Chilapa	Negro Opaco	20	120	Acatepec	Alubia	18
45	Caxitepec	Franciscano	23	125	Xalpa Tláhuac	Morado jasp.	26
49	Caxitepec	Negro Opaco	20	127	Taxco Alarcón	Mor y Franc	44
51	Atlixac	Rojo moteado	54	134	Acapulco	Mor jasp Ng	20
52	Atlixac	Negro Opaco	23	136	Acapulco	Negro Opaco	20
55	Atlixac	Café	31	138	Iliatenco	Morado suave	
57	Atlixac	Cacahuat	60	140		Negro Opaco	26
58	Zapotitlan T	Rojo moteado	56	146		Negro Opaco	21
60	Acatepec	Canario	48	148		Alubia	19
61A	Huitzuco	Café	25	150		Ng Op y FM	22
61B	Huitzuco	Rojo	25				

En cuanto a la especie *Vigna unguiculata* o ‘frijol chino’, tres colectas resultaron con ciclo intermedio y produjeron semilla de color beige. Esta especie, originaria de África Central es de alta demanda en ese continente por sus propiedades nutritivas y adaptación a sequía, alta temperatura, suelos pobres y capacidad fijadora de nitrógeno atmosférico. Su cultivo es incipiente en los estados del Sur-Sureste del país (da Conceição-dos Santos et al., 2022), y es una especie prometedora por su resiliencia a estreses ambientales.

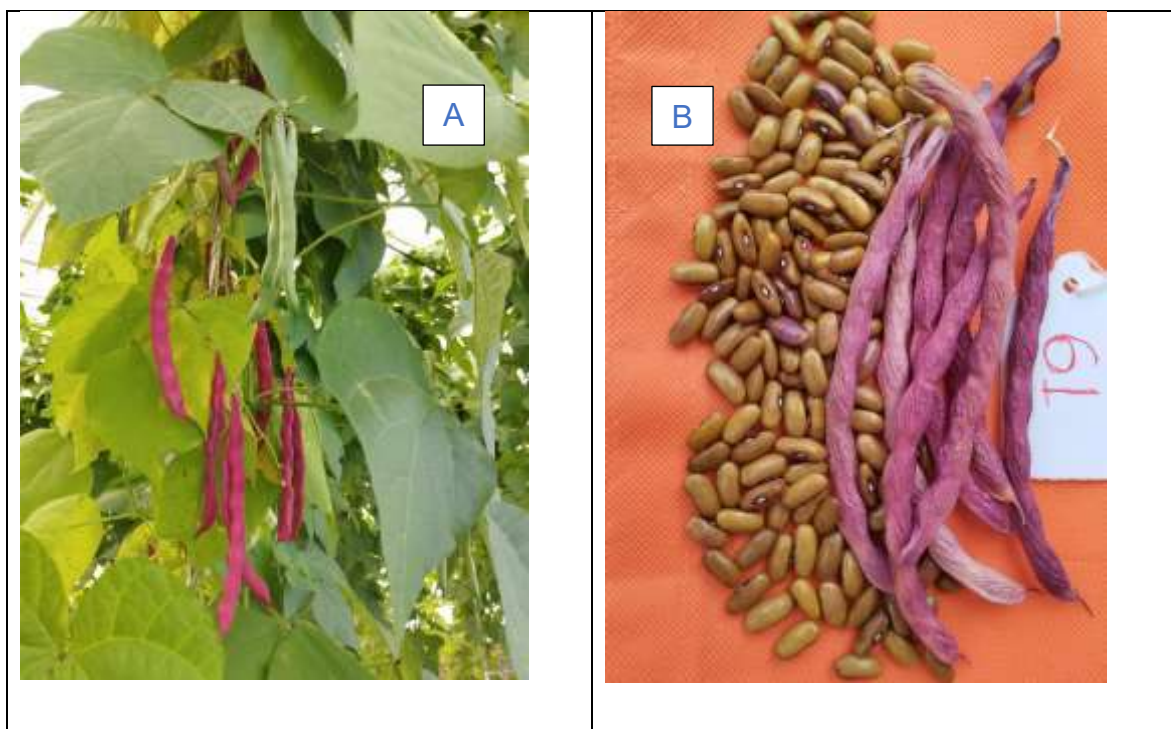


Figura 1. A - Parte superior de una planta de hábito indeterminado trepador tipo 4, colecta del municipio de H. Castillo de grano rojo. B – Vaina y grano de la colecta 61 de planta de hábito indeterminado trepador tipo 4, con características de frijol ejotero del municipio de Huitzuco.

Mención aparte merece la presencia de variedades nativas de hábito determinado del Acervo Andino de raza Nueva Granada de origen Sudamericano, raza con amplia distribución global (Singh et al., 1991). Estas colectas se distinguen por ser de semilla grande de forma ovalada o arriñonada de colores vistosos; las variedades de frijol Azufrado-Peruano que se cultivan en México pertenecen a esta raza. La caracterización de una muestra amplia de variedades de esta raza mostró diversidad en características agronómicas como la resistencia a la roya, mancha

angular y bacteriosis, tolerancia a suelos de baja fertilidad y tiempo de cocción (Cichy *et al.*, 2015).

Las colectas de frijol ayocote y frijol comba iniciaron la floración a los 90 y 100 días después de la siembra, respectivamente, aún no tienen vainas. Se continuará la cosecha de las colectas tardías. Es de interés del programa local de frijol continuar la caracterización de las colectas que puedan adaptarse a las condiciones de El Bajío, como son las de la raza Nueva Granada y los Negros de raza Mesoamericana. La mayor parte de la semilla que se obtenga se depositará en el Banco de Germoplasma de Frijol del Centro Nacional de Recursos Genéticos.

CONCLUSIONES

Se obtuvo semilla de 62 colectas de *P. vulgaris*; por tipo de semilla, las de color Negro Opaco fueron las de mayor presencia; y de tres colectas de frijol chino *Vigna unguiculata* de semilla color beige. De las 62 colectas de *P. vulgaris*, 13 fueron de hábito de crecimiento determinado del Acervo Andino, raza Nueva Granada, la mayoría del tipo Cacahuete bola. Las colectas de las especies *P. lunatus* y *P. coccineus*, todas de hábito trepador, son de ciclo largo y probablemente producirán semilla hasta febrero del 2026.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados presentados se obtuvieron con el financiamiento del INIFAP a través del proyecto “Desarrollo de variedades mejoradas de frijol para México” con Núm. SIGI: 16215236227.

LITERATURA CITADA

Cichy K.A., T. G. Porch, J. S. Beaver, P. Cregan, D. Fourie, R. P. Glahn, M. A. Grusak, K. Kamfwa, D. N. Katuuramu, P. McClean, E. Mndolwa, S. Nchimbi-Msolla, M. A. Pastor-Corrales, and P. N. Miklas. 2015. A *Phaseolus vulgaris* Diversity Panel for Andean Bean Improvement. Crop Sci. 55:2149–2160 (2015). doi: 10.2135/cropsci2014.09.0653

- da Conceição-dos Santos L.F., E. Ruiz-Sánchez, J. J. Jiménez-Osornio. 2022. Caracterización agro-morfológica de 20 cultivares de frijol caupí (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) en Yucatán, México. *Acta Universitaria* 32, e3216. doi: <http://doi.org/10.15174.au.2022.3216>
- Espinosa-Pérez E.N., P. Ramírez-Vallejo, M. M. Crosby-Galván, J. A. Estrada-Gómez, B. Lucas-Florentino y J. L. Chávez-Servia. 2015. Clasificación de poblaciones nativas de frijol común del centro-sur de México por morfología de semilla. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 29 (1): 29-38
- García Hilario F., J. Cruz Morales, A. E. Castro Ramírez, T. Trench Hamilton y R. C. Pacheco Flores. 2016. Crisis del sistema milpero: la erosión biológica y cultural en San Juan de las Nieves, Malinaltepec, Guerrero, México. *Revista de Geografía Agrícola* núm. 57:113-123
- Romero-Arenas O., M. A. Damián-Huato, J. A. Rivera-Tapia, A. BáezSimón, M. Huerta-Lara and E. Cabrera-Huerta (2013) The nutritional value of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and its importance for feeding of rural communities in Puebla, Mexico. *International Research Journal of Biological Sciences* 2:59-65.
- Singh S.P., P. Gepts and D. G. Debouck. 1991. Races of Common Bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Econ. Bot.* 45:379-396. doi:10.1007/BF0288707
- Solano-Rodríguez, A. y Gil-Muñoz, A. 2018. El frijol “Chaparro” (*Phaseolus vulgaris* L.) entre los Na Savi de Copanatoyac, Guerrero, México: Aportes a su conocimiento. *Agroproductividad*: Vol. 11, Núm. 10:137-143.
- Solano-Cervantes F., R. Díaz-Ruiz, C. Jacinto-Hernández, L. Aguirre-Álvarez y A. Huerta de la Peña. 2009. Prácticas agrícolas, descripción morfológica, proteínica y culinaria del grano de cultivares de frijol sembrados en la región de Tlatzala, Guerrero. *Ra Ximhai* Vol. 5. Número 2, pp. 187 -199.

INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE COSECHA Y DESGRANE SOBRE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE MAÍZ

José Luis Escobar-Álvarez¹, Oscar Santos Pérez-Heredia², Eloy Canales-Sosa³, Juan Celestino Molina-Moreno⁴, Julio Arturo Estrada-Gómez⁴, y Juan Estrada-Urbina^{4*}

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío. Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Km. 6.5, Celaya, Guanajuato. C.P. 38010. ² Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Posgrado en Botánica. Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56264. ³ Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Centro de Estudios Profesionales. Av. Vicente Guerrero 81, Centro, Iguala de la Independencia, Guerrero. C.P. 40000. ⁴ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad, orientación en Producción de Semillas. Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56264. *Autor para correspondencia:

estrada.juan@colpos.mx

RESUMEN

El momento oportuno de cosecha de semillas de maíz es una vez alcanzada la madurez fisiológica para obtener la máxima calidad del producto. Sin embargo, no se ha reportado el efecto del desgrane de las semillas en estado inmaduro y en madurez fisiológica sobre la calidad fisiológica. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar la germinación de semillas de maíz en función de la fecha de cosecha y el desgrane, posterior a un periodo de almacenamiento de 12 meses. La investigación se efectuó en el Colegio de Postgraduados - Campus Montecillo empleando semillas de maíz del cv. F6 (Amarillo × V-54A). Se efectuaron siete muestreos de cinco mazorcas en intervalos de siete días; el primero a los 27 días después de la floración y el último hasta que la semilla alcanzó la madurez fisiológica. De cada muestreo se tuvo semilla desgranada y semilla sin desgranar. Cuando la semilla alcanzó una humedad <13% se almacenó en refrigeración durante 12 meses. La calidad fisiológica se determinó de acuerdo con las directrices de la ISTA y con los resultados del porcentaje de germinación se efectuó un análisis de regresión polinomial para determinar la influencia de la época de cosecha y

desgrane sobre la calidad fisiológica. Se encontró que el desgrane de las semillas al momento de la cosecha afectó el porcentaje de germinación; de este modo, en la primera cosecha la germinación fue 37%; en semillas sin desgranar este fue 59%. En la medida que la semilla fue madurando hubo una mejor expresión de la calidad fisiológica; en virtud de ello, en las semillas sin desgranar la germinación fue 81% en madurez fisiológica, mientras en las semillas desgranadas esta fue 72%. En suma, el desgrane temprano promovió una menor germinación, en contraste con las semillas sin desgranar.

Palabras clave: *Zea mays L., Germinación de semillas, Madurez fisiológica, Almacenamiento de semillas.*

ABSTRACT

The right harvest time of maize seeds should be once they have reached the physiological maturity to obtain the high seed quality. But, there are no reports about the effect of the shelling of immature and physiologically mature seeds on the physiological quality. For that reason, this study aimed to evaluate the seed germination in relation to the harvest time and shelling, after a 12-month storage period. This research took place at Colegio de Postgraduados - Campus Montecillo employing maize seeds of the cv. F6 (Amarillo × V-54A) genotype. Seven samplings of five cobs were made every 7 days. The first was at 27 days after flowering and the last when the seeds reached the physiological maturity. From each sampling it was possible to keep seeds shelled and seeds unshelled. When the plant material showed a moisture content <13% it was kept under 12-month storage under refrigeration conditions. Physiological quality was assessed according to the ISTA rules and with the results of germination percentage a polynomial regression analysis was carried out to determine the effect of the harvest time and the shelling on physiological quality. It was found that when seeds were shelled at the moment of the harvest it affected the germination percentage. Thus, in the first harvest the germination was 37%. But, for seeds unshelled the germination was 59%. As the seeds matured there was a better physiological quality. Therefore, for seeds harvested at physiological maturity and kept unshelled the germination reached

81%, while for seeds shelled it was 72%. In summary, the early shelling caused a low rate germination in comparison to those seeds unshelled.

Keywords: *Zea mays L., Seed germination, Physiological maturity, Seed storage.*

INTRODUCCIÓN

En la producción de semillas de maíz inciden en gran medida las condiciones ambientales que se presentan durante el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Miya et al., 2017). Además de esos factores, también inciden el contenido de humedad, la máxima acumulación de materia seca, y el grado de madurez de las mismas en la obtención de semillas con altos niveles de calidad fisiológica (Ferreira et al., 2013). Igualmente, la época de cosecha también es una característica determinante de la calidad en virtud de que durante la maduración de las semillas ocurren diversas causas que contribuyen a acelerar el proceso de deterioro de las semillas y, debido a esto, es necesario conocer el periodo ideal de cosecha para asegurar la máxima calidad del producto (Jacob et al., 2014).

Se ha reportado que durante la maduración de las semillas ocurren diversos procesos fisiológicos e interacciones ambientales que contribuyen a su deterioro; ante esta situación, el momento oportuno de cosecha de las semillas debe ser una vez alcanzada la madurez fisiológica (Estrada-Urbina et al., 2023a). No obstante, no hay suficiente información sobre el efecto del desgrane antes y durante la madurez fisiológica, sobre la calidad fisiológica de las semillas. En virtud de lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la germinación de semillas de maíz en función de la fecha de cosecha y el desgrane, posterior a un periodo de almacenamiento de 12 meses.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Laboratorio de Análisis de Semillas (Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo), en Texcoco, México, empleando semillas de maíz (*Zea mays* L.) del cv. F6 (Amarillo × V-54A).

Se efectuaron siete muestreos en intervalos de 7 días tomando cinco mazorcas/muestreo de plantas con el mismo nivel de desarrollo para asegurar las condiciones homogéneas del material vegetal; el primero a los 27 días después de la floración (inicio de maduración de la semilla) y el último (séptimo) hasta que esta alcanzó la madurez fisiológica que ocurrió a los 69 días después de la floración.

De cada muestreo se tuvo semilla desgranada y sin desgranar (mantenida en la mazorca); al finalizar los muestreos y cuando las semillas en ambos tipos de desgrane presentaron un contenido de humedad $<13\%$ se almacenaron en refrigeración a 4.5 ± 3 °C durante 12 meses. Transcurrido este periodo, se procedió al desgrane del resto del material vegetal para realizar las evaluaciones correspondientes. La calidad fisiológica se determinó por medio de la prueba de germinación mediante el recuento de plántulas normales, de acuerdo con la metodología de la Asociación Internacional de Analistas de Semillas (ISTA, 2021). Con los resultados del porcentaje de germinación se realizó un análisis de regresión polinomial de cuarto orden en el software OriginPro v8 para determinar la influencia de la época de cosecha y el tipo de desgrane sobre la calidad fisiológica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados demuestran que conforme la semilla fue madurando se mejoró la calidad fisiológica (Figura 1). Igualmente, el desgrane influyó en el porcentaje de germinación ya que cuando las semillas se cosecharon y desgranaron en un estado inmaduro (113 dds) el promedio de germinación fue 37%, pero, en esta misma fecha de cosecha, las semillas sin desgranar presentaron una germinación de 59%.

En el segundo y tercer muestreo (120 y 127 dds) se encontró un ligero incremento en la germinación en semillas sin desgranar (5 y 6 %, respectivamente), con relación a la primera época de cosecha; en semillas desgranadas la germinación aumentó 9 % para la segunda y 21 % para la tercera fecha de cosecha.

A los 134 y 141 dds la germinación se ralentizó en ambos tipos de desgrane. Finalmente y cuando las semillas se cosecharon en madurez fisiológica, hubo una

mejor respuesta de la germinación en el material vegetal almacenado sin desgranar (81%), en contraste con las semillas cosechadas y desgranadas en este mismo estado de desarrollo (72%).

También, es posible observar que desde inicio de madurez (27 días después de la floración) y hasta madurez fisiológica, la germinación incrementó 35% en semillas desgranadas; por el contrario, en semillas sin desgranar, la germinación incrementó 21%. Cabe recalcar que la calidad fisiológica fue mejor en semillas desgranadas, en virtud de que desde el inicio de maduración (113 dds) y hasta madurez fisiológica la germinación fue 14% mayor en contraste con las semillas que se almacenaron en mazorca (sin desgranar).

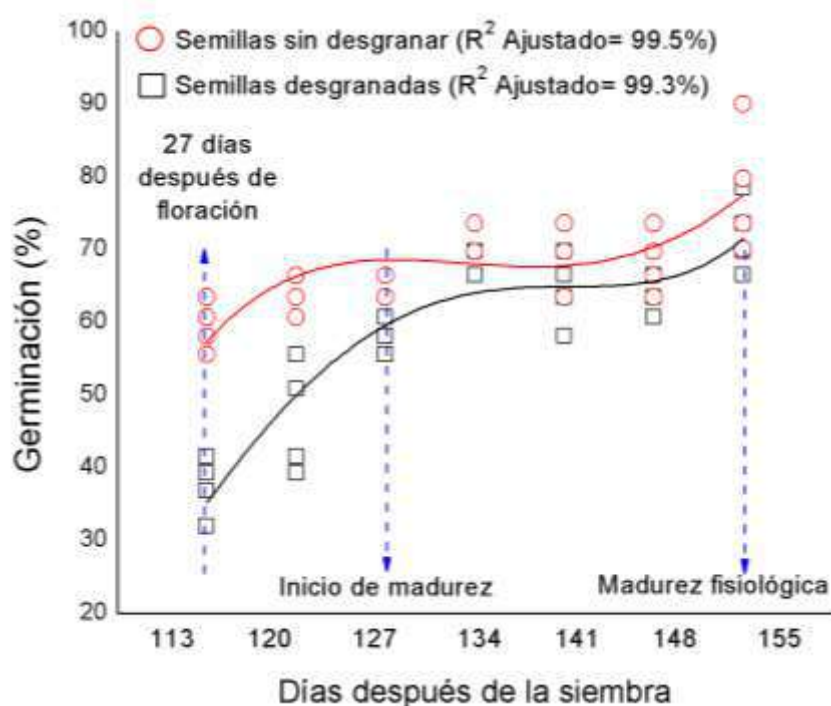


Figura 1. Análisis de regresión polinomial de cuarto orden para determinar la calidad fisiológica en semillas de maíz cv. F6 (Amarillo × V-54A) en función de la época de cosecha y el tipo de desgrane, después de un almacenamiento de 12 meses. Semillas sin desgranar: $y = 47.188x + (-11.267)x^2 + 1.0558x^3 + (-0.0291)x^4$. Semillas desgranadas: $y = 15.23x + 3.016x^2 + (-1.07)x^3 + 0.075x^4$.

En este estudio el porcentaje de germinación fue menor a 90% incluso cuando la semilla alcanzó la madurez fisiológica, esto pudo ser posiblemente por una disminución en la actividad enzimática de la peroxidasa que origina una peroxidación lipídica y una consecuente pérdida de la capacidad germinativa (Estrada-Urbina et al., 2023a).

No obstante, el grado de maduración fue un referente para la obtención de la máxima germinación; en razón de lo anterior y con la finalidad de asegurar la calidad del producto, la madurez fisiológica puede ser una característica para decidir la oportunidad de cosecha en los programas de producción de semillas, especialmente en semillas de alto registro como semilla Original o categorías Básica y Registrada (Estrada-Urbina et al., 2023b).

En el primer muestreo (113 dds) la germinación fue muy baja para semillas sin desgranar y semillas desgranadas; cabe recalcar que la germinación involucra cambios a nivel celular y genético como la hidratación de proteínas, respiración, proliferación celular o la activación de genes, por lo que las semillas inmaduras no tienen la capacidad de producir nuevas plantas porque no se han desarrollado completamente.

Además, se ha encontrado que las semillas inmaduras producen una mayor proporción de plántulas anormales y de semillas sin germinar, esto como producto de que la semilla no consigue los nutrientes suficientes para su completo desarrollo, y por consecuencia, el embrión no puede desarrollarse de manera satisfactoria (Sánchez-Pérez et al., 2010).

CONCLUSIONES

La calidad fisiológica de las semillas de maíz del cv. experimental (Amarillo x V-54A) F6 estuvo en función del grado de maduración de las semillas; sin embargo, la máxima calidad del producto no presentó asociación con la madurez fisiológica.

El desgrane temprano promovió una menor germinación en todos los muestreos efectuados, en contraste con las semillas sin desgranar. El mayor incremento de

germinación, desde inicio de madurez y hasta madurez fisiológica, fue en semillas desgranadas.

En virtud de ello, es necesario realizar más trabajos para determinar: i) el efecto de la cosecha de semillas en estado inmaduro, y ii) el efecto del desgrane temprano (en semillas inmaduras), sobre la calidad fisiológica de semillas de maíz como estrategia de resiliencia en la producción de este cereal frente a las devastaciones que han ocasionado las inclemencias meteorológicas (ciclones, huracanes, etc.) en los últimos años.

REFERENCIAS

- Estrada-Urbina, J., Cantú-López, E., Molina-Moreno, J. C. y Estrada-Gómez, J. A. (2023a). Madurez fisiológica en semillas de maíz (*Zea mays* L.) mediante marcadores morfológicos y el contenido de humedad. *Agronomía Mesoamericana*, 34(3), artículo 53269.
- Estrada-Urbina, J., Molina-Moreno, J. C. y Estrada-Gómez, J. A. (2023b). Comportamiento de componentes físicos y fisiológicos durante la maduración de las semillas de maíz. En *Memorias de la X Reunión Nacional de Investigación Agrícola* (pp. 562-564). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Ferreira, V. F., Oliveira, J. A., Ferreira, T. F., Reis, L. V., De A. V. y Neto, J. C. (2013). Quality of maize seeds harvested and husked at high moisture levels. *Journal of Seed Science*, 35(3), 276-283.
- International Seed Testing Association. (2021b). International rules for seed testing. In International Seed Testing Association (Eds.), *The germination test* (2021 ed., pp. i-5-56-64). International Seed Testing Association.
- Jacob, J. E. A., Marcia, M. L., Augusto, H. F., Teichert, P. S., Amaral, V. F. y Baudet, L. L. P. (2014). Ideal seeds harvest moment of different maize hybrids. *Ciência Rural, Santa Maria*, 44(2), 253-260.

- Miya, S. P., Modi, A. T. y Mabhaudhi, T. (2017). Interactive effects of simulated hail damage and plant density on maize seed quality. *Seed Science and Technology*, 45(1), 100-111.
- Sánchez-Pérez, M. I., Muñoz-Mejía, C. Y., Quiroz-Velásquez, J. D. C., Mayek-Pérez, N. y Hernández-Mendoza, J. L. (2010). Cambios físico-químicos durante la germinación del maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(1), 89-93.

INNOVACIONES EN LAS PYMES VS INNOVACIÓN DEL MODELO DE NEGOCIO TRADICIONAL

Laura Cupul Moreno¹; Erik Fabian Rodríguez Segura²; Abril Lucero Sotelo Barreto³, MariFer Lopez Calderon⁴, Ariadna Lisset Arana Cisneros⁵, Cruz Alberto Ramos Ramirez⁶.

¹TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato

¹Docente del Departamento de Ciencias Económico Administrativas del TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ²Autor de correspondencia: erick.rs@roque.tecnm.mx

RESUMEN

Para este reporte ejecutivo se explica la importancia que tiene la economía social solidaria ESS, se parte describir algunas de las ventajas para las empresas en México, partiendo de recursos y vulnerabilidad económica que las limita en su crecimiento. Esto lleva aunado los niveles jerárquicos sociales entre mujeres y hombres, roles desempeñados a través de la historia humana, en donde el trabajo privado con su contexto productivo remunerado da un tipo de rol económico reconocido por la sociedad, describiendo tipos de empresas acordes a los tiempos que se viven. Uno de los principales objetivos de este extenso es identificar tres componentes de la innovación; El primero es la la innovación como estrategia de valor; Segundo el desarrollo de materiales o productos que otorgan mejoras tecnológicas; Y por último como tercero las principales actividades que existe en las organizaciones es la innovación. Para describir el concepto de innovación, se uso lo propuesto por el autor Schumpeter, quien introduce los procesos internos de la organización son continuos y orientados al cliente para mejorar el abastecimiento del consumidor. Relacionado con la investigación, el autor Mintzberg funge como un modelo organizacional o modelo de negocio de procesos administrativos complejos, divide en grupos desde el estratégico hasta el operativo, esto mejora la investigación dentro de la organización a la hora de innovar. Respecto al desarrollo o fabricación de materiales o productos, se plantea una figura conceptual que

describe innovación del modelo de negocio para activos que se exponen en el modelo plantear la innovación.

Palabras clave: Bienes y servicios, economía, equidad, empresa, innovación, modelos de negocio, recursos, social, solidario.

ABSTRACT

For this executive report, the importance of the ESS social solidarity economy is explained, and some of the advantages for companies in Mexico are described, based on resources and economic vulnerability that limits their growth. This brings together the social hierarchical levels between women and men, roles played throughout human history, where private work with its paid productive context gives a type of economic role recognized by society, describing types of companies in accordance with the times. that are lived. One of the main objectives of this extensive is to identify three components of innovation; The first is innovation as a value strategy; Second, the development of materials or products that provide technological improvements; And finally, as a third, the main activities that exist in organizations is innovation. To describe the concept of innovation, what was proposed by the author Schumpeter was used, who introduces the internal processes of the organization that are continuous and customer-oriented to improve consumer supply. Related to research, the author Mintzberg serves as an organizational model or business model of complex administrative processes, divided into groups from the strategic to the operational, this improves research within the organization when it comes to innovating. Regarding the development or manufacturing of materials or products, a conceptual figure is proposed that describes innovation of the business model for assets that are exposed in the model to propose innovation.

Keywords: business models, company, economy, equity, goods and services, innovation, resources, social, solidarity.

INTRODUCCIÓN

Una economía social, es aquella que la constituye los comportamientos solidarios, una economía incluyente que se centre en el valor del uso pero que no excluya ni estado ni mercado. Esto es complejo en nuestra sociedad actual al existir economías que fluyen con bienes y servicios propiedades de unos cuantos, donde los ingresos no se reparten de manera equitativa dejando aún lado la solidaridad. (Valle, 2009)

La economía por su parte tiene dos significados independientes; La economía sustantiva que está relacionada con el origen de la economía en sus funciones más simples desarrollada por Aristóteles, en donde el ser humano depende de ella para la satisfacción de necesidades materiales, pero existe una desventaja al concepto, este es una producción o distribución de bienes estrictamente necesarios, pero la naturaleza humana siempre busca el enriquecimiento individual dejando de lado lo social. Por otro lado la economía formal (Nagao & García, 2023)

Al respecto de cuáles son las desventajas que tienen las empresas de Economía social y solidaria en México, se explica seis desventajas que sufren las Empresas de Economía social (ESS) y solidaria principalmente en México, como son; a) La falta de recursos, b) Dificultades de la comercialización, c) Limitación de recursos y estructura organizativa, d) Marco legal Administrativo, e) Vulnerabilidad a cambios en políticas públicas, por último f) Desafíos en la cooperación interna.

Existe una economía con razgos masculinos o tiene tintes feministas, es lo que plantean las autoras Lynn & Huerta (2023) que durante la pandemia resurge la economía feminista en dos ámbitos; El productivo, desempeñado históricamente por los hombres dentro de la esfera pública, remunerado y generador de valor. El trabajo reproductivo históricamente desempeñado por las mujeres, realizado dentro de la esfera privada o el hogar, sin remuneración alguna. Pero estas jerarquias han cambiado para bien entre ambas formas apreciación del trabajo moral/personal. (Lynn & Huerta, 2023)

En México deben incluirse la generación de relaciones de solidaridad, confianza, espíritu comunitario y participación en la sociedad, la ESS en México ofrece varias ventajas para las empresas que se adhieren a este modelo, algunas de estas ventajas incluyen la generación de relaciones de solidaridad, confianza, espíritu comunitario o participación en la sociedad, el fortalecimiento de procesos e integración productiva, consumo, distribución permitiendo adecuar las políticas sociales a las preferencias o representa la desigualdad social de una forma idónea de promover el desarrollo inclusivo que ayuda a la necesidad de los ciudadanos, posibilitando acomodar la diversidad territorial, mantener unidas a las comunidades y fortalecer los procesos de integración social y productiva. El objetivo de este extenso es que a través de una investigación cuantitativa, fundamentada, en un proceso inductivo al explorar y describir, luego generar perspectivas teóricas a través de un análisis bibliométrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

La plataforma Researchrabbit ayuda a tener al alcance los artículos e ir relacionando con los temas desde el tiempo o importancia del autor o sus ideas, ofrece una idea con mayor claridad de aquello que se pretende escribir, tiene elementos interesantes para comenzar a elaborar un marco teórico sólido, al buscar los autores por años facilita la identificación de los temas de mayor relevancia para sustentar el mismo. El mapa que realiza da una idea clara de la importancia que tiene el citado en relación a la actualidad de los temas o su contextualización, el cual pretende encontrar resultados que nos permitan generalizar el conocimiento de casos particulares, identificada en tres componentes, la innovación como estrategia de valor, el desarrollo de materiales o productos que otorgan mejoras tecnológicas en donde una de las principales actividades que existe en las organizaciones es la innovación.

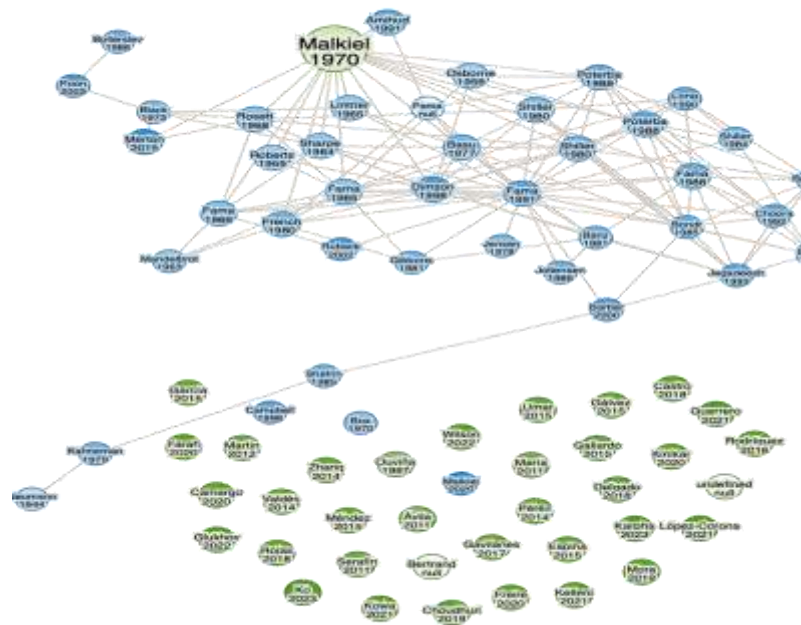


Figura 1. Análisis bibliométrico.

Por último, se usó el modelo orgánico de Mintzberg que a pesar de tener 44 años de haberse establecido, funge como un modelo organizacional que explica de manera clara como se centra dividida la interacción de los grupos de acuerdo a diferentes grados de procesos administrativos complejos. Estos son:

- Grupo estratégico de poder; Son dueños, accionistas, sindicato o externos, como son los gobiernos.
- Grupos gerenciales de línea; Los gerente, operadores, unidades gerenciales)
- Grupo tecno-estructural; El personal que es analistas que ayudar a fluir el trabajo.
- Grupos staff o de apoyo; Todos aquellos expertos legales.
- Grupo operativo; Son quienes realizan directamente dos tareas, producción y proveer bienes o servicios). (Mintzberg, 1979)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el centro se observa la innovación del modleo de negocio con dos ejes temáticos:

- El primero es la innovación, su desarrollo en propuesta de valor, ingresos, procesos clave de la mejora de acuerdo al ingreso y orígenes de esta.
- En segundo son los factores a determinantes dentro del segmento del mercado, la organización e innovación en capacidades tecnológicas y humanas.

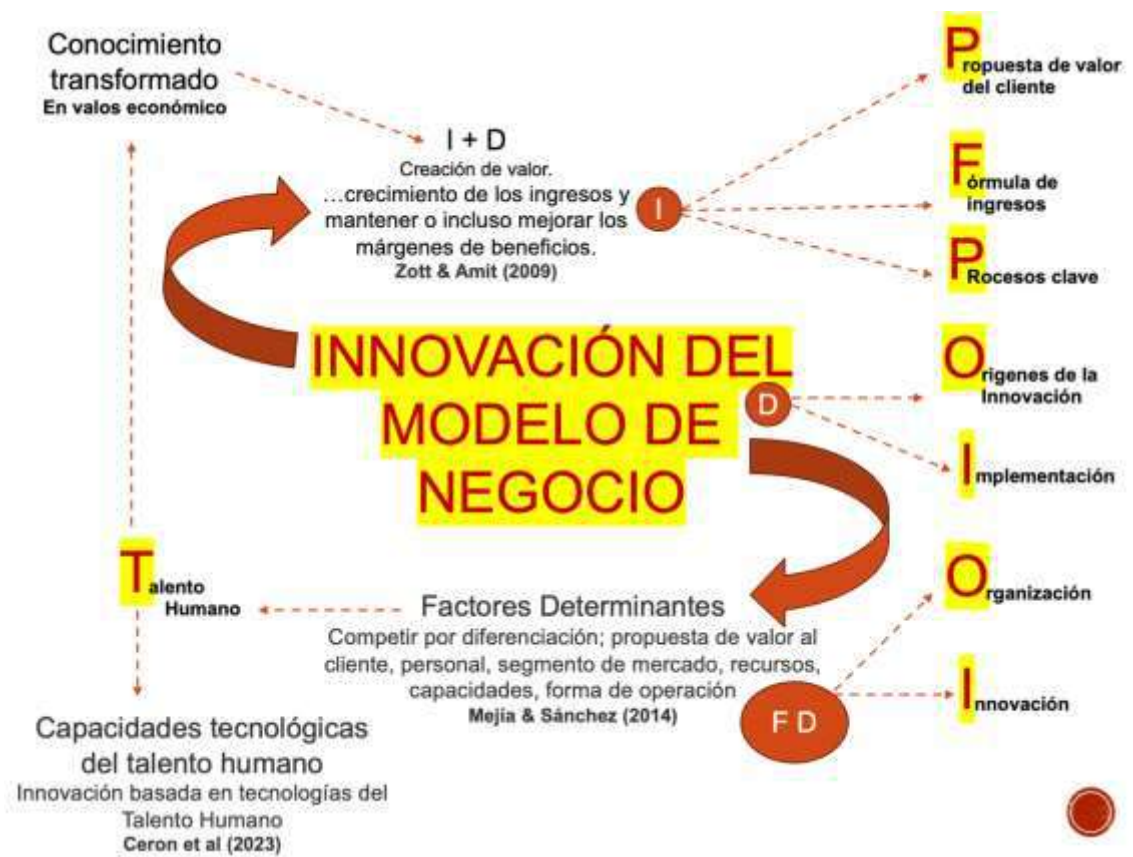


Figura 2. Cuadro de innovación del modelo de negocio. Fuente: Elaboración propia

Estos dos ejes desprenden una línea que cruza en el talento humano, no existiría la innovación de modelos sin la capacidad de los individuos, dentro y fuera de la organización para transformar los procesos de operación. Estas ideas y aportaciones personales implican un análisis objetivo siempre enfocado en el cliente, a través de una ardua investigación como estrategias intelectual, donde la exposición mejoren cada una de las propuestas dentro del modelo, innovando ya sea en productos o materiales. Como se ha redactado en este ensayo, al identificar tres componentes, la innovación como estrategia de valor, el desarrollo de materiales o productos que otorgan mejoras tecnológicas en donde una de las principales actividades que existe en las organizaciones es la innovación.

Las actividades empresariales requieren de modelos e innovación en un grado de investigación o desarrollo formales no introductorios pero convertidos en modelos de negocios que ayuden a los nuevos procesos a generar los cambios requeridos en la organización, siempre orientados al desarrollo o fabricación de materiales o productos que sintetizan el descubrimiento de mejoras tecnológicas.

Para entender la importancia del término innovación usaremos lo propuesto por el autor Schumpeter que describe como aquel descubrimiento de mejoras tecnológicas ya sea de productos o materiales. El término del autor cobra relevancia al introducir que los procesos internos de la organización son continuos y orientados al cliente, por eso requieren de nuevos productos y servicios que mejoren el abastecimiento de manera continua para el consumidor o usuario. (Schumpeter, 2009). Continuando con la descripción del término, dentro de los modelos de organización la investigación formula aquellas estrategias, en su mayoría intelectuales que llevan a la experimentación científica para mejorar los modelos de negocio.

Por último, para entender el tercer punto que trata del desarrollo o fabricación de materiales o productos, se realizó la siguiente figura conceptual. Lo anterior se describe a detalle en la figura 1. En este sentido, el desarrollo o fabricación de materiales o productos engloba el componente de activos que se exponen en el modelo de negocio que ayudan a plantear la innovación.

Concluimos con lo siguiente, la economía es inherente y natural al ser humano, ya que está ligada a su propia actividad doméstica, con el objetivo de reproducir materialmente su propia vida, las empresas de ESS pueden carecer de la capacitación necesaria en aspectos comerciales y de gestión, lo que limita su capacidad para competir del mercado, pero obedecen con su financiamiento, préstamos que toman decisiones internas de manera social que tienden a tener un enfoque más local, contribuyendo al desarrollo económico de sus comunidades, promoviendo la autonomía económica a nivel local, la regulación con los requisitos administrativos necesarios producción, distribución, ahorro o préstamo para satisfacer las necesidades de sus integrantes o comunidades donde se desarrollan ventajas en las política social.

LITERATURA CITADA

Lynn Raquel , Huerta Massry. (2023) La Economía Social y Solidaria será feminista o no será.The Social and Solidarity Economy will be feminist, or it won't be.| Licenciada en Filosofía por la Universidad Iberoamericana PueblaRevista Iberoamericana de Economía Social y Solidaria. Recuperado de: <https://ecoss.ibero.mx/index.php/ecoss/article/view/15/24>

Mintzberg H. (1979). The structuring of organizations, Prentice Hall., USA.

Nagao Menezes Francisco, García Jiménez Manuel. (2023) ¿Existe una relación entre el mercado y la economía social y solidaria? Contribuciones Iniciales. XIX Congreso Internacional de Investigadores en Economía Social y Cooperativa. El papel de la Economía Social en un escenario de crisis e incertidumbre.

Rodríguez, S.E.F. (2024). Reporte de Innovación del Modelo de Negocio. Universidad del Centro de Bajío (UNICEBA). Doctorado en Administración y Gestión Empresarial. DOI: <https://orcid.org/0009-0000-3023-2919>

Schumpeter J. A. (2009). Entrepreneurship as Innovation. University of Illinois at Urbana-Champaign's Academy for Entrepreneurial Leadership Historical Research Reference in Entrepreneurship.

Valle Martínez, Luciano.(2009) La Economía social y solidaria: ¿mito o realidad?. Iconos. Revista de Ciencias Sociales, núm. 34, mayo, 2009, pp. 107-113 Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. Quito, Ecuador

INTERACCIÓN GENOTIPO-AMBIENTE EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CEBADA EN EL BAJÍO

Juana Flores Martínez^{1§}; Miguel A. Ávila Perches²; A. Josué Gámez Vázquez²; Enrique Andrio Enriquez³ y Francisco Cervantes Ortiz³.

¹Estudiante de Posgrado Tecnológico Nacional de México-Roque. ²Campo Experimental Bajío, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. ³Tecnológico Nacional de México-Roque. [§]Autor de correspondencia: m23980111@roque.tecnm.mx

RESUMEN

En México se sembró alrededor de 305,000 ha de cebada y se produjo aproximadamente 830,000 t durante el ciclo agrícola de 2023. Guanajuato es el estado más importante para la producción de este cereal pues siembra más de 37,000 ha, con una producción de más 166,500 t aportando así el 20% de la producción nacional. En cebada, el cultivar tiene una función importante en la manifestación del comportamiento agronómico, como el potencial de rendimiento, número de macollos por planta y calidad física del grano, lo que permite mejorar la estabilidad de la producción. El mejoramiento genético de este cultivo se inició en el INIFAP hace más de 60 años y se han generado 18 variedades mejoradas que se utilizan para la producción de malta. El objetivo del estudio fue evaluar la interacción genotipo ambiente de seis variedades de cebada en tres fechas de siembra en cada ensayo se manejó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Se detectó que el ambiente fue más importante en la manifestación del rendimiento de grano, altura de planta y peso de mil semillas. El mayor rendimiento de grano se obtuvo en los ambientes establecidos el 15 de noviembre y 15 de diciembre. Asimismo, Armida y Esperanza sobresalieron por su rendimiento y son variedades estables, por lo tanto, son genotipos deseables.

Palabras clave: *Mejoramiento genético, rendimiento de grano, características agronómicas.*

ABSTRACT

In Mexico, approximately 305,000 ha of barley were planted and approximately 830,000 t were produced during the 2023 agricultural cycle. Guanajuato is the most

important state for the production of this cereal since it sows more than 37,000 ha, with a production of more than 166,500 t, thus contributing 20% of the national production. In barley, the cultivar plays an important role in the manifestation of agronomic behavior, such as yield potential, number of tillers per plant and physical quality of the grain, which allows improving the stability of production. The genetic improvement of this crop was initiated at INIFAP more than 60 years ago and 18 improved varieties have been generated and used for malt production. The objective of the study was to evaluate the genotype-environment interaction of six barley varieties at three sowing dates in each trial. It was found that environment was more important in the manifestation of grain yield, plant height and thousand seed weight. The highest grain yield was obtained in the environments established on november 15 and december 15. Also, Armida and Esperanza stood out for their yield and are stable varieties, therefore, they are desirable genotypes.

Key words: *Genetic improvement, grain yield, agronomic traits.*

INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, la cebada es el cuarto cereal más importante, se siembran más de 49 millones de ha y se obtienen alrededor de 148 millones de t, los principales países son: Rusia, Australia, Francia, Alemania, Ucrania, España y Gran Bretaña que cosechan el 54% de la producción mundial (FAO, 2023). En México se establecen cerca de 305,000 ha con cebada y se cosechan más de 830,000 t, de las cuales el 53% se obtienen en temporal durante el ciclo primavera-verano y el resto se producen en riego en el otoño-invierno. Los principales estados productores son Guanajuato e Hidalgo, que cosechan el 52% de la producción nacional (SIAP, 2023).

La evaluación del rendimiento en entornos que van desde condiciones óptimas a condiciones severas de estrés permiten conocer la capacidad de adaptación de los genotipos a un amplio rango de condiciones ambientales. La variación del rendimiento se atribuye al potencial productivo del ambiente y al potencial genético en interacción con el primero (Pérez *et al.*, 2015). La interacción genotipo x ambiente se refiere al comportamiento diferencial de genotipos a través de condiciones ambientales variables, y es muy importante en el mejoramiento genético de los cultivos, debido a que está presente durante el proceso de selección y recomendación de genotipos (Rodríguez *et al.*, 2011).

El objetivo del estudio fue determinar la magnitud de la interacción genotipo-ambiente en el comportamiento agronómico de seis variedades de cebada evaluadas en tres fechas de siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron bajo condiciones de riego en el ciclo otoño-invierno de 2022-2023, en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) localizado en Roque, municipio de Celaya, Guanajuato a 20°32' de latitud norte, 100°49' de longitud oeste y a una altitud de 1,752 metros sobre el nivel del mar. Se establecieron tres fechas de siembra (FS): 15 de noviembre, 15 de diciembre de 2022 y 15 de enero de 2023, que en lo sucesivo se mencionarán como ambientes de evaluación (A1, A2 y A3, respectivamente), en cada ensayo se evaluaron 6 genotipos (G) de cebada. Los genotipos evaluados (Cuadro 1) dentro de cada ambiente (A) se manejaron en un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Se empleó una densidad de 100 kg de semilla por ha. La parcela experimental fue de cuatro surcos de 3 m de largo y 75 cm de separación sembrados a doble hilera con separación de 20 cm entre hileras, mientras que la parcela útil fueron los dos surcos centrales de 3 m. Se realizó un riego después de la siembra para promover la germinación de semilla y emergencia de la plántula, posteriormente, se aplicaron tres riegos de auxilio a los 40, 65 y 85 días después de la siembra (DDS).

Cuadro 1. Genotipos en evaluación en tres fechas de siembra

No.	Genotipo
1	Armida
2	Esperanza
3	Porvenir
4	Adabella
5	Centinela
6	Celaya

Se fertilizó con la fórmula 180-60-00 de NPK respectivamente, para lo cual se utilizó urea y superfosfato de calcio triple, todo el fertilizante se aplicó en la siembra. El

resto del manejo agronómico se realizó de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP para la región de El Bajío. Se determinaron las siguientes variables de estudio: rendimiento de grano (RG), altura de planta (AP), longitud de espiga (LE), peso de mil semillas (PMS), número de granos por espiga (GE) y número de espigas m^{-2} (Em^2). Con los resultados de los tres ambientes se realizaron análisis estadísticos combinados, para lo cual se utilizó el programa SAS, cuando las diferencias fueron significativas se empleó la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad. Además, se realizó un análisis de correlación de Pearson. El análisis de interacción genotipo-ambiente (IGA) se efectuó mediante el modelo de regresión de sitios (SREG), que integra el análisis de varianza y el de componentes principales y se utilizó el programa GEA-R (Pacheco *et al.*, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza combinado (Cuadro 2) detectó diferencias significativas en la fuente de variación (FV) de genotipo y ambiente en RG, AP y PMS, mientras que en las tres restantes variables estudiadas, no hubo significancia. De acuerdo, con la magnitud de los cuadrados medios, la variedad fue más importante en LE, asimismo, el ambiente de evaluación fue más relevante en RG, AP, Em^2 , GE y PMS.

La interacción G X A fue significativa solo en RG, lo que indica que, en esta característica, los genotipos no se comportaron de igual manera ante las variaciones agroclimáticas de los diferentes ambientes. Los valores de los coeficientes de variación, se situaron en valores menores al 21%, lo cual es un indicativo de la confiabilidad de los resultados.

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado de las variables evaluadas en tres ambientes.

Fuente de variación	Cuadrados medios					
	RG	AP	LE	Em ²	GE	PMS
Genotipo	8356834.4**	0.036*	3.28	1990.8	33.28	88.4**
Ambiente	28753643.6**	0.268**	1.04	8192.0	151.36	144.4*
G x A	646919.7*	0.015	0.77	9529.4	105.82	6.1
C.V. %	19.4	10.4	12.8	20.1	16.7	4.4

AP, Altura de planta; Em², Espigas por m², LE, Longitud de la espiga; GE, Granos por espiga; RG, Rendimiento de grano; C. V.; Coeficiente de variación; * y **, Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

En el Cuadro 3, Armida y Esperanza presentaron el mayor RG con 7,720 y 7,519 kg ha⁻¹ respectivamente. Para la variable de altura de planta Celaya, Adabella, Porvenir y Centinela presentaron los valores más altos. En altura de planta, Armida y Esperanza tuvieron un porte menor a 80 cm. En la variable de peso de mil semillas, Armida fue el genotipo más sobresaliente, seguida de Esperanza y Adabella que presentaron promedios altos. Cabe mencionar que las variables de espigas por metro cuadrado, longitud de espiga y granos por espiga no presentan significancia estadística en genotipo.

Cuadro 3. Variables agronómicas de seis genotipos de cebada evaluadas en tres fechas de siembra.

Genotipo	RG (kg ha ⁻¹)	AP (m)	LE (cm)	Em ²	GE	PMS (g)
Armida	7720.8 a	0.76 b	5.3 b	388.6	41.4	42.3 a
Esperanza	7519.7 a	0.77 b	5.9 ab	344.6	40.5	41.5 ab
Porvenir	6214.0 b	0.86 ab	6.9 a	362.8	44.8	36.1 c
Adabella	6213.5 b	0.88 a	6.0 ab	356.8	41.1	41.1 ab
Centinela	6096.8 b	0.85 a	6.0 ab	354.8	44.8	39.7 b
Celaya	5163.3 b	0.92 a	6.8 a	366.2	43.4	34.6 c
DMS	1202.7	0.10	1.1	70.2	12.4	2.0

AP, Altura de planta; Em², Espigas por m², LE, Longitud de la espiga; GE, Granos por espiga; RG, Rendimiento de grano; DMS, Diferencia mínima significativa.

En cuanto al ambiente (fechas de siembra) se observó (Cuadro 4), que para la variable rendimiento la fecha del 15 de noviembre presentó el valor sobresaliente

seguida del 15 de diciembre que también presenta un rendimiento por arriba de las 7 toneladas. Para la variable de altura la planta la FS del 15 de noviembre tuvo el promedio más alto y conforme se retrasó el establecimiento del cultivo, hubo disminución de esta característica. En cuanto a peso de mil semillas en los tres ambientes (FS) se obtuvieron valores superiores a 40 gramos.

Cuadro 4. Genotipos y fechas de siembra de seis genotipos de cebada.

Fechas de siembra	RG (kg ha ⁻¹)	AP (mt)	LE (cm)	Em2	GE	PMS (g)
15 nov	7360.5 a	0.94 a	6.4	341.0	45.9 a	40.4 a
15 dic	7065.0 a	0.87 b	6.2	362.4	40.3 b	41.3 a
15 ene	5038.6 b	0.71 c	5.9	383.6	41.8 ab	41.8 ab
DMS	867.8	0.06	0.5	50.1	4.9	1.1

AP, Altura de planta; Em², Espigas por m², LE, Longitud de la espiga; GE, Granos por espiga; RG, Rendimiento de grano; DMS, Diferencia mínima significativa.

De acuerdo con el análisis de correlación de Pearson (Cuadro 5), el rendimiento de grano se relacionó positiva y significativamente con las variables de altura de planta y granos por espiga. Fue la misma situación para altura de planta con las variables de longitud de la espiga y granos por espiga.

Cuadro 5. Coeficientes de correlación de Pearson entre las características evaluadas.

	RG	AP	LE	Em ²	GE	PMS
RG	1					
AP	0.28**	1				
LE	0.04*	0.47**	1			
Em ²	-0.01	-0.13	-0.15	1		
GE	0.14**	0.26**	0.61	-0.22	1	
PMS	0.56	0.10*	-0.18	-0.28	-0.04	1

** : Significativo al 0.01 de probabilidad

El análisis de estabilidad (Figura 1) detectó que, en rendimiento de grano, los dos primeros componentes explicaron el 99.22 % de la variación, asimismo ubicó como variedades estables a Armida y Esperanza, en tanto que Adabella y Porvenir son poco predecibles.

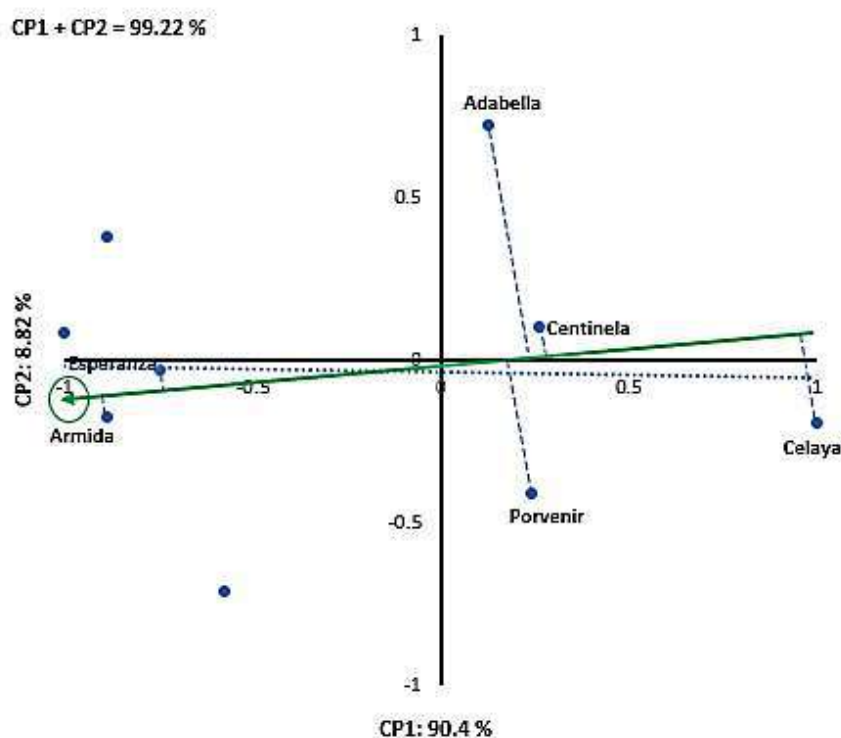


Figura 1. Estabilidad del rendimiento de grano de seis genotipos de cebada evaluados en cuatro ambientes.

CONCLUSIONES

El ambiente de evaluación (fecha de siembra) fue más importante en la manifestación del rendimiento de grano, altura de planta y peso de mil semillas.

El mayor rendimiento de grano se obtuvo en los ambientes establecidos el 15 de noviembre y 15 de diciembre.

Armida y Esperanza sobresalieron por su rendimiento y son variedades estables, por lo tanto, son genotipos deseables.

LITERATURA CITADA

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2023. Consultado en: www.fao.org/faostat.

- Pacheco A., M. Vargas, G. Alvarado, F. Rodríguez, J. Crossa, J. Burgueño, 2015. GEA-R (Genotype x Environment Analysis with R for Windows) Versión 2.0. <http://hdl.handle.net/11529/10203> International Maize and Wheat Improvement Center.
- Pérez, R. J., M. Zamora D., J. Mejía C., A. Hernández L., S. Solano H., 2015. Estabilidad del rendimiento de grano en cebada maltera en El Bajío, México. Chilean J. Agric. Anim. Sci. 31(3): 12-19.
- Rodríguez, R. E., J. F. Ponce, E. O. Rueda, L. Avendaño, J. J. Paz, J. Santillana, M. Cruz. 2011. Interacción genotipo-ambiente para la estabilidad del rendimiento en trigo en la región de Mexicali, B. C., México. Tropical and Subtropical Agroecosystems 14: 543-558.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2023. Consultado en: www.gob.mx/siap.

LA SOSTENIBILIDAD EN LA GESTIÓN DE CALIDAD DE UNA EMPRESA HORTÍCOLA

Wendy Mondragón Moreno^{*1}, Fabiola Barrera Vargas^{*8}, Erik Fabian Rodríguez Segura^{*1}, Ivan Guadalupe Miranda Anaya^{*2}, Andrea Cerrito Campos ^{*2}, Ana Paulina Coyote López ^{*2}

^{*1} Docente Investigador Tecnológico Nacional de México campus Roque, ^{*2}Estudiante del Tecnológico Nacional de México campus Roque. ^{*8}Autor de correspondencia:

fabiola.bv@roque.tecnm.mx

RESUMEN

Este estudio analiza el impacto que resulta de implementar Estrategias Sostenibles en la Gestión de Calidad de una empresa Hortícola, con ubicación en el Estado de Guanajuato. Se enfoca en la integración de la sostenibilidad en las operaciones de la empresa y cómo estas prácticas influyen en la reducción del impacto ambiental, la mejora de la eficiencia operativa, la satisfacción del cliente y la optimización de costos. A través de un diseño cuantitativo y descriptivo-correlacional, se recopilaron datos mediante encuestas a los empleados del departamento de Recursos Humanos. Los resultados muestran que las estrategias sostenibles han tenido un impacto positivo, con mejoras en la eficiencia operativa, reducción de costos y aumento de la satisfacción del cliente. Sin embargo, se detectó que la reducción del impacto ambiental aún no es totalmente percibida en toda la organización. El estudio concluye que las prácticas sostenibles contribuyen al crecimiento responsable y competitivo de la empresa, y sugiere ampliar la capacitación y seguimiento a largo plazo para mejorar los beneficios ambientales y operativos.

Palabras clave. *Sostenibilidad, Gestión de calidad, Estrategias sostenible, Impacto ambiental, Eficiencia operativa.*

ABSTRACT

This study analyzes the correlation of the Sustainable Strategies implemented by a Horticultural company, and in Quality Management, located in the State of Guanajuato. It focuses on integrating sustainability into company operations and how these practices influence reducing environmental impact, improving operational efficiency, customer satisfaction, and optimizing costs. Through a quantitative and descriptive-correlational design, data were collected through surveys of employees of the Human Resources department. The results show that sustainable strategies have had a positive impact, with improvements in operational efficiency, cost reduction, and increased customer satisfaction. However, it was detected that the reduction of environmental impact is not yet fully perceived throughout the organization. The study concludes that sustainable practices contribute to the responsible and competitive growth of the company

Keywords. *Sustainability, Quality management, Sustainable strategies, Environmental impact, Operational efficiency*

INTRODUCCIÓN

Desde la década de 1980, muchas organizaciones han implementado sistemas de gestión de calidad (SGC) fundamentados en estándares como la Norma ISO 9001 y el Modelo EFQM. Para Javier, F. (2023), estos estándares han permitido analizar los factores que influyen en la sostenibilidad de los sistemas de calidad, desarrollando modelos teóricos que explican cómo estos factores inciden en su permanencia, con la propuesta de mecanismos que promuevan dicha sostenibilidad.

Según León (2024), incorporar la sostenibilidad en los SGC se ha convertido en un elemento esencial para las organizaciones que buscan mantener altos estándares de calidad y desempeño. Este enfoque no solo responde a exigencias de mercado, sino que también integra principios éticos y ambientales en la gestión empresarial. En este sentido, una estrategia sostenible debe ir más allá de acciones aisladas, como destaca Pereira (2024), quien subraya que estas

estrategias deben integrarse en los procesos centrales del negocio para generar valor a largo plazo, considerando aspectos como cambio climático, derechos humanos, ética y transparencia.

La integración de sistemas de calidad y sostenibilidad en las empresas es crucial para lograr un crecimiento responsable, ya que ambos enfoques comparten el objetivo de mejorar el desempeño y crear valor sostenible (Pérez, 2024). Guzmán (2022) afirma que esta integración es igualmente relevante para grandes corporaciones y para pequeñas y medianas empresas en crecimiento, puesto que los criterios de sostenibilidad son cada vez más valorados por inversionistas y accionistas.

En términos estratégicos, la sostenibilidad requiere equilibrar las dimensiones económica, ambiental y social. Ramos (2029) destaca que gestionar estas dimensiones de manera integral permite transformar desafíos en oportunidades, consolidando una ventaja competitiva en el mercado. Adicionalmente, como indica The Circular Campus (2024), una política sostenible no solo optimiza costos y mejora la eficiencia, sino que también reduce riesgos y fortalece la imagen de marca de las empresas.

La presente investigación se enfoca en analizar las estrategias sostenibles implementadas en la gestión de calidad por Empresa Hortícola. Ante el creciente énfasis en la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental en el sector productivo, resulta esencial evaluar cómo estas estrategias pueden optimizar la gestión de calidad de la empresa, reduciendo su impacto ambiental y mejorando la eficiencia operativa.

Este estudio se justifica en la necesidad de comprender los beneficios y desafíos asociados con la integración de prácticas sostenibles, como el uso de recursos renovables, la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas y la adopción de enfoques ecológicos en la gestión de calidad. Al incorporar criterios de sostenibilidad, se pueden identificar no solo mejoras en el desempeño

económico y social de las organizaciones, sino también en su impacto positivo hacia la comunidad y el medio ambiente.

Además, la investigación busca fomentar una mayor conciencia sobre la importancia de desarrollar modelos de negocio responsables que combinen sostenibilidad y calidad. Esto no solo permite incrementar el rendimiento empresarial en el corto plazo, sino también fortalecer la imagen corporativa y garantizar un compromiso duradero con la sostenibilidad, lo cual beneficia tanto a las empresas como a su entorno natural y social.

La finalidad de este trabajo es apoyar a la Empresa hortícola en su transición hacia una gestión más sostenible y ofrecer un marco de referencia para otras organizaciones agrícolas que busquen implementar estrategias sostenibles. En un mercado cada vez más consciente de los impactos ambientales y sociales, esta investigación aporta herramientas clave para el crecimiento competitivo del sector, alineándose con las demandas actuales de sostenibilidad y responsabilidad corporativa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevará a cabo bajo un enfoque cuantitativo, utilizando un diseño descriptivo-correlacional. El objetivo es analizar la relación entre las estrategias sostenibles y la gestión de calidad de una empresa Hortícola. Este diseño permite identificar patrones y correlaciones entre las variables de estudio, aportando información que puede contribuir a mejorar la gestión de calidad en la empresa.

Población y Muestra

Población: El estudio se centra en los colaboradores del departamento de Recursos Humanos.

Muestra: Debido al tamaño reducido del departamento, se trabajará con la totalidad de los integrantes, conformada por 20 personas.

Criterios de Inclusión: Se considerarán instituciones con al menos un año de experiencia en la implementación de estrategias sostenibles.

Criterios de Exclusión: Se excluirán instituciones que no hayan adoptado estrategias sostenibles o que hayan modificado su enfoque en el último año.

Variables de Estudio

El presente estudio se enfoca en las Estrategias sostenible y su impacto con: el ambiente, los procesos de la organización, decisiones estratégicas, satisfacción del cliente, eficiencia operativa, costos, recursos naturales, capacitación del personal, motivación, selección de proveedores, cadena de suministro, resultados financieros, certificaciones, fortalecimiento de la imagen corporativa.

Instrumentos de Recolección de Datos

Se empleará un cuestionario estructurado con 15 preguntas cerradas organizadas en escalas de Likert, diseñado para medir tanto las estrategias sostenibles como la gestión de calidad. Este instrumento se seleccionó por su capacidad para recoger datos estandarizados y comparables, captando percepciones y experiencias de los participantes de forma clara y consistente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos de la investigación realizada seleccionando las preguntas más representativas y de aporte a la misma.

- ***Reducción de Impacto Ambiental***

1.- ¿Las estrategias sostenibles implementadas han reducido el impacto ambiental de las operaciones de la empresa?



Figura 1. Gráfico de impacto ambiental. Elaboración Propia

Un porcentaje de los encuestados indicó que las estrategias sostenibles implementadas en la empresa, han tenido un efecto positivo en la reducción del impacto ambiental de las operaciones. Aproximadamente un 35% de los participantes seleccionó “Totalmente de acuerdo” o “De acuerdo” con esta afirmación. Esto sugiere que las prácticas ecológicas han sido efectivas para mitigar efectos ambientales negativos. Sin embargo, no es el mayor porcentaje, lo que indica prestarle una mayor atención en las estrategias ambientales. (Ver figura 1)

- **Satisfacción del Cliente**

4. ¿Las estrategias sostenibles de la empresa han mejorado significativamente la *satisfacción del cliente*?



Figura 2. Gráfica de satisfacción del cliente. Elaboración propia

La percepción general de los encuestados sobre la sostenibilidad como factor importante para la satisfacción del cliente fue positiva, con un 55% indicando que las iniciativas sostenibles aumentan la satisfacción de los consumidores. Estos datos refuerzan la importancia de la sostenibilidad en la relación con el cliente.

- **Eficiencia Operativa y Reducción de Costos**

2. ¿La empresa ha implementado estrategias sostenibles efectivas en sus procesos de gestión de calidad?



Figura 3. Grafica de la mejora en los procesos de gestión de calidad. Elaboración propia

6.-¿Las estrategias sostenibles han contribuido a la mejora de la *eficiencia operativa* en la empresa?.



Figura 4. Grafica de la mejora en la eficiencia operativa. Elaboración propia

7.- La integración de sostenibilidad en la gestión de calidad ha ayudado a reducir los *costos operativos* en la empresa.



Figura 5. Grafica de reducción de costos operativos. Elaboración propia

Los resultados muestran que un 85% % de los encuestados percibe una mejora en la eficiencia de sus procesos de calidad (ver figura 3) y 90% una mejora en la eficiencia operativa (ver figura 4), después de aplicar las estrategias sostenibles.

Considerando 80% de los encuestados perciben una reducción de costos operativos (ver figura 5) como resultado de las estrategias sostenibles implementadas. Esto concuerda con la teoría de que la sostenibilidad puede contribuir a una optimización de recursos a largo plazo.

Comparación con Estudios Previos

1. Estudios sobre Impacto Ambiental

Los hallazgos de este estudio confirman la evidencia reportada por investigaciones previas sobre los beneficios de la sostenibilidad en la reducción del impacto ambiental. Según JOMS México (2024), implementar estrategias que disminuyan la huella de carbono contribuye no solo al bienestar del medio ambiente, sino que también mejora la eficiencia productiva y reduce costos a largo plazo. En el caso de la empresa Hortícola estudiada, los resultados reflejan un impacto positivo en la reducción de la afectación ambiental, alineándose con estas conclusiones y destacando la relevancia de las prácticas sostenibles en el contexto agrícola.

2. Eficiencia y Reducción de Costos

La investigación del Kaizen Institute (2024) señala que las estrategias sostenibles son fundamentales para garantizar el éxito organizacional en un entorno competitivo. Los resultados obtenidos en la Empresa Hortícola respaldan esta perspectiva, ya que la mayoría de los encuestados reportaron mejoras en eficiencia operativa como resultado de la implementación de dichas estrategias. Sin embargo, el consenso sobre la reducción de costos no fue tan marcado, lo que podría indicar la necesidad de un análisis más detallado de las áreas específicas donde se generan los ahorros.

Interpretación de Resultados

Los datos sugieren que la incorporación de estrategias sostenibles ha tenido un impacto positivo en múltiples áreas de la gestión de calidad. Entre los beneficios más destacados se encuentran el aumento en la satisfacción del cliente y las mejoras en la eficiencia operativa, lo que demuestra que la sostenibilidad no solo aborda aspectos ambientales, sino que también agrega valor a la calidad del producto y a la percepción del cliente. Además, los resultados muestran una tendencia hacia la reducción de costos en los procesos, aunque se requiere un análisis a largo plazo para validar estos efectos.

Implicaciones Prácticas y Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos, se plantean las siguientes recomendaciones:

Capacitación del personal: Incrementar la formación de los colaboradores en prácticas sostenibles para consolidar su compromiso y comprensión sobre la importancia de estas estrategias.

Seguimiento a largo plazo: Realizar un monitoreo continuo de los beneficios en términos de eficiencia operativa, lo que permitirá generar evidencia cuantitativa sobre los ahorros y justificar la inversión en sostenibilidad.

Comunicación del compromiso: Promover activamente el compromiso de la empresa con la sostenibilidad, tanto interna como externamente, para mejorar la percepción de la marca y fomentar la lealtad de los clientes.

CONCLUSIONES

El análisis realizado sobre las estrategias sostenibles y la gestión de calidad en Empresa Hortícola demuestra que la adopción de prácticas sostenibles ha generado impactos positivos en la reducción del impacto ambiental, la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente. Los resultados destacan que la mayoría de los encuestados perciben mejoras significativas en términos de calidad y eficiencia, así como beneficios tangibles en la reducción de costos operativos.

Sin embargo, se identificaron áreas de oportunidad. Aunque la percepción sobre la sostenibilidad es en general positiva, los beneficios ambientales aún no son plenamente visibles para todos los colaboradores. Esto sugiere la necesidad de fortalecer las estrategias de comunicación interna y promover acciones adicionales que sensibilicen a los empleados sobre los logros alcanzados en materia ambiental. Además, en comparación con otros estudios, los beneficios relacionados con la reducción de costos operativos no fueron tan evidentes, posiblemente debido al carácter gradual de estos efectos.

Con base en estas conclusiones, se recomienda que la Empresa Hortícola implemente mecanismos de seguimiento más detallados y de largo plazo que permitan cuantificar de manera precisa los beneficios económicos y ambientales. Asimismo, futuras investigaciones podrían enfocarse en ampliar el tamaño de la muestra y explorar el impacto de la sostenibilidad en áreas como la motivación del personal y la eficiencia de la cadena de suministro.

Este trabajo contribuye a conocer el impacto de las estrategias sostenibles en la gestión de calidad en una empresa hortícola, evidenciando su potencial para crear valor tanto a nivel operativo como en la percepción de los clientes. La Empresa Hortícola se posiciona como un referente en la integración de sostenibilidad y calidad, sentando las bases para un modelo de negocio más responsable, competitivo y alineado con las exigencias del mercado actual.

LITERATURA CITADA

Javier, F. (2023). *Análisis de la sostenibilidad de un sistema de gestión de la calidad a través de un estudio de casos exploratorio*. Mecanismos organizativos que la condicionan. [Análisis de la sostenibilidad de un sistema de gestión de la calidad a través de un estudio de casos exploratorio. Mecanismos organizativos que la condicionan - Dialnet](#) Fecha de consulta. 10 septiembre 2024.

- Pérez, P. (2023). *Enfoque integrado entre calidad y sostenibilidad - ISO 9001:2015. ISO 9001:2015.* <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2023/06/enfoque-integrado-entre-calidad-y-sostenibilidad/>. Fecha de consulta. 10 septiembre 2024.
- León, R. (2024). *Clase Ejecutiva Online UC. Clase Ejecutiva UC.* <https://www.claseejecutiva.com.mx/blog/articulos/sostenibilidad-gestion-de-calidad-excelencia/> Fecha de consulta. 17 septiembre 2024.
- KAIZEN. (2023). *La Importancia de una Estrategia de Sostenibilidad | KAIZEN.* Kaizen.com. <https://kaizen.com/es/insights-es/importancia-estrategia-sostenibilidad/> Fecha de consulta. 04 octubre 2024.
- Guzmán Ana, (2022). *Desarrollo Sostenible como estrategia empresarial.* Atlas Glov. de <https://welcome.atlasgov.com/es/blog/esg/desarrollo-sostenible-como-estrategia-empresarial/> Fecha de consulta. 23 de octubre de 2024.
- Ramos Carlos. (2029). *Desarrollo sostenible: una oportunidad para las organizaciones.* KPMG. <https://www.delineandoestrategias.com.mx/blog-de/desarrollo-sostenible-una-oportunidad-para-las-organizaciones> Fecha de consulta. 25 octubre 2024.
- Jomsmx. (2024). *5 prácticas para Reducir el Impacto Ambiental en la Industria.* JOMSMX. Tomado de <https://www.jomsmx.com.mx/blog-industrial/reducir-impacto-ambiental/> Fecha de consulta. 25 octubre 2024.

LEGUMINOSAS DE COBERTURA EN PLANTACIONES DE LIMÓN PERSA EN VERACRUZ

Javier Francisco Enríquez-Quiroz^{1*}, Cristian Matilde-Hernández¹ y Valentín A.

Esqueda-Esquivel¹

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental la
Posta. Km 22.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba. Paso del Toro, C. P. 94277, Mpio. Medellín,
Veracruz. Autor de correspondencia: enriquez.javier@inifap.gob.mx

RESUMEN

Las leguminosas son plantas que tienen la posibilidad de ser utilizadas como cultivos de cobertura en plantaciones de cítricos y otras especies arbóreas, se caracterizan por sus funciones multipropósitos que incluyen la supresión de arvenses, conservación de suelo y agua, control de plagas y enfermedades, alimentación humana y animal. El objetivo fue evaluar leguminosas de cobertura, como alternativa para suprimir arvenses en plantaciones de limón persa. La evaluación se realizó 21 meses posteriores a la siembra de las leguminosas, en una huerta de limón con árboles de 3 a 15 años de edad. Se evaluaron 10 tratamientos en donde se midió: altura, cobertura y acumulación de biomasa aérea, bajo un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones. Los resultados indican diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos, en altura se tuvieron valores máximos de 80 y 88 cm, alcanzados por kudzu y “coctel” (combinación de las leguminosas en evaluación); no hubo diferencias ($P > 0.05$) en altura de maleza. Para cobertura de leguminosas los mejores fueron kudzu, “coctel” y la combinación kudzu-centro-soya perenne con valores de 100%, y para cobertura de maleza, valores de 100% fueron para el testigo enhierbado, control químico y el rastreo con diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos. La producción de biomasa de leguminosas tuvo valores máximos de 7676 kg/ha de materia seca (MS), cacahuatillo y cacahuatillo + clitoria tuvieron los valores más bajos con diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos. La mayor producción de biomasa de maleza fue para el rastreo y testigo enhierbado con diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos. Se concluye que, a casi dos años

después de siembra sobresalen por su capacidad de supresión de arvenses: *Pueraria phaseoloides* (kudzu), *Neonotonia wightii* (soya perenne y *Centrosema pubescens* (centro), solas y combinadas.

Palabras clave: arvenses, *Centrosema pubescens*, *Pueraria phaseoloides*.

ABSTRACT

Legumes are plants that can be used as cover crops in citrus plantations and other tree species. They are characterized by their multipurpose functions, which include weed suppression, soil and water conservation, pest and disease control, and human and animal feed. The objective was to evaluate cover legumes as an alternative to suppress weeds in Persian lemon plantations. The evaluation was carried out 21 months after the sowing of legumes, in an orchard with trees from 3 to 15 years old. Ten treatments were evaluated, in which the following were measured: height, coverage, and accumulation of aboveground biomass, under a randomized block design with four replications. The results indicate differences ($P < 0.05$) between treatments, in height there were maximum values of 80 and 88 cm, reached by kudzu and "cocktail" (combination of legumes under evaluation); there were no differences ($P > 0.05$) in weed height. For legume cover the best were kudzu, "cocktail" and the combination kudzu-center-perennial soybean with values of 100%, and for weed cover, values of 100% were for the weeded control, chemical control and tracking with differences ($P < 0.05$) between treatments. The biomass production of legumes had maximum values of 7676 kg/ha of dry matter (DM), peanut and peanut + clitoria had the lowest values with differences ($P < 0.05$) between treatments. The highest weed biomass production was for the tracking and weeded control with differences ($P < 0.05$) between treatments. It is concluded that, almost two years after sowing, the following stand out for their weed suppression capacity: *Pueraria phaseoloides* (kudzu), *Neonotonia wightii* (perennial soybean) and *Centrosema pubescens* (center), alone and in combination.

Keywords: weeds, *Centrosema pubescens*, *Pueraria phaseoloides*.

INTRODUCCIÓN

México es el segundo productor de limón en el mundo; cuenta con una extensión de más de 215 mil hectáreas establecidas en 28 estados, en los que se producen aproximadamente 3.19 millones de toneladas anuales. En 2022, los principales estados productores fueron: Veracruz y Michoacán, con 859,613 y 856,744 toneladas de fruto, respectivamente. El valor de la producción de limón fue superior a 28,156 millones de pesos, en donde Michoacán obtuvo el 38.4 del total nacional, y el comercio de exportación fue de 758 millones de dólares. La superficie dedicada a la producción de limón en México de 2014 a 2023 creció 4.3%. Cinco estados concentran el 80% del volumen de producción en el país: Veracruz, Michoacán, Oaxaca, Colima y Tamaulipas, con una producción de 2'352,380 toneladas, con un consumo anual percapita del país de 18.6 kg. (SIAP, 2023). El uso de agroquímicos utilizados en las plantaciones de cítricos es importante para obtener una productividad alta (Pérez-López *et al.*, 2014; Fernández-Lambert *et al.*, 2017); sin embargo, una de las alternativas biológicas que pueden ser útiles en el control de arvenses, son las leguminosas de cobertura que, por su tipo de crecimiento y cobertura del suelo, permiten controlar las arvenses, aportar materia orgánica, fijar nitrógeno y proteger el suelo y así, evitar la erosión, además de otras características deseables, por lo que se considera una de las opciones más viables para mantener un ambiente agroecológico más amigable para el ecosistema y sin riesgos a la salud de las personas (Pound, 1999; Sandoval y Cortés, 2004). El objetivo de este ensayo fue evaluar leguminosas de cobertura como una alternativa para evitar la utilización de herbicidas en plantaciones de cítricos.

MATERIALES Y MÉTODOS

En septiembre de 2021 se estableció un experimento en una huerta establecida con limón persa, en el municipio de Martínez de la Torre, Veracruz, México, a los 20°10'01" de latitud Norte, 97°06'20" de longitud Oeste, a una altitud de 103 m. De acuerdo con García (1987), la región tiene clima cálido-húmedo con 24°C de temperatura media y 1,980 mm de lluvia anual, y sin estación seca definida. El experimento se sembró en una huerta de limón persa heterogénea, es decir, tiene

árboles de 1 a 15 años de edad que se substituyen conforme presentan síntomas de enfermedades o muertes, lo cual es representativo de la zona; los árboles se podan frecuentemente y las alturas que alcanzan en promedio son de 1.7 a 2.50 metros; la distancia entre árboles es de 3 a 4 metros y entre callejones de 6 a 7 metros. Los tratamientos consistieron en la siembra de leguminosas sobre el espacio o calle entre dos hileras de árboles. Se evaluaron 10 tratamientos, que incluyeron especies de leguminosas sembradas en monocultivo y combinadas, la denominada “coctel” incluyo una mezcla de todas las especies; además, se incluyó un tratamiento de rastreo, otro con una aplicación de glifosato y el testigo enhierbado. En este trabajo, la evaluación correspondió al desarrollo de las coberturas a 21 meses después de la siembra (septiembre del 2021), y cuyos resultados del establecimiento y un corte de producción de biomasa fueron registrados por Enríquez *et al.*, (2022); Enríquez *et al.*, (2023). Durante los meses de enero a mayo, las leguminosas de cobertura permanecieron en campo sin disturbio hasta principios de junio 2023, que reiniciaron su desarrollo y se procedió a registrar la acumulación de biomasa aérea, también se registró la altura y cobertura de plantas, y cosechó 1 m² de la biomasa aérea verde producida, con lo cual se calculó la producción de materia seca (MS) por hectárea de cada uno de los tratamientos evaluados (Toledo y Schulze-Kraft 1982). Los resultados se analizaron mediante un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones con PROC GLM de SAS, y para la comparación de medias en los casos pertinentes se utilizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad (SAS Institute, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de leguminosas y maleza

A casi dos años de haber sembrado este experimento y después de haber concluido la época seca, la altura de plantas de las leguminosas se muestra en el Cuadro 1, en donde observan diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos, con variaciones en altura de las leguminosas de 11 a 88 cm, acordes al habito de crecimiento de las especies evaluadas, alcanzando los mayores valores “coctel” y kudzu, que fueron

diferentes al resto de los tratamientos. Para el caso de la altura de malezas no hubo diferencias significativas ($P>0.05$), las variaciones estuvieron en el orden de 17 a 58 cm. Para leguminosas de cobertura es deseable que tengan una altura baja como es el caso de la Soya perenne o *Neonotonia wightii*, que tuvo la altura más baja de las leguminosas de crecimiento voluble como se puede observar en el Cuadro 1, y dicha información es indicada por Lesueur *et al.*, (2011), quienes la consideran una buena cobertura, útil para cubrir el suelo y controlar la maleza.

Cobertura aérea de leguminosas y maleza

Para estas variables hubo diferencias ($P<0.05$) entre tratamientos, al respecto hubo dos leguminosas solas o en combinación que tuvieron coberturas del 100%, las cuales se presentan en el Cuadro 1, el tratamiento que registro el valor más bajo de cobertura fue cacahuatillo + clitoria con 34%, aunque sigue persistiendo ambos componentes, existe una dominancia del cacahuatillo, que es una especie que requiere más tiempo y precipitación para el rebrote, ya que es una especie que va de menos a más, lo que le permite expandirse sobre el terreno cuando las condiciones ambientales mejoran; el resto de los tratamientos tuvieron valores promedio de cobertura 70 a 88%. Cabe señalar que el kudzu y coctel, y la combinación kudzu-centro-soya, mostraron una buena asociación entre ellas, no hubo presencia de maleza por la amplia capacidad de cobertura y agresividad de las especies evaluadas, que es una de las características más importantes que se busca en las leguminosas que se utilizan para cobertura en cultivos perennes como los cítricos, es decir, la supresión de malezas mediante este medio de control biológico. Dichas especies son recomendadas para este fin tal como lo señalan diversos autores (Peters *et al.*, 2011; Yan y Choi 1997). En la cobertura de malezas hubo diferencias ($P<0.05$) entre tratamientos, en donde la cobertura de maleza predominó en el testigo, rastreo y la aplicación de glifosato, con valores de cobertura del 100%, el tratamiento de leguminosas que registro valores altos de cobertura de malezas fue cacahuatillo + clitoria con 66%, producto de la desaparición de las

parcelas de clitoria, lo que posiblemente se deba a que esta especie presenta un ciclo de crecimiento bianual.

Cuadro 1. Altura y Cobertura de leguminosas y malezas (%) en plantaciones de limón persa, en Martínez de la Torre, Veracruz.

Tratamientos - Especies	Altura de leguminosas (cm)	Altura de malezas (cm)	Cobertura de leguminosas (%)	Cobertura de malezas (%)
Testigo enhierbado	0 d	17 a	1 c	100 a
Glifosato	0 d	23 a	0 c	100 a
Rastreo	0 d	38 a	0 c	100 a
Kudzú + Centro + Soya perenne	70 abc	28 a	100 a	0 c
<i>Neonotonia wightii</i> (soya perenne)	54 c	56 a	88 ab	12 bc
<i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzú)	80 a	0 a	100 a	0 c
Coctel (Todas las leguminosas)	88 a	0 a	100 a	0 a
<i>Arachis pinto</i> (cacahuatillo)	11 d	26 a	70 ab	30 c
<i>Centrosema pubescens</i> (centro)	56 bc	57 a	73 ab	37 c
Cacahuatillo + clitoria	73 ab	58 a	34 bc	66 ab

Letras diferentes entre columnas indican diferencias entre tratamientos Tukey ($p < 0.05$).

Producción de materia seca de leguminosas

La producción de MS después del inicio de las lluvias se presenta en el Cuadro 2, la mayor producción fue de 7676 kg/ha, que se logró con el tratamiento que incluía la combinación de tres leguminosas de crecimiento rastrero que fueron: kudzú + centro + soya perenne, que muestran una buena asociación entre ellas. Es de destacar que también fueron importantes por su rendimiento estas tres especie en monocultivo cuya producción de materia seca, fluctuó de los 5,374 a 6702 kg/ha, y dentro de este mismo rango fue incluido el tratamiento denominado “coctel” el cual se conformó con la combinación de todas las leguminosas en forma proporcional, con un rendimiento de materia seca de 6,612 kg/ha, y la menor producción fue para cacahuatillo + clitoria, que registraron baja cobertura y por consiguiente producción con 1829 kg/ha. Cabe señalar que clitoria, por su ciclo de vida o comportamiento productivo bianual, es una especie que tiende a desaparecer del terreno lo que la hace ser una leguminosa de corta vida o persistencia, aunque con un buen

desempeño inicial en cobertura del suelo y producción de biomasa, por lo que puede ser una alternativa temporal que requiere establecerse nuevamente una vez que termine su ciclo de producción para mantenerla como coberturas de cítricos.

Producción de materia seca de maleza

Para materia seca de maleza, hubo diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos, la mayor producción de esta fue alcanzada por el testigo y el rastreo con valores de 8378 y 9199 kg/ha de materia seca, tal como se observa en el Cuadro 2. Para el resto de los tratamientos, la única leguminosa que no registro valores de producción de materia seca de maleza fue kudzu, logrado por su agresividad y dominancia del suelo donde crece.

Para el resto de los tratamientos los valores fueron de 578 a 5429 kg/ha de materia seca. Si se tiene como objetivo evitar en lo posible el uso de agroquímicos en el control de maleza en huertas de cítricos, las leguminosas de crecimiento rastrero como kudzu, centro y soya perene, mostraron alta capacidad para suprimir la maleza a lo largo de casi dos años de permanencia en el terreno, lo que las hace ver como una alternativa para su uso como cultivos cobertura en plantaciones de cítricos y posiblemente en otras especies arbóreas. Los beneficios que se esperan por efecto de las coberturas de leguminosas no son inmediatos y es necesario esperar un tiempo para ver los resultados, sin embargo, es necesario realizar un manejo apropiado para conservar y mantener las coberturas, lo que indiscutiblemente conducirá al mejoramiento de la salud del suelo, protegido de la degradación y aportación de nutrimentos lo que podría garantizar rendimientos sostenibles de los cultivos (Idowu y Flynn 2013).

Cuadro 2. Producción de materia seca (MS) de leguminosas y malezas, en plantaciones de limón persa al inicio de la época de lluvias (junio 2023).

Tratamiento - Especies	Materia seca (kg/ha)	
	MS	MS
	Leguminosa	Maleza
Testigo enhierbado	---	8378 a
Glifosato	---	5119 abc
Rastreo	---	9199 a
Kudzú + Centro + Soya perenne	7676 a	1920 bcd
<i>Neonotonia wightii</i> (Soya perenne)	5374 a	2299 bcd
<i>Pueraria phaseoloides</i> (Kudzú)	6702 a	0 d
Coctel (Todas las leguminosas)	6612 a	578 cd
<i>Arachis pintoii</i> (Cacahuatillo)	1906 b	2377 bc
<i>Centrosema pubescens</i> (Centro)	6266 a	1799 bcd
Cacahuatillo + Clitoria	1829 b	5429 ab

Letras diferentes entre columnas indican diferencias entre tratamientos Tukey ($p < 0.05$).

CONCLUSIONES

A 21 meses después de siembra, por capacidad de supresión de maleza, persistencia, aportaciones de biomasa al suelo sobresalen las leguminosas: *Pueraria phaseoloides* (kudzu), *Neonotonia wightii* (soya perenne y *Centrosema pubescens* (centro), solas y en combinación en huertas de limón persa.

LITERATURA CITADA

- Enríquez Q. J. F, C. Matilde H., V. A. Esqueda E. y U. A. Díaz Z. (2022). Establecimiento y producción de biomasa de leguminosas de cobertura en plantaciones de limón persa. p. 380-387. In: Zetina L. R., O. H. Tosquy V., M. V. Vázquez H., A. L. Del Ángel P. V. A. Esqueda E. y C. Perdomo M. (comps.). Investigaciones Científicas y Tecnológicas para la Seguridad Alimentaria Veracruz. Año 1, No. 1.
- Enríquez-Quiroz J., Matilde-Hernández C. y Esqueda-Esquivel V. (2023). Supresión de malezas con leguminosas de cobertura en plantaciones de limón persa en

- Veracruz. XIII Reunión Nacional de Investigación Agrícola. Memoria. Chihuahua, Chih., 8 - 11 de noviembre de 2023. pp. 311-313.
- Fernández-Lambert, G., A. Aguilar-Lasserre, C. Azzaro-Pantel, M. A. Miranda A., R. Purroy V. y M. R. Pérez-Salazar. (2017). Behavior patterns related to the agricultural practices in the production of Persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka) in the seasonal grove. Comput. Electron. Agric. 116:162-172. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.06.007>
- García, E. (1987). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana). 4ªed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- Idowu J. y Flynn R. (2013). Understanding Soil Health for Production. Agriculture in New Mexico. Cooperative Extension Service, College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences Guide A-148. New Mexico State University. Las Cruces N. M. 4 p.
- Lesueur J. M., Le Bellecb F., Lavigne Ch., Achardc R. y Malézieuxd E. (2011). Choosing cover crops to enhance ecological services in orchards: a multiple criteria and systemic approach applied to tropical areas. Procedia Enviromental Sciences 9:104-112. <https://>
- Pérez-López, M., F. González-Torralva, H. Cruz-Hipólito, F. Santos, J. A. Domínguez-Valenzuela y R. De Prado. (2014). Characterization of glyphosate-resistant tropical sprangletop (*Leptochloa virgata*) and its alternative chemical control in Persian lime orchards in Mexico. Weed Sci. 62:441-450. [https://www.researchgate.net/publication/270828835 Characterization of Glyphosate-Resistant Tropical Sprangletop Leptochloa virgata and Its Alternative Chemical Control in Persian Lime Orchards in Mexico](https://www.researchgate.net/publication/270828835_Characterization_of_Glyphosate-Resistant_Tropical_Sprangletop_Leptochloa_virgata_and_Its_Alternative_Chemical_Control_in_Persian_Lime_Orchards_in_Mexico)
- Peters, M., Franco, L. H., Schmidt, A. e Hincapié, B. (2011). Especies forrajeras multipropósito: opciones para productores del trópico americano. Centro Internacional de Agricultura Tropical. BMS/gtz. Cali, Colombia. 214 p. <https://hdl.handle.net/10568/54681>

- Pound, B. (1999). Cultivos de cobertura la agricultura sostenible en América Latina. p. 97-120. *In*: Agroforestería para la producción animal en América Latina. Memorias de una conferencia electrónica realizada de abril a septiembre de 1988. Food and Agriculture Organization. Roma, Italia.
- Sandoval, R. J. A. y M. F. Cortés M. (2004). Leguminosas de cobertura asociadas a naranjo 'Valencia' en huertas establecidas en ladera. p. 95-104. *In*: Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano. Libro Científico No. 1. INIFAP, CP, ITA No. 18, ITMAR, No.1, UACH, U.V. Veracruz, Ver., México.
- SAS Institute. (2003). SAS Language: Release 8.2 for Windows. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2023). Panorama agroalimentario 2023. Agricultura. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. 215 p. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035>
- Toledo, J. M. y R. Schulze-Kraft. (1982). Metodología para la evaluación de pastos tropicales. p. 91-110. *In*: Toledo, J. M. (ed.). Manual para la evaluación agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- Yan K. Ch y Choi CH. W. (1997). *Centrosema* en las plantaciones de especies arbóreas. p. 375-400. *In*: R. Shultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grain (eds.). *Centrosema*: Biología, Agronomía y Utilización. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, Cali, Colombia.

LINEAS EXPERIMENTALES DE CEBADA MALTERA, CON RESISTENCIA A TIZONES FOLIARES, PARA VALLES ALTOS DE MEXICO

Mirna Bobadilla Meléndez^{1§}, Mauro R. Zamora Díaz², J. Roberto A. Dorantes González¹, Rocío E. Hernández Caldera¹, Alfredo Josué Gámez Vázquez¹, Miguel A. Avila Perches.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Bajío, Carretera Celaya-San Miguel de Allende Km 6.5, Celaya, Guanajuato, CP 38110. ²INIFAP Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), Carretera Los Reyes-Textcoco Km 13.5 Coatlinchán, Textcoco, Estado de México, CP 56250. §Autor de correspondencia:

bobadilla.mirna@inifap.gob.mx

RESUMEN

El cultivo de cebada en México se establece en los Valles Altos, en condiciones de temporal, para la producción de grano que será destinado a la industria maltera. Mientras que, en El Bajío se siembra en riego para la producción de semilla. Sin embargo, la productividad y calidad de la semilla y del grano se ven afectadas por la presencia de enfermedades foliares como la mancha reticular (*Drechslera teres*, Dt) y la mancha borrosa (*Bipolaris sorokiniana*, Bs) también son conocidas como helmintosporiosis en cebada. El objetivo del trabajo fue evaluar la incidencia y severidad de la helmintosporiosis en líneas avanzadas de cebada maltera. Se establecieron dos ensayos en CEVAMEX, Chapingo, México, bajo condiciones de temporal, en un diseño Láttice simple 4 x 4 con cuatro repeticiones. La siembra estuvo conformada por 16 líneas avanzadas denominadas Elite y 25 líneas experimentales en parcelas preliminares de rendimiento (PPR). Se evaluó el rendimiento, incidencia y severidad de Bs y Dt, con la escala de Mahta. Los resultados obtenidos en los genotipos Elite, muestran que el 93 % de las líneas, presentaron Dt con una severidad de 1.6 %, no se registró la incidencia de Bs. En el ensayo de PPR se observó la presencia de Bs en el 44 % de las líneas con severidades del 1.6 al 10.2 %, y Dt estuvo presente en el 75 % de los genotipos (1.6 a 5.2 % de severidad). El daño de Dt posiblemente estuvo influenciado por las

condiciones ambientales que prevalecieron durante el desarrollo del cultivo. Por lo tanto, la severidad de Bs probablemente este influenciada por la resistencia genética del germoplasma evaluado. Los métodos de selección utilizados por el programa de mejoramiento genético de cebada han permitido generar genotipos resistentes para la mancha borrosa, no siendo así para la mancha reticular.

Palabras clave: *Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera teres*, *Hordeum vulgare*, mejoramiento genético, helmintosporiosis

ABSTRACT

Barley is grown in Mexico in the high valleys, under rainfed conditions, for the production of grain that will be destined for the malting industry. Meanwhile, in El Bajío it is sown under irrigation for seed production. However, the productivity and quality of the seed and grain are affected by the presence of foliar diseases such as reticular spot (*Drechslera teres*, Dt) and blurred spot (*Bipolaris sorokiniana*, Bs) also known as helminthosporiosis in barley. The objective of the work was to evaluate the incidence and severity of helminthosporiosis in advanced lines of malting barley. Two trials were established at CEVAMEX, Chapingo, Mexico, under rainfed conditions, in a simple 4 x 4 Lattice design with four replications. The sowing consisted of 16 advanced lines called Elite and 25 experimental lines in preliminary yield plots (PPR). The yield, incidence and severity of Bs and Dt were evaluated using the Mahta scale. The results obtained in the Elite genotypes show that 93 % of the lines presented Dt with a severity of 1.6 %, but no incidence of Bs was recorded. In the PPR test, the presence of Bs was observed in 44 % of the lines with severities ranging from 1.6 to 10.2 %, and Dt was present in 75 % of the genotypes (1.6 to 5.2 % severity). The damage caused by Dt was possibly influenced by the environmental conditions that prevailed during the development of the crop. Therefore, the genetic resistance of the evaluated germplasm probably influences the severity of Bs. The selection methods used by the genetic improvement program of barley have allowed the generation of genotypes resistant to blurry spot, but not so for net spot.

Keywords: *Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera teres*, *Hordeum vulgare*, genetic improvement, helminthosporiosis

INTRODUCCIÓN

El cultivo de cebada en México se establece principalmente en el ciclo agrícola P-V en Valles Altos, en condiciones de temporal, se destinan alrededor de 250 mil ha para la producción de éste grano que será destinado a la industria maltera como insumo para la elaboración de cerveza. Mientas que, en el ciclo agrícola O-I se establecen aproximadamente 50 mil ha, destinadas para la producción de semilla y grano, bajo condiciones de riego, en los estados que comprende El Bajío. (SIAP, 2024). Sin embargo, la producción y calidad de la semilla y grano se ven afectadas por la presencia de enfermedades foliares como son la escaldadura causada por *Rhynchosporium secalis*, la mancha reticular causada por *Drechslera teres* (sin. *Helminthosporium teres*) y la mancha borrosa originada por *Bipolaris sorokiniana* (sin. *H. sativum*) estos últimos también son conocidos como los agentes causales de la helmintosporiosis en cebada, los problemas fitosanitarios mencionados se observan con mayor frecuencia en las siembras de temporal en los Valles Altos, ocasionalmente se registran en siembras de riego en El Bajío (Rodríguez *et al.*, 2022). Además de ocasionar daños al follaje, pueden ser transmitidas por la semilla lo que afecta la germinación de la misma y la emergencia de la plántula al momento de la siembra, también, causan la pudrición de raíz y tizón en plántulas. Estas enfermedades ocasionan una reducción en el rendimiento, del 85 hasta el 100 % (Mehta, 2014, González *et al.*, 2021). La limitación en la germinación de una semilla no solo afecta su nacencia y vigor en campo, para el caso de cebada como parte del proceso de malteado, es indispensable que el grano germine para que se lleve a cabo la síntesis de enzimas que van a convertir el almidón en azúcares, por lo tanto, un proceso de malteo alterado tiene efectos negativos en la separación de componentes para la extracción de malta de calidad (Huerta *et al.*, 2014)

La mancha borrosa se caracteriza por producir lesiones en las hojas y espigas de color marrón sin contornos definidos (borrosa), pueden ser de forma oval o redondeadas, acompañadas por la presencia de un halo amarillo, para que se establezca la infección el patógeno requieren temperaturas de 20 a 25 °C y alta humedad relativa o abundante rocío (Rodríguez *et al.*, 2020).

La mancha reticular es un problema fitosanitario que afecta solo al cultivo de cebada, no se cuenta con reportes en otros cereales, está presente con mayor frecuencia en las siembras de temporal, los síntomas característicos que distinguen a esta enfermedad son la formación de estrías necróticas longitudinales con otras transversales, lo que da la apariencia de red, las lesiones son de café oscuro con bordes indefinidos. Cuando las infecciones son severas invaden todo el tejido foliar y muestran una apariencia de secadera, para su desarrollo el patógeno requiere temperaturas de 15 a 25 °C y humedad relativa mayor al 90 % (Rodríguez *et al.*, 2022). El nivel de incidencia de las enfermedades foliares depende de las condiciones ambientales que se presenten durante el desarrollo del cultivo y el nivel de resistencia de los genotipos (Gilchrist-Saavedra *et al.*, 2000). En la actualidad un alto porcentaje de variedades cultivadas en México son variedades introducidas, con un nivel de adaptación bajo para las condiciones locales. El Programa de Mejoramiento Genético de Cebada del Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) tiene como encomienda generar variedades con características agronómica y fitosanitarias acorde a las condiciones que demandan los productores para producir semilla y granos de calidad. El objetivo fue evaluar la incidencia y severidad en líneas avanzadas de cebada maltera para identificar fuentes de resistencia a helmintosporiosis.

MATERIALES Y METODOS

Evaluación de material genético en campo

Las parcelas de evaluación se establecieron en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX) del INIFAP, ubicado en “El Horno”, Chapingo, Estado de México bajo condiciones de temporal, se empleó un diseño experimental Láttice simple 4 x 4 con cuatro repeticiones, ciclo agrícola P-V 2023. La siembra estuvo integrada por dos ensayos, uno estuvo conformado por 16 líneas experimentales avanzadas denominadas Elite, son las de mayor homocigosis, el otro por 25 líneas experimentales en parcelas preliminares de rendimiento (PPR) que son de menor homocigosis. Como testigos se consideraron dos variedades comerciales, Estelar y

Esmeralda en el ensayo denominado Elite; mientras que, para el ensayo de PPR Estelar y Maravilla, recomendadas para condiciones de temporal.

La dosis de fertilización se realizó conforme a las recomendaciones técnicas para el cultivo de cebada maltera de temporal generada por el INIFAP. La densidad de siembra fue de 100 kg ha⁻¹. Se tomaron variables agronómicas como días a floración, días a madurez fisiológica, altura de planta (datos no mostrados) y rendimiento. El rendimiento se obtuvo al cosechar la parcela útil (3.6 m²) que consistió de cuatro surcos de 3 m de largo con 0.3 m de separación entre hileras.

Evaluación de la severidad de las manchas foliares en campo

La inoculación fue natural. Se evaluó la severidad de la mancha borrosa (*Bipolaris sorokiniana*, Bs) y de la mancha reticular (*Drechslera teres*, Dt) durante la etapa de llenado del grano. Se empleó la escala de Mahta (2014), comprende ocho niveles: 1 = 1.6 %; 2 = 5.2 %; 3 = 10.2 %; 4 = 19.4 %; 5 = 41.3 %; 6 = 69.5 %; 7 = 80.3 % y 8 = 97.8 %. A Los resultados se les realizó un análisis de componentes principales con el programa SAS (versión 9.4).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el ensayo de líneas avanzadas Elite, no se registró la presencia de la mancha borrosa causada por *Bipolaris sorokiniana* (Bs), la mancha reticular (*Drechslera teres*, Dt) se presentó en el 93 % de las líneas, con una severidad de 1.6 %, de acuerdo a la escala propuesta por Mehta (2014), con excepción de la línea 10 que mostró una severidad de 5.2 %. En el ensayo de líneas experimentales en PPR, se observó la presencia de Bs en el 44 % de las líneas con severidades que van del 1.6 al 10.2 %, mientras que, Dt estuvo presente en el 75 % de los genotipos con severidades de 1.6 a 5.2 %. La severidad de Dt posiblemente estuvo influenciada por las condiciones ambientales que prevalecieron durante el desarrollo del cultivo, el ciclo agrícola P-V 2023 se caracterizó por precipitaciones escasas con temperaturas altas. Por lo tanto, la severidad de Bs probablemente este influenciada por la resistencia genética del germoplasma evaluado, las líneas Elite tienen mayor número de ciclos de selección (mayor homocigosis) en comparación con las líneas PPR que son las que poseen menor ciclos de selección (menor homocigosis).

Con relación a la variable de rendimiento, las líneas avanzadas 5, 2, 12, 8 y 11 son prometedoras en cuanto a su producción, superaron a los testigos comerciales Maravilla y Esmeralda, así como, al rendimiento promedio ($1,800 \text{ kg ha}^{-1}$) reportado por el SIAP (2024) para el Estado México.

El análisis de componentes principales que se realizó a los datos obtenidos en el ensayo de líneas avanzadas Elite, indicó que Dt fue la variable de mayor importancia en el CP1, para el CP2 fue rendimiento. Este análisis explica el 100% de la variación total (Figura 1). La dispersión de los genotipos con relación a su respuesta a las variables de estudio se puede observar en la Figura 1, las líneas 11, 2, 5, 8 y 12 muestran potencial como como fuentes de tolerancia a Dt. Este análisis permitió explicar el 100 % de la varianza total con dos componentes principales.

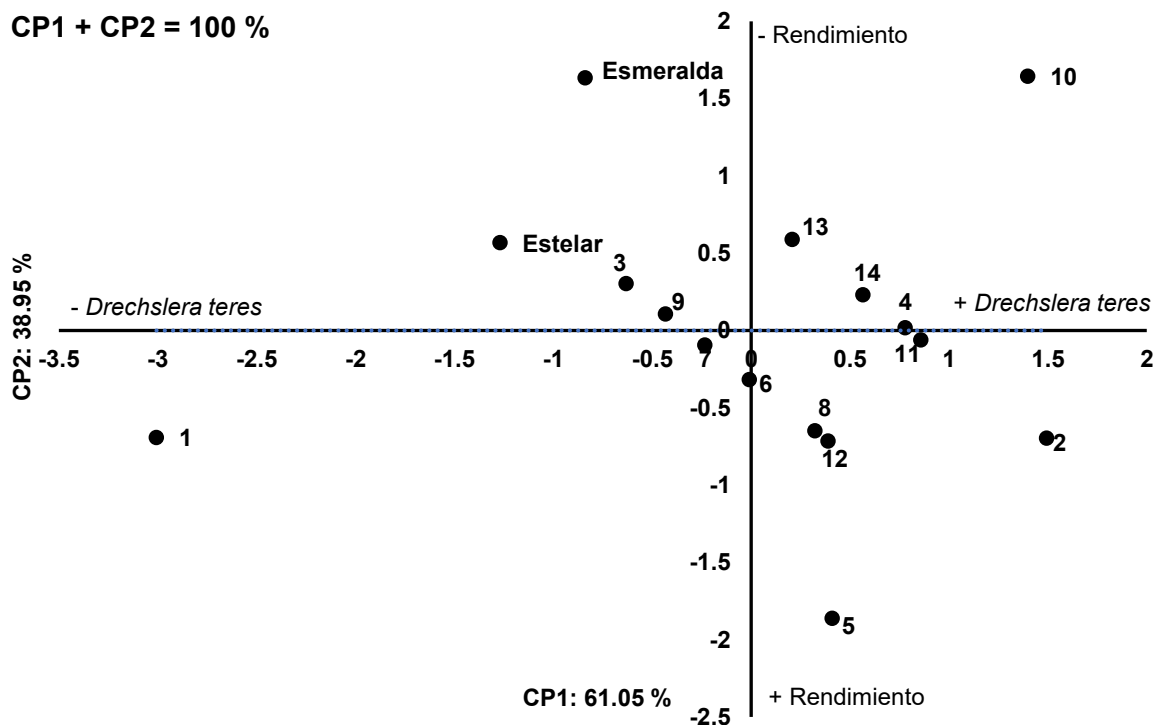


Figura 1. Dispersión de las líneas avanzadas Elite de cebada maltera por su rendimiento y su respuesta a helmintosporiosis. CEVAMEX, INIFAP, Chapingo, Estado de México.

El análisis estadístico de componentes principales que le realizó a los datos registrados en el ensayo de líneas experimentales PPR, indicó que Dt y rendimiento fueron las variables de mayor importancia para el CP1, existe correlación entre ellas, para el CP2 fue Bs. Este análisis explica el 76.24 % de la variación total (Cuadro 1).

Cuadro 1. Vectores característicos de los componentes principales para el ensayo PPR

Variable	Componentes principales (CP)		
	CP1	CP2	CP3
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	0.058513	0.989008	-0.135791
<i>Drechslera teres</i>	-0.703009	0.137398	0.697782
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	0.708769	0.054633	0.703322
Valor característico	1.28	1.00	0.71
Varianza explicada (%)	0.4276	0.3348	0.2376

La respuesta de los genotipos a las variables de rendimiento y resistencia a Bs y Dt se pueden observar en la dispersión mostrada en la Figura 2, las líneas que conforman el ensayo PPR cuentan con un menor número de ciclos de selección, lo que conlleva a que sean las de menor rendimiento y mayor susceptibilidad a Bs.

Sin embargo, destacan por su productividad las líneas 4, 6, 11 y 14 y por su resistencia a Bs; para Dt la 16, 6, 19, 20 y 11, el análisis de componentes principales permite eliminar el efecto del ambiente, sobre las variables.

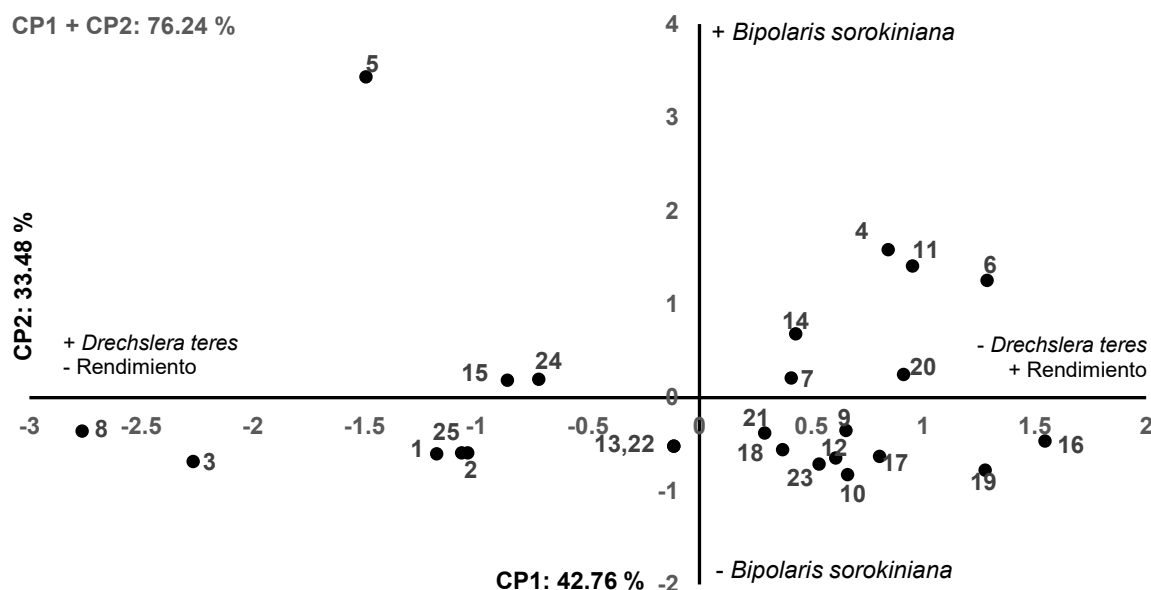


Figura 2. Dispersión de las líneas experimentales PPR de cebada maltera por su rendimiento y su respuesta a helmintosporiosis. CEVAMEX, INIFAP, Chapingo, Estado de México.

CONCLUSIONES

Los métodos de selección utilizados por el programa de mejoramiento genético de cebada del INIFAP, han permitido generar genotipos resistentes para la mancha borrosa, no siendo así por la mancha reticular.

El INFAP cuenta con germoplasma resistente a mancha borrosa para la producción de semilla con calidad fisiológica y sanitaria, además, de buen rendimiento para los productores del Bajío y Valles Altos.

AGRADECIMIENTO

Se agradece al INIFAP por el financiamiento al proyecto de Mejoramiento Genético de Cebada.

LITERATURA CITADA

Gilchrist-Saavedra, L. I. 2000. Problemas fitosanitarios de los cereales de grano pequeño en los Valles Altos de México. Sociedad Mexicana de Fitopatología. Conferencias Magistrales. 18(2): 132-137

- González G.M., Zamora D.M., Solano H.S., Huerta Z.R., Gómez M.R. y Rojas M.I. (2021). Mejoramiento genético de cebada en el INIFAP (1985-2020). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas PE*, (25),15-19.
- Huerta Z. R., Zamora D. M. R., Solano H. S. y López C. M. L. (2014). Friabilidad de malta y predicción de calidad en el mejoramiento genético de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5(4), 577-590.
- Mehta Y.R. (2014). Foliar and stem diseases. In: Mehta Y. R. (Ed.). *Wheat diseases and their management*. Springer, Cham. 133–216p.
- Rodríguez G. M. F., González G. M., Huerta-Espino J., Solano H. S. y Delfín R. J. 2020. Las royas de la cebada en México. Desplegable para productores No. 5. INIFAP-CIRCE-CEVAMEX.
- Rodríguez G.M.F., González G.M. y Mandujano B.A. (2022). Enfermedades de la cebada en México. Folleto técnico No 1. SADER, INIFAP-Campo Experimental Valle de México, México, México. 40 p.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). Anuario estadístico de la producción agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consultado el 20 de octubre de 2024.

LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y LAS CARACTERÍSTICAS NUTRIMENTALES DE *Opuntia Ficus- INDICA* (L.) MILL

Bertha Patricia Zamora Morales¹, Aurelio Báez Pérez^{2*}, Leticia Bonilla Valencia³,
Marisela Cristina Zamora Martínez⁴, Abel Quevedo Nolasco⁵, Jorge Artemio Zegbe
Domínguez⁶

¹INIFAP, CENID-COMEF, Av. Progreso 96, Santa Catarina, Coyoacán, CDMX. C.P. 04010.

²INIFAP Campo Experimental Bajío, 6.5. Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Gto.

C.P. 38010. Colegio de ³Postgraduados, Programa de Hidrociencias, km 36.5 carretera México-

Texcoco Montecillo, Texcoco, Estado de México. C.P. 56230. ⁴INIFAP Campo Experimental

Zacatecas, km 24.5 carretera Fresnillo-Zacatecas. C.P. 98500. *Responsable de la publicación:

baez.aurelio@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se efectuó un estudio en la alcaldía de Milpa Alta, CDMX para evaluar las propiedades fisicoquímicas del suelo y su relación con el contenido nutrimental y propiedades nutricionales de cladodios de nopal-verdura *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, variedad Milpa. Se seleccionaron de manera aleatoria cuatro unidades de producción familiar; se recolectaron muestras de suelo y material vegetal (cladodios de nopal-verdura) para realizar la caracterización edáfica, nutrimental y de análisis proximal. Se realizaron análisis univariados, multivariados y no paramétricos para conocer la relación entre las características del suelo y las propiedades de nopal-verdura. Los resultados de los suelos mostraron una textura franca con cuatro variantes, sin problemas de compactación y concentraciones elevadas de N inorgánico ($N-NO_3 + N-NH_4$) y fósforo extractable. Respecto al contenido nutrimental de los cladodios, los valores de macronutrientes se estuvieron dentro de los parámetros óptimos reportados en la literatura; en tanto que, los micronutrientes, los niveles de Zn, Fe y Cu fueron deficientes en cuanto a valores absolutos. Los resultados del análisis de varianza no mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre sitios para variables asociadas a atributos físicos y de crecimiento de cladodios de nopal-verdura. El análisis de componentes principales indicó que hubo una estrecha relación entre el contenido de proteína de cladodios de nopal-verdura y las concentraciones de N total, P total y K. El contenido de micronutrientes de

cladodios de nopal-verdura y las características edáficas de los sitios bajo estudio indicaron que hubo una relación directa entre el contenido el contenido de proteína de cladodios de nopal-verdura y las concentraciones de Cu y Mn. Mientras que Para el para el caso del Zn y Fe no se observó alguna relación aparente con los sitios de estudio. El valor nutricional de los cladodios de nopal verdura puede asociarse a su contenido de minerales y fibra dietética presente en los cladodios.

Palabras clave: *Opuntia ficus-indica*, nopal-verdura, nutrimental

ABSTRACT

A study was carried out in the municipality of Milpa Alta, CDMX to evaluate the physicochemical properties of the soil and its relationship with the nutritional content and nutritional properties of nopal-vegetable cladodes *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, Milpa variety. Four family production units were randomly selected; soil and plant material samples (nopal-vegetable cladodes) were collected to carry out the edaphic, nutritional and proximal analysis characterization. Univariate, multivariate and non-parametric analyses were carried out to determine the relationship between soil characteristics and nopal-vegetable properties. The results of the soils showed a loamy texture with four variants, without compaction problems and high concentrations of inorganic N ($N-NO_3 + N-NH_4$) and extractable phosphorus. Regarding the nutritional content of the cladodes, the macronutrient values were within the optimal parameters reported in the literature; while, the micronutrients, the levels of Zn, Fe and Cu were deficient in terms of absolute values. The results of the analysis of variance did not show significant differences ($p < 0.05$) between sites for variables associated with physical and growth attributes of nopal vegetable cladodes. The principal component analysis indicated that there was a close relationship between the protein content of nopal-vegetable cladodes and the concentrations of total N, total P and K. The micronutrient content of nopal-vegetable cladodes and the edaphic characteristics of the sites under study indicated that there was a direct relationship between the protein content of nopal-vegetable cladodes and the concentrations of Cu and Mn. While for the case of Zn and Fe no apparent relationship was observed with the study sites. The nutritional value of nopal

vegetable cladodes can be associated with their mineral content and dietary fiber present in the cladodes.

Keywords: *Opuntia ficus-indica*, nopal-vegetable, nutritional

INTRODUCCIÓN

El consumo de Nopal-verdura se ha incrementado en los últimos años en México, muestra de ellos es que en el año 2020 el consumo nacional por habitante fue de 6.4 kg (FND, 2020), a partir de una producción de 864 243.5 t, en un área de 12 618 ha, distribuidas en 27 estados (SIAP, 2021). Este incremento se ha asociado principalmente a las múltiples propiedades y usos (González, 2010), que se atribuyen a los productos derivados de las partes aéreas del nopal. Sin embargo, se identifican vacíos de conocimiento sobre el efecto de los sistemas de producción, respecto del contenido nutrimental y las propiedades nutricionales (porcentajes de humedad, grasa, fibra, cenizas, carbohidratos solubles y proteína), de cladodios de nopal-verdura, como elementos base para la preparación de dietas adecuadas a los requerimientos nutricionales de cada persona, lo que se asocia a su vez a una limitada comercialización; por lo que el objetivo del estudio fue determinar el efecto de los sistemas de producción, respecto del contenido nutrimental y las propiedades nutricionales de cladodios de nopal-verdura *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, variedad Milpa bajo diferentes sistemas de producción. A partir de cuatro Unidades de Producción Familiar de la Alcaldía Milpa Alta, Ciudad de México, seleccionadas de manera aleatoria se recolectaron muestras de suelo y material vegetal, para realizar una caracterización edáfica (físicoquímica) de áreas de producción, nutrimental y análisis proximal de cladodios de nopal-verdura *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, variedad Milpa. Los resultados demuestran correlaciones positivas significativas entre N-Proteína, P-K; K-Fe, Mg-Peso seco, Cu-Proteína. A partir de los resultados obtenidos en este trabajo se puede concluir que la calidad nutritiva del nopal verdura está relacionada con su composición y características nutrimentales, las cuales pueden ser definidas por las características edáficas y de manejo de los sistemas de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la zona productora de Nopal-verdura *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, de la alcaldía Milpa Alta, Ciudad de México (19°04' y 19°12' de latitud norte y los 98°57' y 99°08' de longitud oeste), Altitud de 2230 a 3680 msnm. En un total de cuatro sitios (Unidades de Producción Familiar: UPF), en el mes de marzo del 2020, se recolectaron muestras de suelo (tres muestras compuestas por sitio) y material vegetal (cladodios de nopal-verdura *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, variedad Milpa), para la caracterización fisicoquímica (Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-200) y nutricional (norma NMX-FF-068-SCFI-2006), respectivamente. Los resultados obtenidos de laboratorio se procesaron a partir de un análisis de correlación de Spearman. Los análisis de Kruskal-Wallis, post-hoc Duncan, con el programa R (R Development Core Team. 2023, V 4.2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Suelos

El análisis de la fertilidad de suelo (Cuadro 1) mostró que el pH varió de ácido a alcalino (6.38-7.97); sin embargo, sólo en uno de los sitios de estudio el suelo fue ácido. El contenido de materia orgánica fluctuó de 2.56 a 3.64 %; a partir de estos resultados y, debido a que el área de estudio está enclavada en una zona volcánica (Eje Neovolcánico Transversal) cuya vegetación natural original era una asociación de pino-encino; bosque que se caracteriza por presentar suelos con pH ácido (Burgess-Conforti *et al.*, 2019), se esperaría que los suelos de la zona de estudio resultaran más ácidos y que correspondieran al tipo Andosol a partir de la perturbación por acciones de deforestación e implementación de sistemas de producción agrícola, situación que difiere de los obtenidos en este trabajo. Así mismo, para este tipo de suelos un contenido de 3 a 5 % de materia orgánica se considera de medio-alto (Béjar-Pulido *et al.*, 2021) situación en la cual se encuentran los sitios bajo estudio. Por otra parte, el contenido de N inorgánico ($\text{N-NO}_3 + \text{N-NH}_4$) (45.42-130.48) y fósforo extractable (186.14-405.08) fue alto de acuerdo con Tavera-Cortés *et al.* (2018). Resultado probablemente debido a la cantidad y frecuencia de aportes de materia orgánica y fertilizantes químicos en los

suelos del área a bajo estudio, lo que incluyen el material vegetal del nopal que resulta de las podas, el estiércol de equino usado como fertilizante (Tavera-Cortés *et al.*, 2018), y materiales como aserrín (carpinterías de la zona).

Cuadro 3. Análisis de fertilidad de los suelos de los sitios cultivados con nopal-verdura variedad ‘Milpa Alta’. Alcaldía Milpa Alta, Ciudad de México.

Sitio	pH	CE	MO	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	Cu
		dS m ⁻¹	%	mg kg ⁻¹									
1	6.38	0.45	3.25	45.42	275.37	1102	1812	519	55.3	94.0	12.5	10.8	3.5
2	8.06	0.51	3.64	130.48	405.08	2048	3227	839	48.7	30.3	7.6	4.8	2.1
3	7.97	0.49	2.56	76.42	293.14	1493	2802	804	44.7	37.0	6.5	3.8	1.8
4	7.53	0.35	3.05	68.01	186.14	1100	2364	668	32.0	33.7	4.1	3.1	1.3

Tanto el contenido de macroelementos, como de microelementos tuvieron altas concentraciones (Cuadro 3). En función del sistema de producción tradicional, se observó una constante y abundante aportación de abonos de origen orgánico al suelo; aunque los procesos de mineralización y calidad de la materia orgánica presente no garantizan un aporte nutrimental suficiente, tal es el caso de los micronutrientes. Lo anterior debido a que la integración de los elementos mineralizados desde la superficie del suelo, donde se encuentra la materia orgánica que se adiciona, hacia rizósfera es lenta, más si se considera que, con excepción de las formas de N inorgánico (N-NO₃ + N-NH₄) los demás elementos son inmóviles. Para una integración rápida se requiere de la incorporación mediante labores de labranza; sin embargo, los sistemas de producción de nopal son perennes, es decir, que no se remueve el suelo. Bajo esta situación y dada la función que desempeñan los nutrientes en las especies vegetales, la concentración y disponibilidad de macro y micronutrientes en el suelo inciden en el crecimiento, desarrollo, y calidad nutricional de las plantas de nopal (Zuñiga *et al.*, 2009). Lo anterior fue señalado por Santiago-Lorenzo *et al.* (2016) quienes indicaron que la calidad nutritiva del nopal-verdura responde a su composición mineral, la cual es variable, debido a varios factores, entre ellos, las condiciones climáticas y edáficas, además de las prácticas culturales (fertilización, manejo postcosecha y el estado de madurez (Silva *et al.*, 2021).

Cladodios

En promedio, los cladodios de los Sitios 1 y 4 tuvieron los valores más altos de N, proteína, Mn y Cu, pero los cladodios del Sitio 4 tuvieron, en promedio, las concentraciones más altas de P, K, S y Zn. En contraste, los Sitios 2 y 3 tuvieron, en promedio, las mayores concentraciones Ca y Fe; mientras que las concentraciones promedio de Mg y Na fueron similares entre Sitios de muestreos. Los contenidos de K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn y Cu (Cuadro 1). De acuerdo con los sitios de estudios se observan diferencias significativas ($p<0.05$) para el Zn y Mn (Cuadro 1). A partir de un análisis de correlación de Spearman, los resultados indicaron correlaciones positivas significativas entre N-Proteína ($r=1.00$), P-K ($r=0.77$); P-Fe ($r= 0.69$), K-Fe ($r= 0.58$), Mg-Peso seco ($r=0.57$), Cu-Proteína ($r=0.55$) y las variables del análisis proximal fibra (Base húmeda) y proteína ($r=0.55$), Na-Humedad ($r=0.55$), Materia Seca (Base-Humedad) ($r=-0.56$), Ceniza (Base Humedad-Base Seca) ($r=0.61$), fibra BH- fibra BS ($r=0.99$). La calidad nutritiva del nopal verdura está relacionada con su composición y características nutrimentales, las cuales pueden ser definidas por las características edáficas y de manejo de los sistemas de producción.

Cuadro 1. Contenido nutrimental del nopal verdura (base peso seco) en áreas de producción de la Ciudad de México. Letras diferentes indican diferencias significativas (Post hoc Duncan, 0.05).

S	N	P	K	Pr	S	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	Cu
	%								mg Kg ⁻¹			
1	2.24a	0.26b	5.34a	14.54a	0.05b	2.06b	1.07b	0.03a	54.0b	21.8b	37.2a	8.0a
2	1.91a	0.24b	5.34a	12.41a	0.05b	2.42a	1.16a	0.02a	57.0b	21.1b	26.1b	6.4b
3	1.91a	0.24b	5.34a	12.41a	0.05b	2.42a	1.16a	0.02a	57.0b	21.1b	26.1b	6.4b
4	2.14a	0.35a	5.57a	13.92a	0.11a	1.94b	1.24a	0.02a	48.2a	23.0a	25.9b	8.3a

Pr: proteína, S: sitio. Letras iguales son estadísticamente semejantes (0.05).

Análisis de compontes principales

El contenido de micronutrientes de cladodios de nopal-verdura indicaron que hubo una relación directa entre el contenido el contenido de proteína de cladodios de

nopal-verdura y las concentraciones de nutrientes. Por lo cual esta relación coincide con las presentadas por Zúñiga *et al.* (2009). El papel de la proteína y los micronutrientes en la salud humana es esencial. Por ejemplo, el Zn en los humanos interviene en los procesos de crecimiento y desarrollo, madurez sexual, respuesta inmune, sensibilidad de los sentidos gusta y olfato (Solano *et al.*, 1998). Por ejemplo, existen estudios que demuestran que 100 g, de nopales frescos tienen alrededor de 0.8 g de proteína cruda. De acuerdo con Manzanarez-Tenorio *et al.*, (2022) es posible observar que el valor nutricional de los cladodios de nopal verdura puede asociarse a su contenido de minerales y fibra dietética presente en los cladodios. Donde esta última tiene un efecto potencial prebiótico, lo que se ha corroborado en estudios que abordan la evaluación de la viabilidad y la actividad metabólica del intestino. A partir de la selección de bacterias mediante un modelo de microbiota in vitro.

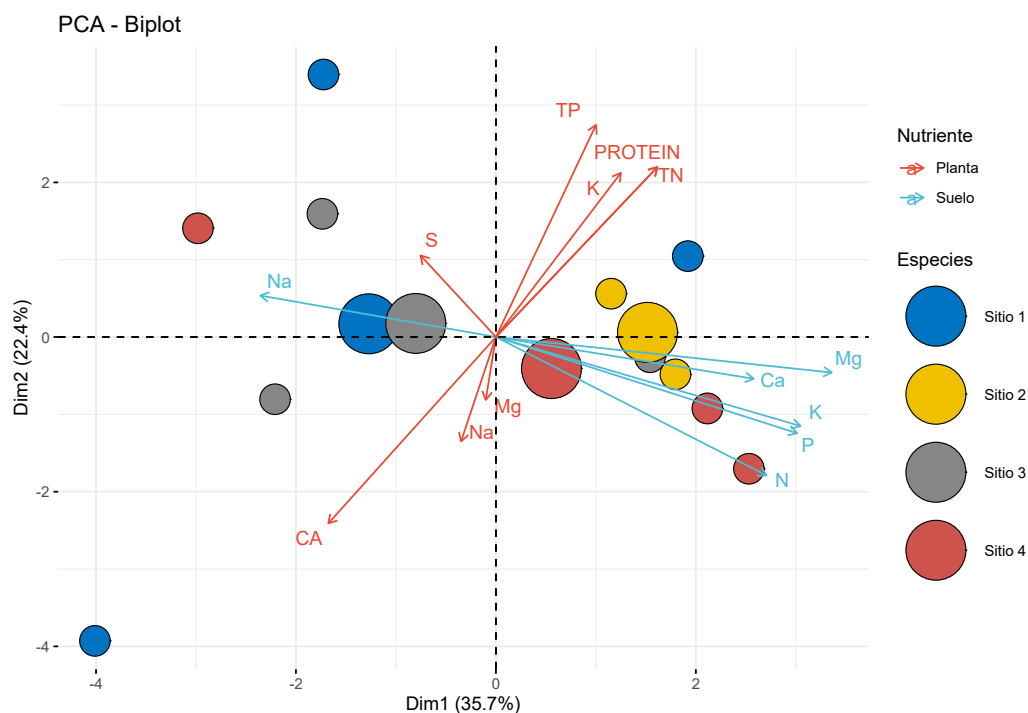


Figura 1. Análisis de componentes principales. relación entre el contenido de macronutrientes y Sodio (N, P, K, Ca, Mg y Na) de cladodios de nopal-verdura y las características edáficas.

CONCLUSIONES

La calidad nutritiva del nopal verdura está relacionada con su composición y características nutrimentales, las cuales están directamente relacionadas con el sistema de producción bajo el cual se establecen las plantaciones comerciales. Se recomienda efectuar programas de fertilización adecuados para las Unidades de producción pueden favorecer la cadena comercial de Nopal-verdura *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados se generaron en el marco del proyecto "Diagnóstico técnico-productivo de las Unidades de Producción Familiar de la Cadena Nopal-verdura de la Alcaldía Milpa Alta, Ciudad de México".

LITERATURA CITADA

- Béjar-Pulido, S. J.; Cantú-Silva, I. and Luna-Robles, E. O. 2021. Effect of different land use on chemical properties of an Andosol in Michoacán, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 2 (3): 1-14.
- Burgess-Conforti, J. R.; Moore Jr., P. A.; Owens, P.R.; Miller, D.M.; Ashworth, A.J.; Hays, P.D.; Evans-White, M.A. and Anderson, K.R. 2019. Are soils beneath coniferous tree stands more acidic than soils beneath deciduous tree stands?. *Environ Sci Pollut Res* 26: 14920–14929.
- FND. 2020. Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero. El nopal, un alimento muy mexicano [https://www.gob.mx/fnd/articulos/el-nopal-un-alimento-muy-mexicano](https://www.gob.mx/fnd/articulos/el-nopal-un-alimento-muy-mexicano?idiom=es) [Links]
- González, M. E. R. 2010. Usos y significados del nopal, la tuna, el xoconostle y la grana cochinilla. Miradas y saberes de las mujeres en el sistema producto. *In*: memorias del VII encuentro multidisciplinario de investigación. Mejorada, J. P. (Comp.) Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Facultad de Estudios Superiores (FES)-Aragón. México, DF. 34 p.

- Manzanarez-Tenorio, L.E., S. Ruiz-Cruz, L.A. Cira-Chávez, M.I. Estrada-Alvarado, E Márquez-Ríos, C.L. Del Toro-Sánchez, G.M. y Suárez-Jiménez. 2022. Caracterización fisicoquímica, actividad antioxidante y contenido de fenoles y flavonoides totales de nopal morado (*Opuntia gosseliniana*) en dos etapas de coloración. *Biotecnia* 24(3):101-106.
- Santiago-Lorenzo, M., López-Jiménez, A., Saucedo-Veloz, C., Cortés-Flores, J. I., Jaén-Contreras, D., & Suárez-Espinosa, J. (2016). Composición nutrimental del nopal verdura producido con fertilización mineral y orgánica. *Revista fitotecnia mexicana*, 39(4), 403-407.
- Solano, L., Meertens, L., Peña, E., & Argüello, F. (1998). Deficiencia de micronutrientes: Situación actual. *An. venez. nutr*, 48-54.
- SEMARNAT. 2000. Norma Oficial Mexicana NOM-021- RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. Cd. Mx., México. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>
- SIAP. 2021. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Avances de siembras y cosechas. Resumen por Estado. Zumpango, México. Diciembre 2020. Riego+temporal. Perennes. Nopalitos. <http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola-siap-gobmx/ResumenProducto.do>. [Links].
- Solano L, Meertens L, Peña E, Arguello F. 1998. Deficiencia de micronutrientes. Situación actual. *An Venez Nutr*; 11(1): 48- 54.
- Tavera-Cortés, M. E.; Escamilla-García, P.E. and Pérez-Soto, F. 2018. Impacts on Productivity through Sustainable Fertilization of Nopal (*Opuntia ficus-indica*) Crops Using Organic Compost. *Journal of Agricultural Science* Vol. 10(4): 297-305. doi:10.5539/jas.v10n4p297.
- Zúñiga-Tarango, R.; Orona-Castillo, I.; Vázquez-Vázquez, C.; Murillo-Amador, B.; Salazar-Sosa, E.; López-Martínez, J. D.; ... y de Santa Rita, C. P. P. 2009.

Desarrollo radical, rendimiento y concentración mineral en nopal *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. en diferentes tratamientos de fertilización. Journal of the Professional Association for Cactus Development 11(3): 53-68.

MANEJO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL TRIGO DURO

Jaret Luna Martínez¹; Ernesto Solis-Moya²; Lourdes Ledesma-Ramírez²; Lidia Alejandra Rodríguez Zermeño¹; Dagoberto Flores Marin³; David Sánchez Aspeytia³

¹Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato, México, km 8 Carretera Juventino Rosas-Celaya, Gto. C.P. 38110. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, México, km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Gto. C.P. 38010. ³Campo Experimental Saltillo-INIFAP. *Autor por correspondencia: ledesma.lourdes@inifap.gob.mx

RESUMEN

El trigo duro representa un alimento básico en la dieta humana debido a sus características nutricionales y tecnológicas. En comparación con el trigo harinero, el trigo duro tiene una mayor tolerancia a los estreses bióticos y abióticos. El uso adecuado de los fertilizantes nitrogenados es la clave para optimizar el rendimiento del trigo y la calidad. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre los componentes del rendimiento del trigo cristalino. El experimento se estableció durante el ciclo OI 2023-2024. Se evaluaron cinco tratamientos de fertilización nitrogenada 00-60-00, 120-60-00, 180-60-00, 240-60-00 y 300-60-00, la mitad del nitrógeno se aplicó a la siembra y resto del nitrógeno en el primer riego de auxilio. Se utilizaron cinco genotipos de trigo cristalino: Rio bravo C2018, Don Goyo C2019, Conacist C2015, Aconchi C89 y Barobampo C2015. La densidad de siembra fue de 120 kg ha⁻¹. Se aplicó un calendario de cuatro riegos a los 0 - 45 - 75 y 100 días después de la siembra. Las características evaluadas fueron: Peso de mil granos (PMG), Granos por metro cuadrado (GPM2) y Espigas por metro cuadrado (EPM2). The Aconchi C89 variety was the one that presented the highest number of grains and spikes per square meter and had the lowest grain weight (along with Barobampo C2015), on the contrary, the Rio bravo C2018 variety obtained the highest grain weights (along with Don Goyo C2019) and the lowest number of grains and spikes per square meter.

Palabras clave: *Peso de mil granos, granos por metros cuadrados, espigas por metro cuadrado*

ABSTRACT

Durum wheat represents a staple food in the human diet due to its nutritional and technological characteristics. Compared to bread wheat, durum wheat has a higher tolerance to biotic and abiotic stresses. The proper use of nitrogen fertilizers is the key to optimize wheat yield and quality. The aim of this work was to evaluate the effect of nitrogen fertilization on the yield components of durum wheat. The experiment was established during the FW 2023-2024 cycle. Five nitrogen fertilization treatments 00-60-00, 120-60-00, 180-60-00, 240-60-00 and 300-60-00 were evaluated, half of the nitrogen was applied at sowing and the rest of the nitrogen in the first auxiliary irrigation. Five genotypes of durum wheat were used: Rio Bravo C2018, Don Goyo C2019, Conacist C2015, Aconchi C89 and Barobampo C2015. The sowing density was 120 kg ha⁻¹. A four-irrigation schedule was applied at 0 - 45 - 75 and 100 days after sowing. The characteristics evaluated were: Thousand grain weight (PMG), Grains per square meter (GPM2) and Ears per square meter (EPM2). The Río Bravo C2018 variety was the one that presented the highest number of grains and ears per square meter and had the lowest grain weight, on the contrary, the Barobampo C2015 variety obtained the highest grain weight (together with Aconchi C89) and the lowest number of grains and ears per square meter.

Keywords: *Thousand grain weight, grains per square meter, spikes per square meter*

INTRODUCCIÓN

El trigo pertenece a la familia de las gramíneas que incluye otros cultivos de interés comercial como maíz, arroz y sorgo. Gracias a los avances en la mejora de materiales genéticos la producción del trigo en las últimas décadas (desde el inicio de la revolución verde) ha sido mayor, anualmente su producción se mantiene en un rango aproximado de 800 millones de toneladas siendo así el segundo grano con mayor demanda a nivel mundial (FAO, 2024). Sonora es el principal estado productor de trigo cristalino en México, aportando el 82.7% del total nacional, seguida de Baja California con 10.9%, Guanajuato con 4.0% y Sinaloa con 2.2%. Estas entidades en conjunto cubren 99.8% del área sembrada en el país (SIAP,

2023). Actualmente la producción de trigo ha denotado una baja debido a la disminución de la superficie sembrada a nivel mundial. En el marco nacional de igual manera los números han sido inferiores a lo esperado en el último año agrícola, registrando 11% menos al ciclo 22/23 (SIAP, 2024).

La utilización de los fertilizantes nitrogenados es muy importante para la optimización del rendimiento del cultivo de trigo. Un manejo adecuado ayuda a aumentar los rendimientos y bajar los costos de producción (Macías, 2016). En la región central de México conocida como el Bajío, se siembra anualmente más de 100 mil ha con trigo, los estudios realizados en la zona muestran que el cultivo del trigo puede absorber desde 25 hasta un 30% del nitrógeno aplicado como fertilizante, las dosis que utilizan los productores para el cultivo de trigo varía de 120 a 200 kg de nitrógeno por hectárea (Peña, 2022). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre los componentes del rendimiento del trigo cristalino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental del Bajío (CEBAJ) del INIFAP que se encuentra localizado sobre la carretera Celaya-San Miguel de Allende Kilómetro 6.5, Celaya, Gto. Cuya localización geográfica se encuentra aproximadamente a 20° 32' Latitud Norte; 100° 48' Longitud Oeste; y una altura de 1752 msnm. El experimento se estableció durante el ciclo OI 2023-2024. Se utilizaron cinco genotipos de trigo cristalino (*Triticum durum* L.): Rio bravo C2018, Don Goyo C2019, Conacyt C2015, Aconchi C89 y Barobampo C2015. La fecha de siembra fue el 15 de diciembre 2023. La parcela experimental, fueron dos surcos de 2.75 m de largo con distancia entre surcos de 0.75 m y tamaño de parcela de 4.125 m². El ensayo fue establecido bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres repeticiones. La densidad de siembra fue de 120 kg ha⁻¹. Se aplicó un calendario de cuatro riegos a los 0 - 45 - 75 - 100 días después de la siembra. Se evaluaron cinco tratamientos de fertilización nitrogenada: 1) 00-60-00, 2) 120-60-00, 3) 180-60-00, 4) 240-60-00 y 5) 300-60-00, la mitad del nitrógeno se aplicó a la siembra y resto del nitrógeno en el primer riego de auxilio.

Las malezas de hoja angosta se controlaron a los 22 y 30 días después del riego de siembra con la aplicación de Topik 24EC. El control de maleza de hoja ancha se hizo con la aplicación de Esteron 24D a los 34 días del riego de siembra. No se presentaron plagas ni enfermedades por lo que no se aplicó fungicidas ni insecticidas. Se colectaron 25 tallos con espigas de las parcelas para calcular los componentes de rendimiento al momento en que el grano alcanzó la madurez fisiológica. Para estimar las variables analizadas en el estudio se calculó las siguientes variables: 1) índice de cosecha (IC), mediante el cociente TRG/TRB, donde TRG: es el rendimiento de grano de 25 tallos de la parcela, TRB: rendimiento biológico de 25 tallos de la parcela; 2) biomasa (BIO t ha⁻¹), calculada como rendimiento de grano (RG) en t ha⁻¹/IC⁻¹; Con esta información se estimó las características evaluadas: 1) espigas por metro cuadrado (EPM2), igual a BIO g m²/TRB en g; 2) peso del grano (PG, g), obtenido del peso de 1000 granos; 3) granos por metro cuadrado (GPM2), igual a RG g m²/peso del grano mg. Con los datos obtenidos se realizaron análisis de varianza y comparaciones de medias utilizando el programa SAS versión 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza (Cuadro 1), no detectaron diferencias significativas para dosis de nitrógeno para las variables EPM2, GPM2 y PMG. Para variedades se detectaron diferencias altamente significativas en GPM2, PMG y significativas en EPM2. En la interacción dosis de nitrógeno por variedades se detectaron diferencias significativas en EPM2.

Cuadro 1. Cuadrados medios de las variables de estudio del experimento de evaluación de dosis nitrogenada en variedades de trigo cristalino.

F.V	G.L	PMG	GPM2	EPM2
Dosis de nitrógeno	4	19.83	5995177.91	4107.14
Variedades	4	311.82**	22374417.01**	5601.38*
Repeticiones	10	11.16	1563356.55	829.61
Dosis de N*V	16	5.59	3590409.69	3536.87*
Error	40	10.5	3243900.9	1752.56
Total	74			
CV		5.56	17.77	18.32

FV; Fuente de variación; G.L.= Grados libertad; CV; Coeficiente de variación; PMG= Peso de mil granos; GPM2= Granos por metro cuadrado; EPM2= Espigas por metro cuadrado; **= Diferencias altamente significativas; *= Diferencia significativa, ns= No significativo.

En las comparaciones de medias para variedades (Cuadro 2), se observó que en la variable de PMG, Don Goyo C2019 superó significativamente a las variedades Barobampo C2015, Aconchi C89 y Conasist C2015 superándolas con 10, 9 y 5 g, respectivamente. En la variable GPM2 Aconchi C89 superó significativamente (Tukey $\leq$ 0.05) a Don Goyo C2019 y Río Bravo C2018 y con 2687 y 2727 granos por unidad de superficie, respectivamente. En EPM2 Aconchi C89 superó significativamente a Río Bravo C2018 con 50 espigas por metro cuadrado.

La variedad Don Goyo C2019 presentó mayor peso del grano, en cambio, Aconchi C89 obtuvo mayor número de granos y de espigas por metro cuadrado.

Cuadro 2. Comparaciones medias entre variedades de PMG, GPM2 y EPM2 a través de dosis de nitrógeno en trigo cristalino.

Genotipos	PMG	GPM2	EPM2
Aconchi C89	54	11703	253
Barabampo C2015	53	11064	217
Conasist C2015	58	9917	239
Don Goyo C2019	63	9015	228
Rio Bravo C2018	62	8976	203
DSM	3.38	1878	43

PMG= Peso de mil granos; GPM2= Granos por metro cuadrado; EPM2= Espigas por metro cuadrado; DSM= Diferencia significativa mínima.

La interacción significativa entre dosis de nitrógeno y genotipos se analizó con el modelo AMMI. El análisis de varianza mostró un efecto del ambiente significativo ($p < 0.05$) con un 17% de la variación de la suma de cuadrados del total (SCT). El factor genotipos fue significativo ($p < 0.05$) registrando 23% de la SCT. La interacción genotipo-ambiente fue significativa ($p < 0.05$), obteniendo 59% de la SCT. El modelo AMMI mostró el primer eje del ACP altamente significativo ($p < 0.01$), explicando 65% de la SC de la interacción. Los cuatro componentes restantes y el residuo no fueron significativos. El modelo AMMI retuvo el 99% de la SCT (ambiente + genotipo + interacción) utilizando 24 grados de libertad (4 para ambientes, 4 para genotipos y 16 para CP1, CP2, CP3, CP4 y CP5). El estudio de la interacción realizado con el AMMI se completó con el empleo del biplot (Figura 1).

Cuadro 3. Análisis de varianza del modelo AMMI para cinco genotipos evaluados en 5 dosis de nitrógeno.

FV	GL	SC	CM	%SC
AMBIENTE	4	16429	4107	17*
GEN	4	22406	5601	23*
AMBIENTE*GEN	16	56590	3537	59*
PC1	7	37035		65 **
PC2	5	13899		25
PC3	3	5656		10
PC4	1	0		0
PC5	-1	0		0
Residuales	50	78399		0

En el eje de las abscisas (X) de la Figura 1, se lee los valores de EPM2 de los genotipos y ambientes (en este caso dosis de nitrógeno). La línea vertical perpendicular a este eje indica el rendimiento medio. Así, a la izquierda del eje de las X's se grafican las entradas con menor producción de EPM2 y a la derecha, se localizan los genotipos y dosis de mayor producción de EPM2. El eje de las ordenadas (Y) en cambio, mide la estabilidad de los genotipos y ambientes: aquéllos con valores cercanos a cero son estables mientras los que presentan valores altos del primer componente principal son inestables. De acuerdo a esta información la variedad Aconchi C89 fue el genotipo con mayor producción de EPM2 seguido de Conasist C2015; en cambio, la variedad Río Bravo C2018 registró la menor producción de EPM2. La dosis de 240 kg ha⁻¹ obtuvo la mayor producción de EPM2 y la dosis de 120 kg ha⁻¹ de N registró la menor producción de espigas. Cuatro dosis obtuvieron rendimientos iguales o superiores a la media. Los genotipos que tienen valores del CP1 >0, responden positivamente (se adaptan bien) a ambientes que tienen valores del CP1 >0 (esto es, su interacción es positiva), pero responden negativamente a ambientes que tienen valores del CP1 <0. Lo contrario se aplica para los genotipos que tienen valores del CP1 <0 (Samonte *et al.*, 2005).

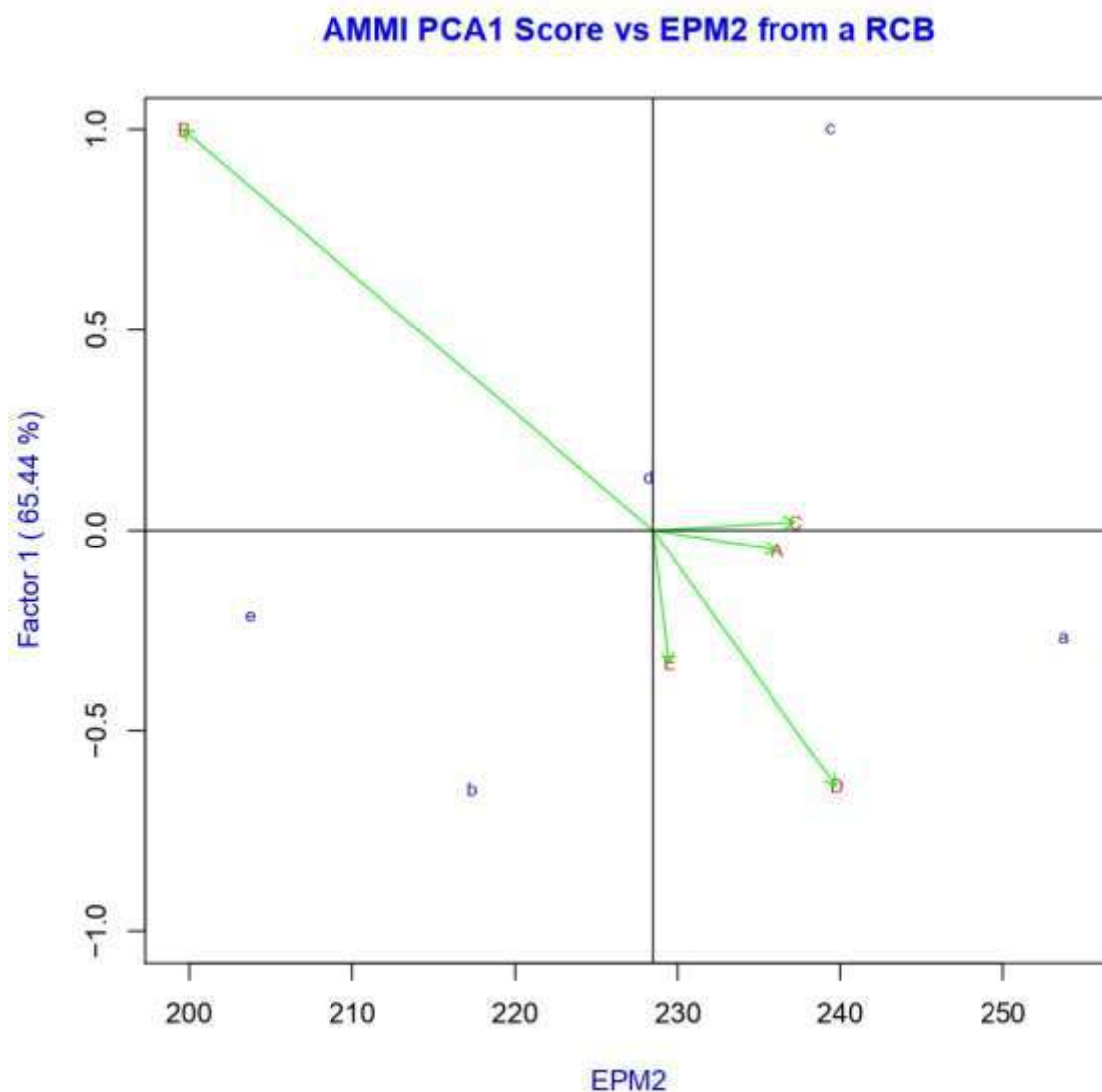


Figura 1. Biplot AMMI para EPM2 de cinco genotipos de trigo evaluados en cinco dosis de nitrógeno. A = 00N, B = 120N, C = 180N, D = 240 N, E = 300N. a = Aconchi C89, b = Barobampo C2015, c = Conasist C2015, d = Don Goyo C2019, e = Rio Bravo C2018.

CONCLUSIONES

En general se observó un efecto compensatorio entre las variables en estudio, puesto que las variedades que obtuvieron mayor peso del grano como Don Goyo C2019 y Rio Bravo C2018 produjeron menor número de espigas y granos por metro cuadrado que Aconchi C89 que obtuvo los mayores valores de GPM2 y EPM2.

LITERATURA CITADA

- FAO. (2024). Situación Alimentaria Mundial. FAO.
<https://www.fao.org/worldfoodstuation/csdb/es>
- Macías, R. (2016). Nitrógeno en trigo y su efecto en el rendimiento y en la concentración de nitratos y potasio en el extracto celular de tallo. Acta universitaria. <https://doi.org/10.15174/au.2016.963>
- Peña, J. (2022). Uso eficiente de nitrógeno en aplicaciones fraccionadas de fertilizantes marcando con N de trigo. Revista fitotecnia mexicana. <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.4.437>
- Samonte, S.O.P., Wilson, L.T., McClung, A.M., Medley J.C. 2005. Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analyses Crop Sci, 45 (6), pp. 2414-2424
- SIAP. (2023). Escenario mensual de productos agroalimentarios. SIAP. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/839185/TrigoCristalino_Junio.pdf
- SIAP. (2024). Escenario mensual de productos agroalimentarios. SIAP. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/938472/Trigo_Cristalino_Julio.pdf

MEJORAMIENTO DE LA PÉRDIDA DE PESO DE *Persea americana* LONJAS RECUBIERTO CON *Pereskia aculeata* Miller

Karina D Álvarez-Contreras¹; Margarita Martínez-García²; Ana L Reyes-Robles²;
Andrés A Damián-Reyna^{2*}

¹Estudiante de licenciatura, Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Puruándiro, ²Investigador, Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Puruándiro, Carretera Puruándiro – Galeana Km. 4.3, C.P 58532. Puruándiro, Michoacán. *Autor de correspondencia: andres.damian@puruandiro.tecnm.mx

RESUMEN

El uso de recubrimientos en la actualidad ha tomado una mayor relevancia ya que sirven para incrementar la vida útil de productos hortofrutícolas. El mucílago de *Pereskia aculeata* M. presenta propiedades plastificantes y antimicrobianas. El objetivo principal de este trabajo fue evaluar la vida de anaquel del aguacate *Persea americana* variedad Lonjas impregnado con un recubrimiento comestible a base de mucílago de *Pereskia aculeata* Miller. Se recolectó el material vegetal de *Pereskia aculeata* M. cultivada en el huerto del ITESP, se maceró con agua, en una proporción de 1:4 (w:w). Posteriormente se filtró y pasteurizó el mucílago, y se mantuvo en refrigeración a 4 °C hasta su posterior uso. Se usaron aguacates provenientes del municipio de Puruándiro, seleccionados sin madurar o verdes, los cuales fueron impregnados con un recubrimiento a base de mucílago de *Pereskia aculeata* Miller, almidón de maíz y glicerina. Se evaluó el desempeño del recubrimiento en tres diferentes temperaturas: 4, 24 y 37 °C. Se tuvo un control durante dos semanas para registrar los cambios en peso y color. Se demostró la capacidad del mucílago de *Pereskia aculeata* M. como agente inhibidor del crecimiento de los microorganismos en la superficie del aguacate. El uso de este mucílago puede contribuir a preservar la inocuidad de los productos en el sector agropecuario, al ofrecer una alternativa para la preservación de las características sensoriales de los productos hortofrutícolas, tanto los ubicados en el estado de Michoacán, así como los estados aledaños con producción agrícola semejante.

Palabras Clave: *Pereskia aculeata*, Recubrimiento, Microbicida, Inocuidad, Mucilago

ABSTRACT

The use of coatings has become more relevant nowadays since they serve to increase the shelf life of fruit and vegetable products. The mucilage of *Pereskia aculeata* M. has plasticizing and antimicrobial properties. The main objective of this work was to evaluate the shelf life of the avocado *Persea americana* variety Lonjas impregnated with an edible coating based on mucilage of *Pereskia aculeata* Miller. The vegetal material of *Pereskia aculeata* M. cultivated in the orchard of ITESP was collected, it was macerated with water, in a proportion of 1:4 (w:w). The mucilage was subsequently filtered and pasteurized, and it was kept in refrigeration at 4 °C until its later use. Avocados from the municipality of Puruándiro were used, selected unripe or green, which were impregnated with a coating based on mucilage of *Pereskia aculeata* Miller, corn starch and glycerin. The performance of the coating was evaluated at three different temperatures: 4, 24 and 37 °C. Control was carried out for two weeks to record changes in weight and color. The capacity of the mucilage of *Pereskia aculeata* M. as an inhibitory agent for the growth of microorganisms on the surface of the avocado is demonstrated. The use of this mucilage can contribute to preserving the safety of products in the agricultural sector, by offering an alternative for preserving the sensory characteristics of fruit and vegetable products, both those located in the state of Michoacán, as well as neighboring states with similar agricultural production.

Keywords: *Pereskia aculeata*, Coating, Microbicide, Safety, Mucilage

INTRODUCCIÓN

Actualmente el uso de recubrimientos y/o películas comestibles ha tomado mayor relevancia ya que ayudan a incrementar la vida útil de los productos hortofrutícolas, los cuales son productos muy consumidos y de alto valor económico, sin embargo, muy perecederos (FAO, 2018) es por ello por lo que se necesita desarrollar estrategias que incrementen su vida útil sin la adicción de conservadores químicos ni envases que contribuyan a incrementar los problemas de contaminación por plásticos. Es así como surge el desarrollo de películas comestibles.

Las pencas de las cactáceas (*Opuntia ficus*, *Pereskia aculeata*, entre otras) y algunas suculentas (*Aloe vera*) excretan una sustancia “viscosa” llamada mucílago; este es uno de los componentes más importantes para la industria de los alimentos ya que aporta parte de la fibra dietética. El mucílago del nopal es un polisacárido fibroso, altamente ramificado, cuyo peso molecular oscila alrededor de 13×10^6 g/mol. Contiene aproximadamente de 35 a 40 % de arabinosa, 20 a 25% de galactosa y xilosa cada una, y de 7 a 8% de ramnosa y ácido galacturónico cada uno (Gibson y Nobel, 1990). El mucílago de nopal se considera importante para la industria de alimentos debido a sus propiedades de viscosidad (Sepúlveda, Saenz, Aliaga, y Aceituno, 2006). Tiene la capacidad de formar redes moleculares y retener fuertemente grandes cantidades de agua (Ruíz y Guerrero, 2009), así como de modificar propiedades como viscosidad, elasticidad, textura, retención de agua, además de que es un buen gelificante, espesante, y emulsificante (Álvarez, Díaz, Ramírez y Yáñez, 2007).

Las películas comestibles son definidas como una capa continua y delgada de un material polimérico que puede actuar como barrera física que protege al producto (Gonzalez *et al*, 2015) y que además se le pueden adicionar compuestos vegetales con propiedades antimicrobianas.

Actualmente, hay un creciente interés en los compuestos naturales que muestran actividad microbiciida obtenidas a partir de fuentes biológicas a bajo costo, de manera inocua, con técnicas que puedan ser ejecutadas en corto tiempo (Vollmerhausen *et al.*, 2013; Papetti, 2012) y que ayudan a extender la vida de anaquel de los productos alimenticios (Knorr *et al.*, 2011) como los hortofrutícolas. Una manera de esta necesidad de incrementar la vida de anaquel abre un nuevo campo de estudio en la investigación de la extracción, purificación y caracterización de extractos obtenidos dentro de la industria de alimentos (Damián-Reyna *et al.*, 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos fueron realizados en el laboratorio de biotecnología del instituto tecnológico superior de Puruándiro, Carretera Puruándiro Galeana Km 4.3, 58532 Puruándiro, Michoacán. El material vegetal empleado (*Pereskia aculeata*) fue adquirido del huerto de la institución. Los frutos empleados fueron adquiridos en una comunidad perteneciente al municipio, en un punto de maduración incompleto y pertenecen a la variedad criolla “Lonjas”. Para la extracción de mucilago se maceró la hoja se maceró con agua, en una proporción de 1:4. Posteriormente se filtró y pasteurizó el mucilago, y se mantuvo en refrigeración a 4 °C hasta su posterior uso, para el recubrimiento se tomó mucilago previamente pasteurizado, se le adiciono almidón de maíz y glicerina, se agito hasta homogenizar y posteriormente se aplicó de manera uniforme sobre los frutos. Se realizó un monitoreo de pérdida de peso y cambios en la coloración a frutos de aguacate con tratamientos CR (Con Recubrimiento) SR (Sin Recubrimiento) y tres repeticiones, a distintas temperaturas (4°C, 22°C, 34°C) por un tiempo de 17 días.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

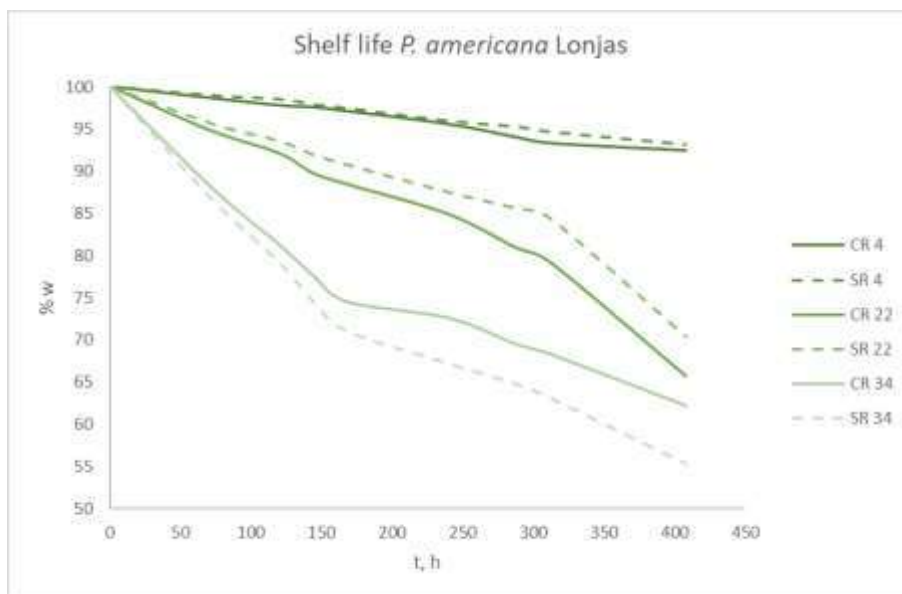


Gráfico 1. Perdida de humedad de frutos con los diferentes tratamientos.

En el Grafico 1 se muestra el descenso de humedad que tuvieron los frutos a las distintas temperaturas, de los cuales los tratamientos CR (Con recubrimiento) y SR (Sin Recubriendo) para las temperaturas 4°C y 22°C no presentaron diferencias significativas, mientras que para la temperatura de 34°C los frutos CR (con recubrimiento) si presentaron una diferencia significativa siendo este tratamiento el más indicado para conservar la humedad del fruto. En un estudio relacionado publicado por Magaña *et al.* (2013) se hace mención acerca de la pérdida de peso en frutos y como este está asociada a la pérdida de agua, cuando los frutos son cosechados son expuestos a temperatura ambiente por varios días, lo cual ocasiona una pérdida de peso siendo un efecto no deseado para los productores.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se confirma que la aplicación del recubrimiento elaborado de *Pereskia aculeata* Miller en frutos *Persea americana* Lonjas efectivamente ayuda a prolongar la vida de anaquel del fruto, para temperaturas de 34°C $\pm$ 2 mientras que el uso de este para temperaturas más bajas (4°C, 22°C) no presenta diferencias estadísticamente significativas, por lo cual la aplicación más optima de este recubrimiento podría estar en frutos cosechados que se encuentren expuestos a temperaturas ambientales por encima de los 34°C.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen ampliamente los apoyos proporcionados por el Tecnológico Nacional de México para la realización de ésta investigación.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, O. C., Díaz S. C., Ramírez V. D. y Yáñez F.J. (2007). "Secado por Aspersión de Mucílago de Nopal". IX Congreso de ciencia de los alimentos y V foro de ciencia y tecnología de alimentos. Departamento de Bioingeniería. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología. IPN. Guanajuato, Gto. 277.
- Andrews, J. (2001). Determination of minimum inhibitory concentrations. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 48(S1), 5-16.

- FAO. (2018, 18 mayo). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: Fortalece México marco legal para evitar las pérdidas y el desperdicio de alimentos | FAO en México | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/mexico/noticias/detail-events/es/c/1127184/>
- Damián-Reyna, A., González-Hernández, J., & Chávez-Parga, M. (2016). Current procedures for extraction and purification of citrus flavonoides. *Revista Colombiana de Biotecnología*, XVIII(1), 135-147.
- Espino-Díaz, M.; Ornelas-Paz, J.; Martínez-Tellez, M.; Santillan C.; Barbosa-Canovas, G.; Zamudio-Flores, P.B. y Olivas, I. (2010). Development and Characterization of Edible Films Based on Mucilage of *Opuntia ficus-indica* (L.). *Journal of Food Science*. 75: 347-352.
- Gibson, C. A., Nobel, S. P. (1990). *The cactus primer*. First Harvard University Press paperback edition. 196-199.
- González-Cuello, R.E., Urbina Suarez, N., Morón Alcázar, L.B. (2015). Caracterización Viscoelástica de Biopelículas Obtenidas a Base de Mezclas Binarias, *Inf tecnol*, 26(3): 71-76
- Klančnik, A., Piskernik, S., Jeršek, B., & Možina, S. (2010). Evaluation of diffusion and dilution methods to determine the antibacterial activity of plant extracts. *Journal of Microbiological Methods*, 81, 121–126.
- Knorr, D., Froehling, A., Jaeger, H., Reineke, K., Schlueeter, O., & Schoessler, K. (2011). Emerging Technologies in Food Processing. *Annual Reviews of Food Science Technology*, 2, 203-235.
- Papetti, A. (2012). Isolation and characterization of antimicrobial food components. *Current Opinion in Biotechnology*, 23, 168–173.
- Ruiz, H. F., Guerrero, B. J. A. (2009). “Aplicación de las películas comestibles a base de quimostato y mucílago de nopal en fresa (*Fragaria ananasa*) en refrigeración”. Tesis de maestría. Ciencia en alimentos. Universidad de las Américas Puebla. Puebla. 21-23.

USDA.2016. Nutrient values and weights are for edible portion.
<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>

Sepúlveda, E., Saenz, C. Aliaga, E. & Aceituno, c. (2006). "Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp". Dto. de Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agrómicas, Universidad de Chile. Santiago chile.

Vollmerhausen, T., Ramos, N., Thi, D., Dzung, N., & Brauner, A. (2013). Decoctions from *Citrus reticulata* Blanco seeds protect the uroepithelium against *Escherichia coli* invasion. *Journal of Ethnopharmacology*, 150, 770–774.

Zhang, W., Jiang, S., Qian, D., Shang, E., & Duan, J. (2014). Determination of Metabolism of Neohesperidin by Human Intestinal Bacteria by UPLC-Q-TOF/MS. *Chromatographia*, 77, 439-445.

MICROBIOTA EN CLADODIOS DE NOPAL VERDURA DEL ESTADO DE MORELOS

Lizzeth G. Martínez Nieves¹, Brenda Z. Guerrero Aguilar²., Sandra E. Rangel Estrada³, Oscar M. Antúnez Ocampo⁴, Alejandro Pérez Rosales³, Marianguadalupe Hernández Arenas³

¹Universidad de Guanajuato campus Celaya-Salvatierra, ²INIFAP Campo Experimental Bajío, Celaya Gto., ³INIFAP Campo Experimental Zacatepec Morelos, ⁴INIFAP Campo Experimental de Iguala Guerrero. Correo: guerrero.brenda@inifap.gob.mx

RESUMEN

El nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) es una planta de importancia económica, social y cultural en México, sin embargo, la producción de nopal verdura es ocasionada por diferentes patógenos que causa diferentes síntomas como son pudriciones, gomosis, manchas, antracnosis, marchitez, roñas, roya, agallas entre ellas se encuentra la enfermedad conocida como mancha negra, la cual se genera por el ataque de diferentes hongos fitopatógenos, de ahí la importancia para la identificación de los agentes causales en los cultivos comerciales de nopal ya que es una etapa relevante para un buen manejo agronómico y eficiente para su control. Debido a esto se planteó el siguiente objetivo conocer la Microbiota en cladodios de nopal verdura en plantaciones de nopal del estado de Morelos, Para esto se aislaron fragmentos de 5 mm de diámetro y se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio, y se transfirieron en medio de cultivo Agar Papa Dextrosa al 25%. Posteriormente se identificaron con características microscópicas, en donde se encontraron los géneros: *Alternaria*, *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Nigrospora*, *Phoma*, *Neoscytalidium* y *Botrytis*.

Palabras clave: *Alternaria sp*, *nopal verdura*, *Fusarium*}

ABSTRACT

Vegetable cactus (*Opuntia ficus-indica*) is a plant of economic, social and cultural importance in Mexico, however, the production of vegetable cactus is caused by

different pathogens that cause different symptoms such as rots, gummosis, spots, anthracnose, wilt, scab, rust, Among them is the disease known as black spot, which is generated by the attack of different phytopathogenic fungi, hence the importance of identifying the causal agents in commercial cactus crops as it is a relevant step for a good agronomic management and efficient control. Due to this, the following objective was proposed: to know the microbiota in the cladodes of green cactus in cactus plantations in the state of Morelos. For this purpose, fragments of 5 mm in diameter were isolated and immersed in a solution of sodium hypochlorite, and transferred to a 25% Papa Dextrose Agar culture medium. Subsequently, they were identified with microscopic characteristics, where the following genera were found: *Alternaria*, *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Nigrospora*, *Phoma*, *Neoscytalidium* and *Botrytis*.

Key words: *Alternaria sp*, *nopal verdure*, *Fusarium*

INTRODUCCIÓN

México es el centro de origen y domesticación del nopal, *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller (Caryophyllales: Cactaceae) (Casas y Barbera, 2002; Griffith, 2004). Donde se consumen como hortaliza los cladodios inmaduros, denominados nopalitos, o nopal verdura (Flores, 2001), con una superficie de 13 mil hectáreas cultivada, alcanzando una producción de 869,956 t. Los estados de Morelos, Ciudad de México y Estado de México contribuyen aproximadamente con el 75.6% a la producción nacional (SIAP, 2022). Las plantaciones de nopal enfrentan día a día desafíos originados por enfermedades de origen fúngico que proliferan en el nopal verdura son las que tienen condiciones favorables para su desarrollo tales como: plantas expuestas a algún tipo de sombra como lomeríos u árboles, alta humedad relativa y temperaturas moderadas de 17 °C (Ochoa, 2012). Otro aspecto importante son las heridas causadas por algunos insectos, roedores, aves y también por daños mecánicos que sufren los nopales por acción de herramientas a la hora de realizar las labores de cultivo, también se pueden tomar en consideración acciones como el nulo o deficiente manejo agronómico del cultivo y al desconocimiento de los síntomas (Confusión del daño, sinonimia y agentes que la causan) además de las

estrategias de control (Méndez-Gallegos et al., 2009), la enfermedad mancha negra ocasionada por varios patógenos es una de las enfermedades preocupante en la producción de nopal verdura (Hernández-Sánchez et al., 2014), donde se caracteriza por los síntomas que se manifiestan de dos maneras: manchas circulares y patrones como mapas. La primera comienza con la aparición de pequeñas manchas verdes, que, después de una semana, se tornan verdosas rojizas a marrón oscuro y aumentan de tamaño, formando manchas circulares de 3 a 4 cm de diámetro. Posteriormente, estas manchas circulares se tornan negras con márgenes amarillos, atravesando el cladodio del nopal y causando desecación en las áreas afectadas (Quezada-Salinas et al., 2006). Varios hongos han sido reportados como agentes causales de esta enfermedad en diferentes especies de la familia *Cactaceae*. Entre los cuales se encuentran, *Colletotrichum gloeosporioides* y *Fusarium lunatum*, *Alternaria alternata* y *Curvularia lunata* en plantaciones de *Opuntia* en Tlalnepantla, Morelos, México (Flores-Flores et al., 2013); *Pseudocercospora opuntiae* en plantaciones en el estado de Jalisco, México (Ochoa et al., 2015); *Alternaria longipes*, *Colletotrichum fructicola*, *Lasiodiplodia euphorbicola*, *L. iraniensis*, *L. jatrophiicola*, *Neofusicoccum batangarum*, *N. hyalinum*, *N. batangarum*, *Neopestalotiopsis* sp., y *Nigrospora* en *Nopalea cochenillifera* en Brasil (Conforto et al., 2019; Feijo et al., 2019). Es importante la identificación de hongos presentes en los cladodios para el desarrollo de estrategia efectivas para su control mejorando así la productividad y la sistenibilidad del cultivo. Por lo que se planteó el siguiente objetivo conocer la Microbiota en cladodios de nopal verdura en plantaciones de nopal del estado de Morelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La colecta se realizó en el mes de septiembre en parcelas comerciales de nopal verdura. Se recolectaron un total de 12 muestras de cladodio, con diferentes síntomas y sin síntomas visibles. Se colocaron en papel estraza y se conservaron

en un lugar fresco, como se muestra en la Figura 1. Donde se observa diferentes grados de síntomas en el cladodio.

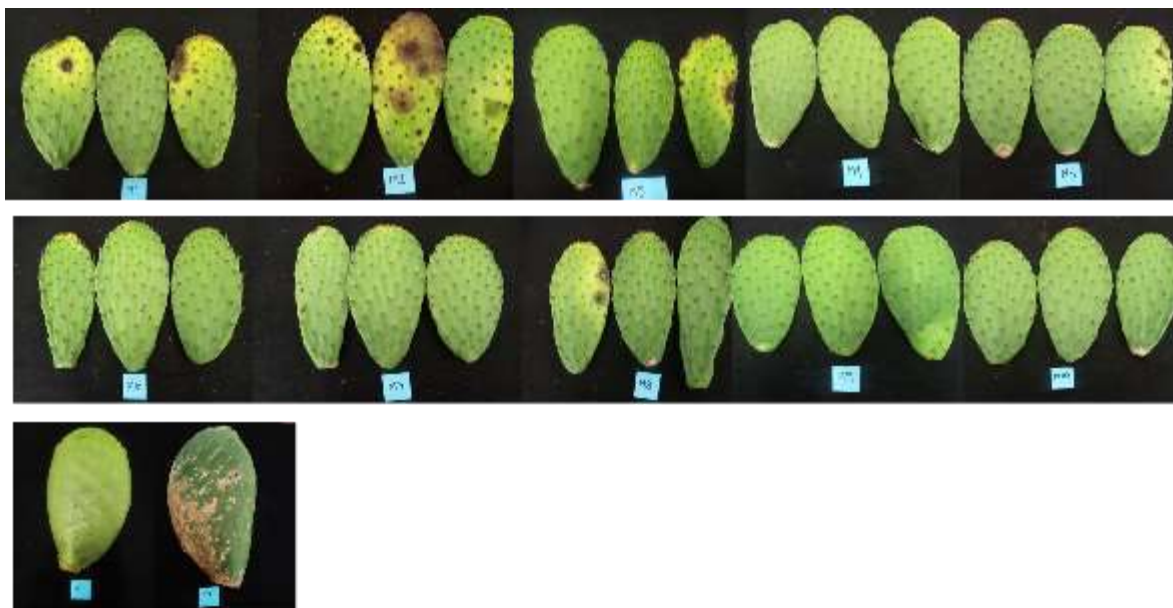


Figura 1. Cladodios de nopal, sin síntomas y con lesiones necróticas amarillamientos.

Aislamiento y purificación de hongos. Los cladodios de nopal, se realizaron 10 muestras al azar en el cladodio con ayuda de un sacabocado 5 mm de diámetro, posteriormente se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio al 5% por un minuto, se desinfectó con agua estéril, y se colocaron en papel absorbente, y se colocaron cinco fragmentos cuatro en las orillas y una en el centro, en medio de cultivo Agar Papa Dextrosa conocido como PDA al 25 % acidificado (16 g de agar bacteriológico y 10 de PDA, adicionado con 200µL de ácido láctico al 85%), se incubó a temperatura ambiente por 72 h.

Del crecimiento de los fragmentos y del suelo se seleccionaron los hongos que crecieron en el medio de cultivo, donde se aislaron los hongos y se colocaron en medio de cultivo PDA. para su purificación y su identificación morfológica, de cada aislado obtenido.

Obtención de cultivo monospóricos. Los aislados crecidos en el medio PDA, se tomó cinco fracciones de 5mm de medio con micelio crecido, se colocó en un microtubo de 1.5 mL con 500 µL de agua estéril, con ayuda de una varilla de vidrio

se agito para la liberación de esporas y se tomó una alícuota de 10 µl de la solución de esporas para esparcirlas en medio de cultivo PDA al 25% acidificado (200µl de ácido láctico), (16 g de agar bacteriológico y 10 gr de PDA) se incubo a temperatura ambiente por 24 hr, con ayuda del microscopio y una aguja entomológica se seleccionó una espora germinada para colocarla en una caja nueva con medio de cultivo PDA, se obtuvieron dos esporas germinadas por aislado.

Puntas de Hifa. Se realizaron puntas de hifas para los hongos que no producen estructuras, lo cual se transfirió un fragmento de medio con micelio en una caja con medio Agar bacteriológico y se dejó incubar a temperatura ambiente por un periodo de 16h, con ayuda del microscopio se seleccionó una hifa aislada y se cortó con la ayuda de una aguja entomológica, transfiriéndola en cajas con medio de cultivo PDA, se hicieron dos puntas de hifas por cada muestra.

Identificación de genero de *Fusarium* sp y otros con micelio algodonoso. Para la identificación de género de *Fusarium* spp. Los aislados se crecieron en dos medios diferentes Agar Dextrosa Papa (PDA), y Spezieller Nährstoffarmer Agar (SNA). En el medio PDA se observó la pigmentación y crecimiento de la colonia mientras que en los medio SNA y CLA se observó la forma, tamaño y presencia de macroconidios, microconidios, clamidosporas, etc. Para la identificación morfológica de los hongos se utilizaron el Illustrated Genera of Imperfect Fungi (Barnett y Hunter, 1972), el Atlas de Hongos de Semillas y Suelos (Watanabe, 2002) y The *Fusarium* Laboratory Manual (Summerell y Leslie, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSION

De las muestras de nopal se encontraron siete géneros de hongos presentes en los cladodios, los cuales pueden causar enfermedades y causar pérdidas económicas entre las cuales están, los géneros de; *Fusarium*, *Colletotrichum* sp., *Neoscytalidium* sp., *Alternaria* sp., *Nigrospora* sp., *Botrytis* sp., y *Phoma* sp., como se muestra en la Figura 2.

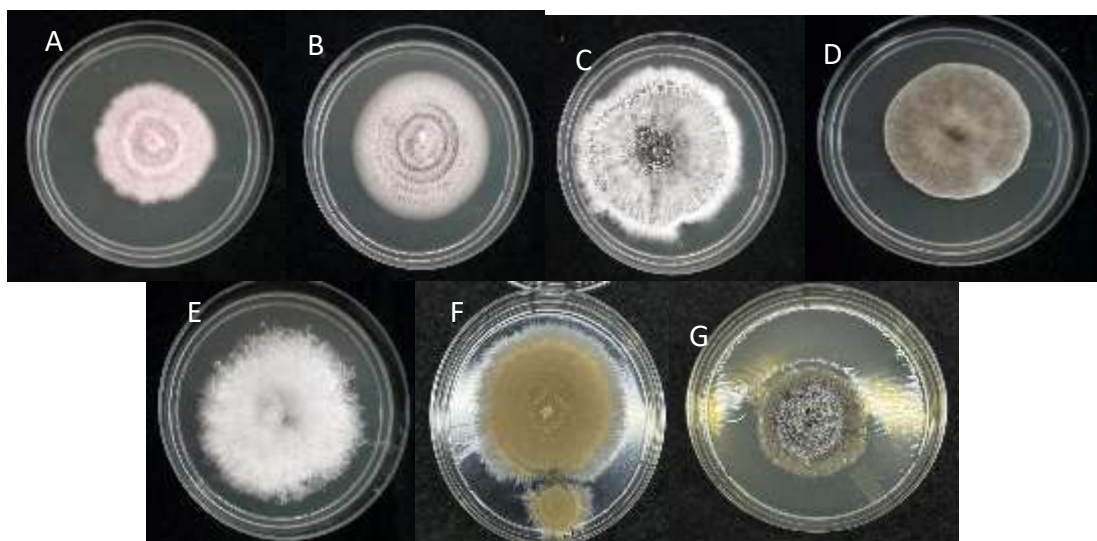


Figura 2. Hongos encontrados en las muestras de nopal A) *Fusarium* sp., B) *Colletotrichum* sp., C) *Nigrospora* sp., D) *Alternaria* sp., E) *Neoscytalidium* sp., F) *Botrytis* sp., G) *Phoma* sp.

En la Figura 3 se observa la cantidad de hongos encontrados por muestra en donde el hongo con mayor frecuencia fue *Alternaria*, seguido por el género *Fusarium*. donde se ha reportado que estos son de mayor frecuencia en los cultivos de Nopal.

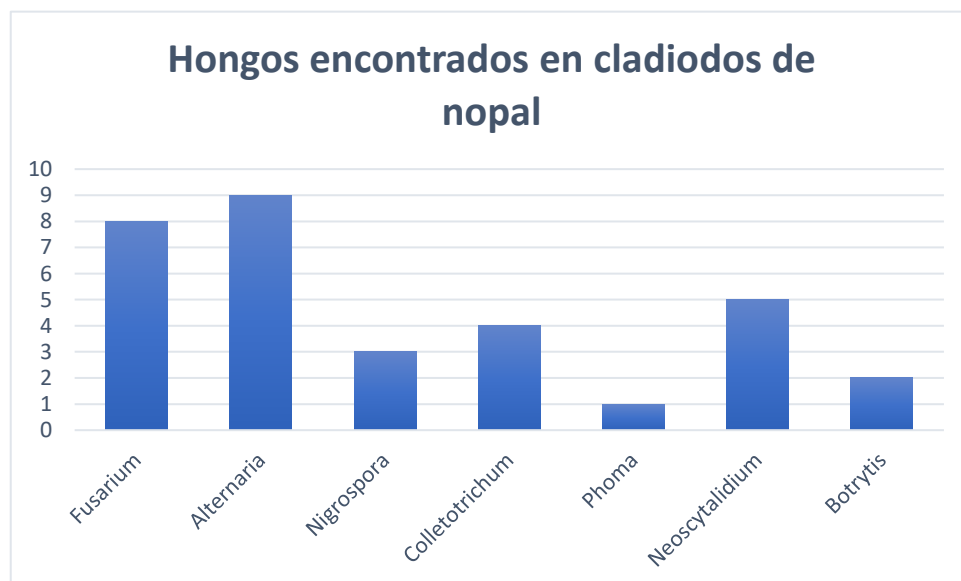


Figura 3. Hongos encontrados en los cladidos de nopal.

En cuanto a la Figura 4 se observa que la muestra 4 fue la que mayor cantidad de hongos presento y la menos aislados de hongos fue la muestra 2. En cuanto a la muestra de nopal sana fue la muestra 10, donde se encontraron tres; *Fusarium* sp., *Nigrospora* sp y *Neoscytalidium*, por lo que se puede decir que, aunque no presente síntomas están presentes hongos que pueden provocar daño al cladodio y tener pérdidas económicas al productor.

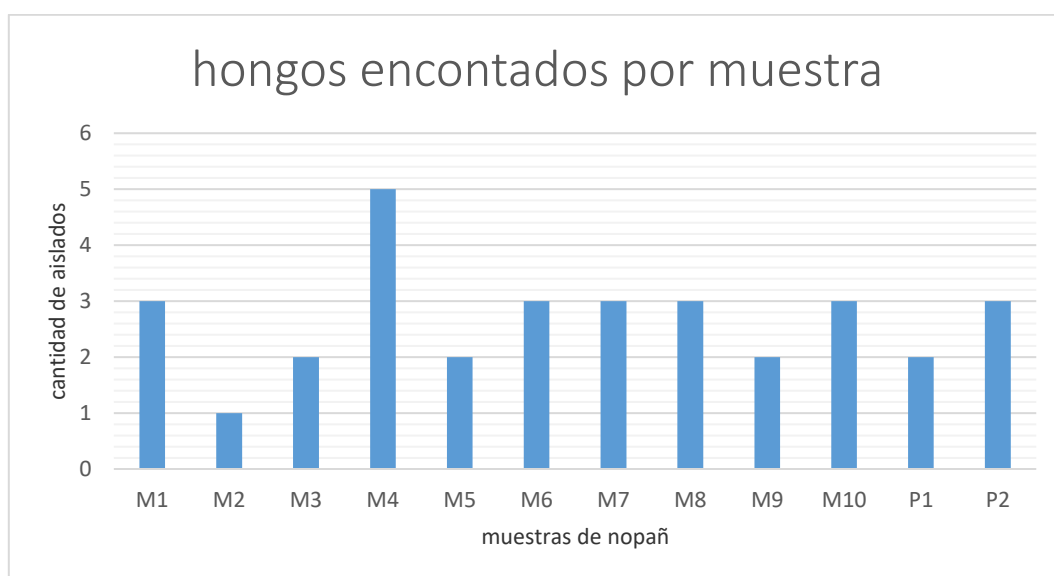


Figura 4. Muestras de Nopal con mayor cantidad de hongos.

CONCLUSIÓN

Se encontraron siete géneros de hongos presentes en los cladodios entre los cuales se encuentran *Fusarium* sp., *Colletotrichum* sp., *Nigrospora* sp., *Alternaria* sp., *Neoscytalidium* sp., *Botrytis* sp., *Phoma* sp. los cuales están involucrado a la enfermedad de la mancha negra.

LITERATURA CITADA

- Casas, A., and G. Barbera. (2002). Mesoamerican domestication and diffusion. In: Nobel, P. S. (ed.) *Cacti Biology and Uses*. University of California, Berkeley. pp: 143-162.
- Barnett, H. L., and B. B. Hunter. (1999). *Illustrate Genera of Imperfect Fungi*, Fourth Edition. Burgess Publishing Company. Minnesota. pp. 118-132.
- Conforto C, Lima NB, Araújo FJ, Saraiva MP, Maharachchikumbura S and Michereff SJ. (2019.) Characterization of fungal species associated with cladode brown spot on *Nopalea cochenillifera* in Brazil. *European Journal of Plant Pathology* 155(4): 1179-1194. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01847-3>
- Feijo F, Silva M, Nascimento A, Infante N, Ramos R, Assunção I and Lima GS. (2019.) *Botryosphaeriaceae* species associated with the pickly pear cactus *Nopalea cochenillifera*. *Tropical Plant Pathology* 44(5): 452-459. <https://doi.org/10.1007/s40858-019-00299-8>.
- Flores, C. (2001). *Producción, Industrialización y Comercialización de Nopalitos*. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 27 p
- Flores-Flores R, Velázquez-del Valle MG, León-Rodríguez R, Flores-Moctezuma HE and Hernández-Lauzardo AN. (2013). Identification of fungal species associated with cladode spot of prickly pear and their sensitivity to chitosan. *Journal of Phytopathology* 161(7-8): 544-552. <https://doi.org/10.1111/jph.12104>.
- Griffith, M. P. (2004). The origins of an important cactus crop, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae): new molecular evidence. *Am. J. Bot.* 91: 1915-1921

- Hernández-Sánchez E, Mora-Aguilera G, Tlapal B, Rodríguez-Leyva E and Alvarado D. (2014). Effect of initial disease intensity of cactus black spot (*Opuntia ficus-indica*) in the temporal and spatial characterization. *Revista Mexicana de Fitopatología* 32(2): 132-146. https://www.smf.org.mx/rmf/Vol3222014/AR/32-2_05.pdf
- Leslie, J.F. and Summerell, B.A. (2006) *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing, Hoboken, 1-2. <https://doi.org/10.1002/9780470278376>
- Méndez-Gallegos, S.J., Talavera-Magaña, D. y García-Herrera, E.J. (2009). Identificación y control de las principales enfermedades del nopal. *Revista Salud Publica y Nutrición* 2:2-13. Ochoa, M.J. 2012. Mancha negra “*Pseudocercospora opuntiae*”: una importante enfermedad en plantaciones de Opuntias (tunas) para fruta, forraje y nopalitos. *CACTUSNET*, 63 p.
- Quezada-Salinas A, Sandoval-Islas JS, Alvarado-Rosales D y Cárdenas-Soriano E. (2006). Etiología de la mancha negra del nopal (*Opuntia ficus-indica* Mill) en Tlalnepantla, Morelos, México. *Agrociencia* 40(5): 641-653. <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/496/496>
- SIAP (Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera). Cierre de la producción agrícola por cultivo. (2022). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola* <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-producción-agrícola-por-cultivo/>
- Watanabe, T. (2010). *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species*. Third Edition. CRC Press Taylor and Francis Group. Boca Raton. Florida. USA. 426 p.

MICROMICETOS CULTIVABLES ASOCIADOS A LESIONES ROJIZAS EN CAÑA DE AZÚCAR EN GONZÁLEZ, TAMAULIPAS, MÉXICO

Jorge Humberto Castro Infante¹, Raúl Rodríguez-Guerra², Kenzy Iveth Peña-Carrillo², Raúl Asael Rodríguez-Villarreal³, J. Isabel López Arroyo², Reyna Ivonne Torres-Acosta^{1*}

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Mante, Blvd. Enrique Cárdenas González No. 1201 Pte., CP 89810, Ciudad Mante, Tamaulipas, México. ²Campo Experimental General Terán, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 31 Carretera Montemorelos-China, CP 67400, General Terán, Nuevo León, México. ³Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. Av. Pedro de Alba y Manuel L. Barragán S/N, C.P. 66450, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

*ritorres@docentes.uat.edu.mx

RESUMEN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es un cultivo de gran relevancia para la economía nacional por los productos y subproductos que se obtienen de ella. Tamaulipas es el quinto productor de caña en México, y las plagas y enfermedades reducen la cantidad y calidad de sus productos. Entre estas últimas, se ha reportado la ocurrencia del muermo o pudrición roja causada por *Colletotrichum falcatum* en asociación con daños por barrenadores. Varias especies de *Fusarium* han sido asociadas a lesiones rojizas en tallos y hojas de plantas de caña en varios estados del país; sin embargo, en Tamaulipas se desconoce las especies que se presentan. El objetivo de esta investigación consistió en identificar los géneros de micromicetos cultivables, así como especies de *Fusarium*, que se asocian a estas lesiones rojizas en muestras de plantas de caña, del municipio de González, Tamaulipas, México. Se aislaron diecinueve micromicetos, 13 se identificaron al nivel de género, dos a nivel de especie y cuatro se definieron con base a sus características como un basidiomiceto, un productor de picnidios, otro como productor de esporodoquios y una cepa con micelio estéril. Las especies de *F. sacchari* y *F. verticillioides* son reconocidas como causantes de la enfermedad cogollo retorcido, y fueron

identificadas en siete y cinco de las muestras analizadas. Previamente no se ha reportado alguna especie de *Fusarium* en caña de azúcar del estado de Tamaulipas, por lo que se considera que este es el primer registro de las especies fitopatógenas *F. sacchari* y *F. verticillioides* asociadas a lesiones rojizas en cultivos de caña en este estado.

Palabras clave: Lesiones en tallos, hojas y cogollo, *Fusarium sacchari*, *F. verticillioides*.

ABSTRACT

Sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) is a crop of great relevance to the national economy due to the products and by-products obtained from it. Tamaulipas is the fifth largest producer of sugar cane in Mexico, and pests and diseases reduce the quantity and quality of its products. Among these diseases, the occurrence of red rot caused by *Colletotrichum falcatum* has been reported, often in association with damage from borers. Several species of *Fusarium* have been associated with reddish lesions on the stems and leaves of sugar cane plants in various states of the country; however, the species present in Tamaulipas are unknown. The objective of this research was to identify the genera of culturable micromycetes, as well as *Fusarium* species, associated with these reddish lesions in samples of sugar cane plants from the municipality of González, Tamaulipas, Mexico. Nineteen micromycetes were isolated, 13 were identified at the genus level, two at the species level, and four were classified based on their characteristics as one basidiomycete, one pycnidial producer, another as a sporodochial producer, and one strain with sterile mycelium. The species *F. sacchari* and *F. verticillioides* are recognized as causing the twisted shoot disease and were identified in seven and five of the analyzed samples, respectively. Previously, no species of *Fusarium* had been reported in sugar cane from the state of Tamaulipas, making this the first record of the phytopathogenic species *F. sacchari* and *F. verticillioides* associated with reddish lesions in sugar cane crops in this state.

Key words: Lesions on stems, leaves, and tops; *Fusarium sacchari*, *Fusarium verticillioides*.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es un cultivo de gran relevancia para la economía nacional; entre sus productos se encuentran residuos de cosecha, bagazo y médula papel, melaza, sacarosa, y cachaza (Aguilar-Rivera *et al.*, 2017). En el 2022, Tamaulipas fue el quinto estado a nivel nacional en producción de caña de azúcar con 2.47 millones de toneladas (SIAP, 2024). Los principales municipios productores son Xicoténcatl (717 millones de toneladas), El Mante (635), Ocampo (534), Gómez Farías (306), Nuevo Morelos (109) y Antiguo Morelos (108) (SIAP, 2024). Diversos factores abióticos y bióticos limitan la producción de la caña de azúcar en Tamaulipas. Entre las enfermedades se encuentran varias que producen lesiones rojizas, como el muermo o pudrición roja que se caracteriza por la presencia de lesiones de color rojo a lo largo del tallo y hojas; esta enfermedad es causada por *Colletotrichum falcatum* (de Loza y Villalobos 2003) y está relacionada al daño causado por barrenadores y mosca pinta (Reyes *et al.*, 2022; Hernández-Rosas y Figueroa-Rodríguez, 2011; Atlahua, 2015). En otras partes del país se ha reportado la enfermedad conocida como cogollo retorcido (pokkah boeng), que también produce lesiones rojizas en tallos y hojas, y es causada por diversas especies de *Fusarium* (Rosas-Guevara *et al.*, 2014). Ambas enfermedades causan síntomas similares (Costa *et al.*, 2021). Sin embargo, otros géneros de hongos (Tiwari *et al.*, 2020; Samaco y dela Cueva, 2019; Atlahua, 2015) también causan lesiones rojizas en raíces, tallos y hojas. Debido al desconocimiento de la diversidad de hongos asociados a lesiones rojizas en plantas de caña en el estado de Tamaulipas, el objetivo de esta investigación fue identificar los géneros de micromicetos cultivables asociados a estas lesiones en plantas de caña del municipio de González, Tamaulipas, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de caña con lesiones rojizas. Los muestreos se realizaron en enero (Rancho Macail) y febrero (Rancho Francisco I. Madero 2) del 2024 en cultivos de caña de azúcar comercial del municipio de González, Tamaulipas (Cuadro 1). Las muestras consistieron de tallos con evidente daño de barrenador y síntomas del

muermo rojo, y de hojas con lesiones rojizas en la nervadura central. Las muestras se transportaron a la Unidad Académica Multidisciplinaria Mante de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y se enviaron en hieleras con bolsas de gel refrigerante al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias del Campo Experimental de General, Terán, Nuevo León.

Aislamiento de micromicetos. Lesiones de hojas y tallos se desinfectaron con hipoclorito de sodio (2%) por 2 min, se lavaron con agua estéril tres ocasiones y se colocaron en toalla de papel. Se cortaron fragmentos de uno a tres milímetros con un bisturí y se colocaron en cajas Petri conteniendo medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA) acidificado (200 μ L de ácido láctico 85% L^{-1}). A las 24 a 48 hr se obtuvieron puntas de hifa de hongos emergiendo de los fragmentos y se transfirieron a nuevo medio. Colonias desarrolladas de hongos, se replicaron nuevamente en PDA y en el medio mínimo SNA utilizado para identificar especies de *Fusarium* (Leslie y Summerell, 2008).

Una semana después, las colonias creciendo en SNA se observaron directamente en las cajas Petri, o se realizaron observaciones en porta objetos, para su identificación a nivel de género utilizando las claves de Barnett y Hunter (1998), y para especies de *Fusarium* se utilizaron las descripciones de Leslie y Summerell (2008) y claves de Nelson *et al.* (1983). Colonias no esporuladas fueron nuevamente transferidas a ambos medios y mantenidas por más tiempo (2 a 4 semanas) para su identificación. Los géneros, especies y micromicetos no identificados fueron registrados para cada muestra procesada (Figura 1).

Cuadro 1. Datos geográficos de las áreas de colecta realizadas en el municipio de González, Tamaulipas

Sitio de colecta	Latitud (N)	Longitud (W)	m.s.n.m	Variedad	Sistema de riego
Rancho Macail					
Macail 1	22°36'38"	98°34'29"	29	CP-72-2086	Por goteo
Macail 2	22°36'26"	98°34'39"	32	CP-72-2086	Por goteo
Macail 3	22°36'28"	98°35'10"	28	CP-72-2086	Rodado
Rancho Francisco I. Madero					
Olmos Salitre	22°36'11"	98°34'11"	23	CP-72-2086	Por goteo
Caídas	22°36'49"	98°37'34"	26	CP-72-2086	Por goteo
Olmos Bomba Tallos	22°36'13"	98°34'22"	25	CP-72-2086	Por goteo
Olmos Bomba Hojas	22°36'13"	98°34'22"	25	CP-72-2086	Por goteo



Figura 1. Muestras de tallos y hojas de plantas de caña utilizadas para el aislamiento de micromicetos del municipio de González, Tamaulipas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se aislaron 19 micromicetos de las muestras analizadas (Cuadro 2), de los cuales 13 fueron identificados al nivel de género, dos a nivel de especies y cuatro se definieron en base a sus características como un basidiomiceto (Figura 2a), un productor de picnidios (Figura 2b), un tubercularial (Figura 2c y d) y una cepa con micelio estéril. En Tamaulipas se ha registrado la ocurrencia de los géneros *Alternaria*, *Aspergillus*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Penicillium* y *Trichoderma* (de Loza y Villalobos, 2003) en tallos con daño de barrenador o con síntomas de muermo rojo. Raza *et al.* (2019), al realizar un estudio de la diversidad de hongos en hojas y raíces de caña en China, pudieron identificar mediante el análisis de

secuencias espaciadoras transcritas internas (ITS's) 51 géneros, y a 129 cepas no fue posible determinar su identidad; lo anterior muestra que la determinación al nivel de género de cepas de hongos, aun utilizando secuencias ITS's, puede ser compleja. Estos autores encontraron que los géneros más comunes fueron *Bipolaris*, *Curvularia*, *Nigrospora*, *Epicoccum* y *Chaetomium*, incluyendo *Phoma*, de los cuales los primeros cuatro se encontraron en hoja. En lesiones de hoja, Appala *et al.* (2020) encontraron 10 géneros de hongos que además de los anteriores incluye *Phyllachora*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Drechslera*, *Myrothecium* y *Fusarium*.

Cuadro 2. Micromicetos asociados a lesiones rojizas presentes en muestras de tallos y hojas de siete muestras obtenidas del municipio de González, Tamaulipas.

Micromiceto	Macail 1 (tallo)	Macail 2 (hoja)	Macail 3 (cogollo)	Olmos Salitre (tallo)	Caídas (tallo)	Olmos bomba (tallo)	Olmos bomba (hoja)	Total
<i>Alternaria</i>		✓	✓					2
<i>Arthrotrichum</i>						✓		1
<i>Aspergillus</i>	✓							1
Basidiomiceto				✓		✓		2
<i>Bipolaris</i>		✓						1
<i>Cephalosporium</i>	✓			✓	✓	✓	✓	5
<i>Cladosporium</i>		✓		✓				2
<i>Epicoccum</i>					✓			1
<i>F. sacchari</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	7
<i>Fusarium</i> sp.							✓	1
<i>F. verticillioides</i>	✓	✓	✓	✓		✓		5
Micelio estéril							✓	1
<i>Nigrospora</i>		✓			✓	✓		3
<i>Paecilomyces</i>			✓					1
<i>Penicillium</i>	✓		✓					2
Picnidial		✓						1
<i>Ramularia</i>					✓			1
<i>Trichocladium</i>		✓						1
Tubercularial						✓		1
Total	5	8	5	5	5	7	4	39

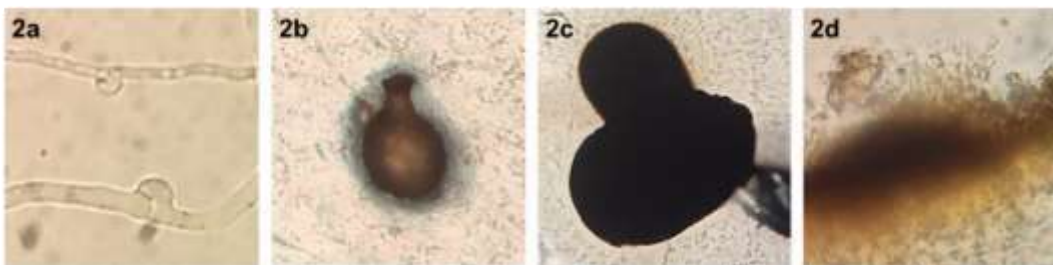


Figura 2. Cepas de micromicetos identificadas sólo por sus características. Basidiomiceto mostrando fibulas (2a). Hongo produciendo picnidio (2b). Hongo tubercularial mostrando esporodoquio (2c) y vista microscópica del esporodoquio (2d).

En esta investigación se encontraron *Alternaria*, *Bipolaris*, *Cladosporium*, *Fusarium* y *Nigrospora* en muestras de hojas, y los géneros *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Epicoccum* y *Penicillium* en tallos. Además, en esta investigación se identificaron en hoja *Cephalosporium* (= *Acremonium*), *Trichocladium*, un micelio estéril y un productor de picnidios (picnidial); mientras que en tallo adicionalmente se identificó *Arthrobotrys*, *Acremonium*, *Ramularia*, un basidiomiceto, y un tubercularial (productor de esporodoquios). Hilton *et al.* (2017) han reportado la ocurrencia de *Fusarium*, *Alternaria*, *Phoma*, *Phomopsis* y *Epicoccum* en plantas con cogollo retorcido; y en esta investigación se identificó *Alternaria* y dos especies de *Fusarium*, además de los géneros *Paecilomices* y *Penicillium*. Lo anterior demuestra la gran diversidad de micromicetos en lesiones rojizas en caña en el municipio de González, de los cuales algunos se registran por primera ocasión.

De las cepas del género *Fusarium*, una se identificó como *F. sacchari*, otra como *F. verticillioides* y otra como *Fusarium* sp. (Figura 5) en base en las fuentes utilizadas (Leslie y Summerell, 2008; Nelson *et al.*, 1983). Del estado de Tamaulipas sólo se ha reportado la ocurrencia a nivel de género de *Fusarium* (de Loza y Villalobos, 2003). Doce especies de *Fusarium* han sido reportadas causando lesiones rojizas en caña, de las cuales sólo *F. proliferatum*, *F. verticillioides* (Rosas-Guevara *et al.*, 2014) y *F. sacchari* (Medina-Osti *et al.*, 2022) han sido reportadas en México causando cogollo retorcido en tallos y lesiones rojizas en hojas.

Las cepas identificadas como *Acremonium* mostraron dos tipos de conidios, uno fuertemente curvado y otro globoso; la ocurrencia de este hongo en la mayoría de las muestras sugiere que pueden tener un papel importante en la sintomatología

observada. Una cepa de *F. sacchari* y *F. verticillioides*, deberán ser analizadas genéticamente para confirmar su identidad, así como *Fusarium* sp. y *Acremonium*. En ninguna muestra de tallo con lesiones de barrenador se aisló *Colletotrichum* (Reyes *et al.*, 2022).

En las muestras Macail 2 y Olmos bomba tallo se obtuvo la mayor diversidad de micromicetos con ocho y siete respectivamente. Mientras que en Olmos bomba hoja sólo se encontraron cuatro micromicetos; y en el resto de muestras cinco de ellos. Los tres micromicetos que se presentaron con mayor frecuencia son *F. sacchari* en siete muestras, y *F. verticillioides* y *Cephalosporium* en 5 muestras cada uno. Estas especies de *Fusarium* han sido asociadas la enfermedad cogollo retorcido (Costa *et al.*, 2019; Lin *et al.*, 2014). En México, la especie *F. sacchari* ha sido reportada de tallo en la Huasteca Potosina (Medina-Osti *et al.*, 2022) y *F. verticillioides* de los estados de Veracruz, Morelos, Oaxaca y Puebla causando cogollo retorcido (Rosas-Guevara *et al.*, 2014). Debido a la ocurrencia de *Acremonium* en cinco de las muestras analizadas, pruebas de patogenicidad deberán ser realizadas.

CONCLUSIONES

Trece micromicetos cultivables fueron identificados al nivel de género, y cuatro fueron definidos por sus características morfológicas. *Fusarium sacchari*, *F. verticillioides* y *Acremonium* fueron los micromicetos más frecuentes. Este es el primer registro de ambas especies de *Fusarium* asociadas a lesiones rojizas en tallos y hojas de caña de azúcar en el estado de Tamaulipas, México.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Rivera, N., Debernardi, T.J. & Herrera, H.D. (2017). Subproductos, coproductos y derivados de la agroindustria azucarera. *Agro Productividad*, 10(11), 13-20. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/71/67>
- Appala, K.P., Ramana, R.A.V., Chandra, R.K.R. & Govardhana, N.V. (2020). Fungi associated with leaf spots of sugar cane (*Saccharum officinarum*

- L). *International Journal of Indigenous Herbs and Drugs*, 5(6), 7-21.
<https://doi.org/10.46956/ijihd.vi.102>
- Atlahua, L.I. (2015). Lesiones en el área foliar producidas por microorganismos asociados a la mosca pinta (*Aeneolamia albofasciata*). [Tesis Maestría, Colegio de Postgraduados].
http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/2688/Atlahua_Lezama_I_MC_F_Entomologia_Acarologia_2015.pdf;jsessionid=4813EEBFDEA06ADD422D48316489F4FA?sequence=1
- Barnett, H.L. & Hunter, B.B. (1998): *Illustrated genera of imperfect fungi* (No. Ed. 4). American Phytopathological Society (APS Press), St. Paul, Minnesota, USA, 218p. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19991000964>
- Costa, M.M., Melo, M.P., Guimarães, E.A., Veiga, C.M.O., Sandin, F.C., Moreira, G. M., Costa, S.S & Pfenning, L.H. (2019). Identification and pathogenicity of *Fusarium* species associated with pokkah boeng of sugarcane in Brazil. *Plant Pathology*, 68(7), 1350-1360. <https://doi.org/10.1111/ppa.13053>
- Costa, M.M., Silva, B.A., Moreira, G.M., & Pfenning, L.H. (2021). *Colletotrichum falcatum* and *Fusarium* species induce symptoms of red rot in sugarcane in Brazil. *Plant Pathology*, 70(8), 1807-1818. <https://doi.org/10.1111/ppa.13423>
- de Loza, M.M.P & Villalobos, A.E.M. (2003). Identificación morfológica y molecular de *Colletotrichum falcatum* Went mediante microscopía electrónica de transmisión y PCR-ITS. [Tesis Maestría, Centro Universitario De Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara].
http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3027/Cortes_Romero_Celso.pdf?sequence=1
- Hernández-Rosas, F. & Figueroa-Rodríguez, K.A. (2011). Barrenador (*Diatraea saccharalis*) y Mosca pinta (*Aeneolamia* spp. *Prosapia* spp.) en caña de azúcar y sus enemigos naturales. *Agro Productividad*, 4(3), 3-9.
<https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/578/447>
- Hilton, A., Zhang, H., Yu, W., & Shim, W.B. (2017). Identification and characterization of pathogenic and endophytic fungal species associated with

- pokkah boeng disease of sugarcane. *The Plant Pathology Journal*, 33(3), 238-248. doi:[10.5423/PPJ.OA.02.2017.0029](https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.02.2017.0029)
- Leslie, J.F., & Summerell, B.A. (2008). *The Fusarium laboratory manual*. John Wiley & Sons. 388p. <https://doi.org/10.1002/9780470278376>
- Lin, Z., Xu, S., Que, Y., Wang, J., Comstock, J.C., Wei, J., McCord, P.H., Chen, B., Chen R., & Zhang, M. (2014). Species-specific detection and identification of *Fusarium* species complex, the causal agent of sugarcane pokkah boeng in China. *PLoS One*, 9(8), e104195. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104195>
- Medina-Osti, F., Gutiérrez-Díez, A., Ochoa-Ascencio, S., & Sánchez-González, E. I. (2022). Primer reporte de pokkah boeng en caña de azúcar de la Huasteca Potosina. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(7), 1307-1313. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i7.2998>
- Nelson, P.E., Toussoun, T.A., & Marasas, W.F.O. (1983). *Fusarium species: An Illustrated Manual for Identification*. The Pennsylvania State University. University Park, Pennsylvania, USA. 193p.
- Raza, M., Zhang, Z. F., Hyde, K. D., Diao, Y. Z., & Cai, L. (2019). Culturable plant pathogenic fungi associated with sugarcane in southern China. *Fungal Diversity*, 99, 1-104. <https://doi.org/10.1007/s13225-019-00434-5>
- Reyes, H.J., Coronado, B.J.M., Estrada, D.B., Khalaim, I.A. & Rodríguez, Del B.L.Á. (2022). Asociación de barrenadores del tallo y muermo rojo en la calidad de la caña de azúcar. *Transversalidad Científica y Tecnológica*, 6(1), 46-51. <https://www.researchgate.net/publication/371695988>
- Rosas-Guevara, V., Hernández-Arenas, M., Miranda-Marini, R., Bravo-Mosqueda, E., & Berriozabal-Onofre, A. (2014). Identificación y variabilidad morfológica de pokkah boeng (*Fusarium* spp.) en caña de azúcar, en México. *Investigación Agropecuaria*, 11(2): 119-126. <https://www.researchgate.net/publication/378034958>
- Samaco, M.A., & dela Cueva, F.M. (2019). Molecular characterization of *Fusarium* spp. associated with sugarcane Pokkah boeng from the Philippines using

- partial Translation Elongation Factor-1 α (TEF-1 α) gene sequences. *Sugar Tech*, 21(4), 619-630. <https://doi.org/10.1007/s12355-018-0662-7>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2024). Tamaulipas. Infografía agroalimentaria 2022. México: *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Tiwari, R., Shukla, S.K., Jaiswal, V.P., & Tiwari, R.K. (2020). Pokkah boeng disease of sugarcane: Current status and opportunities. *Current Advances in Agricultural Sciences*, 12(1), 1-6. <https://www.researchgate.net/publication/346926326>

MODELO PARA IDENTIFICAR EL USO DE SEMILLAS MEJORADAS EN PEQUEÑOS PRODUCTORES DE MAÍZ EN HUAMANTLA, TLAXCALA

Venancio Cuevas-Reyes¹, Enrique Buendía Rodríguez¹, Dolores Briones Reyes¹,
Jaime Rangel Quintos¹, José Luis Jolalpa Barrera¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Valle de México, 56250, México.

Correo: cuevas.venancio@gmail.com

RESUMEN

La productividad agrícola está asociada a múltiples factores, uno de ellos es el uso de semillas mejoradas. No obstante, la adopción de esta tecnología por parte de pequeños productores es baja y depende del nivel de recursos y formas de producción. El objetivo del presente estudio fue identificar los factores que determinan el uso de semillas mejoradas por parte de pequeños productores de maíz de temporal en el municipio de Huamantla Tlaxcala. Mediante muestreo no probabilístico fueron seleccionados 43 pequeños productores de maíz en el municipio de Huamantla, Tlaxcala. Se utilizó un modelo de elección discreta para identificar los factores que determinan el uso de semillas mejoras en productores de maíz. Los determinantes del uso de semilla mejorada estuvieron relacionados solo con variables productivas: la superficie sembrada de maíz ($p < 0.05$) y el rendimiento obtenido ($p < 0.10$). El análisis de cambios marginales nos señala que el incremento en una hectárea de superficie generaría un aumento de 1.7 % la probabilidad de adopción de semilla mejorada por parte de los pequeños productores. Los factores determinantes en el uso de semilla mejorada por parte de pequeños productores de maíz de temporal en Huamantla, fueron el rendimiento de maíz y la superficie sembrada de este cultivo. Lo anterior nos muestra que la adopción de semillas parece estar influenciada por mayores cantidades de recursos productivos y económicos.

Palabras clave: *Tecnología, Temporal, Producción, Determinantes, Adopción*

ABSTRACT

Agricultural productivity is associated with multiple factors, one of them being the use of improved seeds. However, the adoption of this technology by small producers is low and depends on the level of resources and production methods. The objective of this study was to identify the factors that determine the use of improved seeds by small producers of rainfed corn in the municipality of Huamantla, Tlaxcala. Using non-probabilistic sampling, 43 small producers of corn were selected in the municipality of Huamantla, Tlaxcala. A discrete choice model was used to identify the factors that determine the use of improved seeds by corn producers. The determinants of the use of improved seeds were related only to productive variables: the area planted with corn ($p < 0.05$) and the yield obtained ($p < 0.10$). The analysis of marginal changes indicates that the increase in one hectare of surface would generate an increase of 1.7% in the probability of adoption of improved seeds by small producers. The determining factors in the use of improved seed by small producers of rainfed corn in Huamantla were corn yield and the area planted with this crop. This shows us that the adoption of seeds seems to be influenced by greater amounts of productive and economic resources.

Keywords: *Technology, Temporal, Production, Determinants, Adoption*

INTRODUCCIÓN

Las nuevas variedades y semillas mejoradas son tecnologías que provienen del mejoramiento genético tradicional que incluyen la identificación, selección y multiplicación a través de los años de varias generaciones de genotipos sobresalientes, con el fin de obtener plantas que presenten caracteres de interés para el mejorador como son mayor rendimiento, tolerancia a heladas, sequías, plagas y enfermedades; además de otros atributos como precocidad y adaptabilidad a las condiciones actuales y futuras de los diferentes ambientes (Besnier, 1989).

El papel del cambio tecnológico agrícola en la reducción de la pobreza rural y el fomento del desarrollo económico general ha sido ampliamente documentado en la literatura económica (Becerril & Abdulai, 2010). Los efectos de las nuevas

tecnologías agrícolas sobre la pobreza pueden ser directos o indirectos. La tecnología agrícola puede ayudar a reducir la pobreza a través de efectos directos e indirectos. Los efectos directos son ganancias para los adoptantes, mientras que los efectos indirectos son ganancias derivadas de la adopción por parte de otros que conducen a precios más bajos de los alimentos, creación de empleo y efectos de vinculación al crecimiento (de Janvry y Sadoulet, 2002).

El estado de Tlaxcala dispone de una superficie de producción de 266 mil hectáreas, de las cuales 210 mil (79.3 %) realizan actividades agropecuarias o forestales. En el estado solo se cuenta con 11 % de tierras con sistemas de riego. El ejido es la principal forma de tenencia de la tierra puesto que el 58 % de tipo de propiedad está registrada bajo este régimen (INEGI, 2017). De esta forma, la producción de maíz en Tlaxcala es básicamente de minifundio temporalero, con escasos grandes productores de riego. El primero oscila entre 100 mil y 120 mil hectáreas anuales y los segundos se han mantenido debajo de las 20 mil, mientras que la superficie de maíz grano de Huamantla fue de 17 285.00 hectáreas sembradas. La participación de cada distrito en la producción de maíz blanco es de 42 % en Huamantla, 23 % Calpulalpan y en todo el estado es 35 % (SIAP, 2021).

En la pequeña agricultura la adopción de tecnología tiene limitantes, y a su vez factores que la promueven y, la mayoría de esas limitantes están relacionadas con las características del campesino y su finca. En algunas investigaciones no toman en cuenta las características cognitivas y los factores psico-sociales, que pueden influir en los campesinos, además de la opinión de otras personas (Martínez, Dorward, & Rehman, 2012). El objetivo del presente estudio fue identificar los factores que determinan el uso de semillas mejoradas por parte de pequeños productores de maíz de temporal en el municipio de Huamantla Tlaxcala.

MATERIALES Y METODOS

Zona de estudio

Huamantla se encuentra ubicado a los 19° 19' de latitud norte y 97° 55' de longitud oeste, con una altitud media de 2 500 metros, tiene una extensión territorial aproximada de 331.92 km². Limita al norte con el municipio de Terrenate, al este

con Altzayanca, Cuapiaxtla y el estado de Puebla, al sur con Ixtenco, Zitlaltepec de Trinidad Sánchez Santos y Puebla, y al oeste con San Francisco Tetlanohcan, San José Teacalco, Tzompantepec, Tocatlán y Xaloztoc (INEGI, 2005).

Selección de la muestra y recolección de la información

Para seleccionar la muestra, se utilizó muestreo no probabilístico e intencional (Quinn, 2002; Hernández, 2021). Fueron entrevistados 43 pequeños productores de maíz. Los productores fueron entrevistados durante la implementación de un curso de capacitación sobre cítricos realizado en el mes de octubre de 2023. Fueron entrevistados 43 pequeños productores de maíz.

Se elaboró y aplicó un cuestionario para obtener información relacionada con las características sociales del productor (edad, escolaridad, número de miembros totales en su familia) y la producción de maíz (dosis de siembra de maíz, producción, superficie sembrada y rendimientos). Se estimaron diferentes modelos incluyendo variables relacionadas con otros aspectos sociales, como la escolaridad, y variables productivas como cantidad de semillas utilizada, superficie total, precio de la semilla.

Modelo Probit

El análisis de la información se realizó mediante un modelo Probit, el cual es un modelo de elección discreta, en donde la variable endógena presenta dos alternativas 0 y 1 (Aldrich & Nelson, 1984). De esta forma, la variable dependiente (Y) está relacionada con la adición de valor agregado y para los términos de nuestro análisis, asumió dos valores: (1) si el productor adopta semillas mejoradas y (0) en caso contrario. El modelo econométrico propuesto sigue las etapas desarrolladas por Cuevas-Reyes *et al.* (2020) y los sustentos teóricos propuestos por Aldrich & Nelson (1984) y Greene (2012), en las cuales señala que el modelo Probit utiliza una Función de Distribución Acumulativa normal, el modelo probabilístico se estima por el método de máxima verosimilitud y posteriormente, se obtiene el cambio marginal. El cambio marginal de la función de densidad de la distribución normal estándar se evalúa en un punto definido y el parámetro a evaluar (Greene, 2012), como se expresa en la ecuación 1.

$$\frac{\partial P_i}{\partial X_{ki}} = \frac{\partial \phi(X_i \beta)}{\partial X_{ki}} = \phi(X_i \beta) \beta_k \quad (1)$$

El modelo empírico que representa la variable dependiente Y (adopta semillas mejoradas) y las variables independientes (X) que influyen en la adopción, fue el siguiente:

$$Y = \beta_0 + \beta_k X_{ki} + u_i \quad (2)$$

Donde: Y = variable binaria de adopción de tecnología, β_k = coeficientes a ser estimados, X_{ki} = variables explicativas del modelo (Cuadro 1) y, u_i = error estocástico. Las variables explicativas fueron aquellas relacionadas con aspectos socioeconómicos: X_1 =Edad (años), X_2 = Miembros de la familia (número) y aspectos productivos, tales como: X_3 =Rendimiento ($t\ ha^{-1}$), X_4 =Superficie de maíz (ha) de los pequeños productores de maíz. Estas variables, según la literatura, influyen en el uso y adopción de tecnología (Feder *et al.*, 1985; McNamara *et al.*, 1991). El análisis de la información fue realizado con el paquete Data Analysis and Statistical Software (Stata) versión 12. Para evaluar la significancia individual de los parámetros se utilizó el test de Wald, en tanto para la evaluación de la bondad global de los ajustes del modelo se utilizó el Pseudo R² de McFadden, y el estadístico LR.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El modelo que resulto significativo fue el que utilizo dos variables relacionadas con aspectos socioeconómicos y dos relacionadas con aspectos productivos. Así, la edad de los productores fue de 61 años, con un promedio de 3 miembros de la familia, el rendimiento promedio fue menor a una tonelada ($0.75\ t\ ha^{-1}$) y una superficie promedio de 3.5 ha (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estadísticas descriptivas de las variables independientes

Variable	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
X_1 =Edad (años)	61	24	86	15.5
X_2 = Miembros de la familia (número)	3.4	0	13	2.9
X_3 =Rendimiento ($t\ ha^{-1}$)	0.75	.1	2	0.55

X ₄ =Superficie de maíz (ha)	3.5	1	10.5	2.4

Fuente: Elaboración propia.

Modelo y determinantes de la adopción de semilla mejorada

El valor de Ji cuadrada (Ji^2) se utilizó para el contraste de la significancia global del modelo; la hipótesis nula señala que todos los coeficientes de la ecuación, excepto la constante, son nulos. El número de casos correctamente clasificados fue de 95.02 %, el estadístico LR $Ji^2(13)$ fue de 9.75 y la probabilidad asociada fue menor a 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, y se concluye que el modelo global es significativo (Cuadro 2). El estadístico z muestra que dos variables fueron significativas para la adopción de semillas mejoradas por los pequeños productores, una variable (X_4 superficie de maíz) al 95 % ($p < 0.05$), mientras que el rendimiento (X_3) fue significativo al 90% ($p < 0.10$).

La variable superficie de maíz resultó significativa ($p < 0.05$), y el análisis de cambios marginales nos señala que el incremento en una hectárea de superficie generaría un aumento de 1.7 % la probabilidad de adopción de semilla mejorada por parte de los pequeños productores. Los resultados concuerdan con un estudio realizado a nivel nacional por García-Salazar & Guzmán-Soria (2015), quienes indican que el tamaño del predio y el ingreso tienen un impacto positivo sobre la tasa de utilización de semilla mejorada; un aumento en dichas variables aumentaría la probabilidad de semilla mejorada, y esto incrementaría la demanda de semilla mejorada. Dicho aumento de la probabilidad resulta muy similar con un estudio realizado en Zambia, Kalinda et al. (2014) señalan que el grado de adopción de variedades mejoradas de maíz en el sur de Zambia está directamente relacionado con el tamaño de las parcelas, y que el aumento del tamaño de predio en una hectárea elevaría la tasa de adopción en 0.1%.

La variable rendimiento también fue significativa ($p < 0.10$), lo cual concuerda con un estudio realizado en la región central de Puebla, encontró que una disminución en el precio de la semilla mejorada de 5, 15 y 25 %, manteniendo los demás factores

constantes, aumentaría la tasa de adopción de semilla mejorada de maíz en 2.2, 6.6 y 11.1 %, respectivamente. Dichos cambios aumentarían el rendimiento de maíz en 0.8, 2.5 y 4.1 %, lo que originaría un aumento en el bienestar (medido por el excedente económico total) de los productores y consumidores de maíz (Flores-Cruz y García-Salazar, 2016).

Cuadro 2. Variables que influyen en la probabilidad de generar valor agregado

Variable	Coeficiente	z	P>z	dy/dx
X ₁ =Edad (años)	.0136088	0.41	0.678	.0007664
X ₂ = Miembros de la familia (número)	-0.1177293	-0.58	0.562	-.00663
X ₃ =Rendimiento (t ha ⁻¹)	1.274704	1.85	0.064	0.0717858
X ₄ =Superficie de maíz (ha)	0.3084456	2.0	0.046	0.0173703
Constante	-4.450804	-1.61	0.108	

Fuente: Elaboración propia, dy/dx es el efecto marginal de la variable x sobre la variable dependiente y; Nivel de significancia dy/dx: $P < 0.05^*$. LR Ji2(4) = 9.75; Prob > Ji2=0.0448; Pseudo R²=0.3664, Correctamente clasificados= 93.02 %.

Como se observa, la adopción de semillas mejoradas por parte de pequeños productores depende de múltiples factores. Además, cabe señalar que, a semilla de variedades mejoradas, para una óptima expresión de su potencial de rendimiento, requiere la aplicación de los resultados de la investigación de otros componentes tecnológicos tales como densidad de población, fertilización, fechas de siembra, labores de cultivo, aplicación de herbicidas, así como otras recomendaciones para el correcto manejo del cultivo (Espinosa *et al.*, 2010).

CONCLUSIONES

El rendimiento de maíz y la superficie sembrada fueron los factores determinantes en el uso de semilla mejorada por parte de pequeños productores de maíz de temporal en Huamantla. Lo anterior nos muestra que la adopción de semillas parece estar influenciada por mayores cantidades de recursos productivos y económicos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo financiero del INIFAP al proyecto con número SIGI 1474736477 titulado “La percepción de los productores de Maíz, sobre los efectos del cambio climático y la adopción de semillas mejoradas en tres regiones agroecológicas en los estados de Tlaxcala, Estado de México y Veracruz.”

LITERATURA CITADA

- Aldrich, J.H., & Nelson, F. D. (1984). Linear probability, logit, and probit models. Beverly Hills, CA: Sage.
- Becerril, J., & Abdulai, A. (2010). The Impact of Improved Maize Varieties on Poverty in Mexico: A Propensity Score-Matching Approach. *World Development*, 38, 1024-1035. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2009.11.017>
- Besnier, F. 1989. Semillas: biología y tecnología. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Cuevas-Reyes, V., Sánchez, T.B.I., Servín, J.R., Reyes, J.J.E., Loaiza, M.A., & Moreno, G. T. (2020). Factores determinantes del uso de sorgo para alimentación de ganado bovino en el noroeste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(4), 1113–1125. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i4.5292>
- de Janvry, A., & Sadoulet, E. (2002). World Poverty and the Role of Agricultural Technology: Direct and Indirect Effects. *The Journal of Development Studies*, 38(4), 1–26. <https://doi.org/10.1080/00220380412331322401>
- Espinosa, A., Tadeo, M., Turrent, A., & Gómez, N. (2010). El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias*, 92(092). Recuperado a partir de <https://revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/14839>
- Feder, G., Just, R. & Zilberman, D. (1985). Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries: A Survey. *Economic Development and Cultural Change*, 33(2), 255-298. <https://doi.org/10.1086/451461>
- Flores-Cruz, L.A., & García-Salazar, J. A. (2016). Beneficios de la adopción de semilla mejorada de maíz en la región central de Puebla. *Revista fitotecnia*

- mexicana, 39(3), 277-283. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v39n3/0187-7380-rfm-39-03-00277.pdf>
- García-Salazar, J. Alberto, & Guzmán-Soria, Eugenio. (2015). Factores que afectan la demanda de semilla mejorada de maíz en México. *Revista fitotecnia mexicana*, 38(3), 319-327. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802015000300011
- Greene, W. H. (2012). *Econometric Analysis*. Upper Saddle River, EE. UU.: Prentice Hall.
- Hernández, G.O. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 37(3):e1442. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252021000300002
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2005). Síntesis sociodemográfica municipal de Huamantla. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/sint_sociodem/Sint_Huamantla.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). Anuario estadístico geográfico de Tlaxcala 2017. México. https://observatorioturisticodetlaxcala.com.mx/materiales/anuario_estadistico_y_geografico_tlaxcala_2017.pdf
- Kalinda, T., Tembo, G., & Kuntashula, E. (2014). Adoption of Improved Maize Seed Varieties in Southern Zambia. *Asian Journal of Agricultural Sciences*, 6(1), 33–39. <https://doi.org/10.19026/ajas.6.4851>
- Martínez M., G. C., Dorward, P., & Rehman, T. (2012). Factors influencing adoption of Improved Grassland Management by Small-Scale Dairy Farmers in Central Mexico and the implications for Future Research on smallholder adoption in developing Countries. *Livestock Science*, (152): 228-238. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.10.007>

McNamara, K. T., Wetzstein, M. E. & Douce, G. K. (1991). Factors Afecting Peanut Producer Adoption of Integrated Pest Management. Review of Agricultural Economics, 13(1),129-139.

Quinn, M.P. (2002). Qualitative Research & Evaluation Methods. Sage Publications.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2021). Producción agrícola. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>

MONSERRAT (D), NUEVA VARIEDAD DE CEBADA DESNUDA PARA RIEGO EN EL BAJÍO

Miguel A. Avila Perches^{1*}, Mauro R. Zamora Díaz², Francisco P. Gámez Vázquez¹, Juan J. García Rodríguez¹, A. Josué Gámez Vázquez¹, J. Roberto A. Dorantes González¹.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío (CEBAJ), km 6.5 de la carretera Celaya-San Miguel de Allende, C. P. 38010, Roque, Celaya, Guanajuato. ²INIFAP, Campo Experimental Valle de México, km. 13.5 de la carretera Los Reyes-Texcoco, C. P. 56250, Coatlinchan, Texcoco, Estado de México.

Correspondencia: avila.miguel@inifap.gob.mx

RESUMEN

Por su valor nutritivo, la variedad de cebada de grano desnudo Monserrat D, se podría utilizar en la alimentación humana, ya que puede reducir los niveles de colesterol y el riesgo de enfermedad cardiovascular. El objetivo del presente documento es difundir las características agronómicas sobresalientes de Monserrat D. Por su rendimiento, estabilidad, calidad física y comportamiento agronómico, la variedad Monserrat D podría ser una alternativa para la producción de grano desnudo de cebada en El Bajío.

Palabras Clave: *Hordeum vulgare L., rendimiento de grano, características agronómicas*

ABSTRACT

Due to its nutritional value, the Monserrat D variety of naked grain barley could be used in human nutrition, as it can reduce cholesterol levels and the risk of cardiovascular disease. The objective of this document is spread the outstanding agronomic characteristics of Monserrat D. For its grain yield, stability, physical quality and agronomic behavior, the Monserrat D variety could be an alternative for the production of naked grain barley in El Bajío.

Key words: *Hordeum vulgare L., grain yield, agronomic characteristics*

INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, la cebada es el cuarto cereal más importante, se cosechan alrededor de 157 millones de t (FAO, 2024). El 60 % de la producción mundial se utiliza para la alimentación animal, cerca del 32 % se emplea en la obtención de malta, mientras que el 2-3 % interviene en la alimentación humana y 5 % se destina para semilla (Ullrich, 2011).

En 2023 en México, se obtuvieron 832,037 t, de éstas, el 63 % se cosecharon principalmente en el Altiplano Central en temporal durante el ciclo primavera-verano y el resto se producen esencialmente en El Bajío y Chihuahua en riego en el otoño-invierno (SIAP, 2024). Poco más de 90 % de la cebada cosechada en nuestro país se destina a la obtención de malta que después se utiliza en la industria cervecera y solamente el 1% se emplea para alimentación humana.

La cebada es uno de los cultivos más antiguos e importantes a nivel mundial, las evidencias arqueológicas indican que fue más importante que el trigo en las civilizaciones basadas en la agricultura y se obtenía principalmente para consumo humano; en la actualidad se considera como cultivo alimenticio en muchas partes del mundo como las regiones semiáridas de África y Medio Oriente, tierras altas de Nepal, Etiopía y Tíbet, así como en países andinos de América del Sur (García-Luna y Alanís-García, 2021).

En el caso de la cebada desnuda, no se le ha dado tanta importancia a este tipo de grano, en México la primera variedad de cebada de grano desnudo fue liberada en 1977, con el nombre de América, genotipo con 2 hileras en la espiga, con el objetivo de ser utilizada en mezclas con trigo para panificación (Esparza y Castilla, 1977).

Los granos de cebada contienen cerca de 65-68 % de almidón, 10-17 % de proteína, 2-3 % de lípidos, 1.5-2.5 % de minerales y de 2-10 % de β -glucanos (Baik y Ullrich, 2008). Estos últimos son polisacáridos, es decir, moléculas de carbohidratos formados por cadenas de glucosa que se clasifican como fibra dietética soluble (García-Luna y Alanís-García, 2021).

Debido a sus efectos potenciales sobre la salud, la industria de alimentos ha utilizado cada vez más los β -glucanos para el desarrollo de alimentos funcionales. Entre los cereales que poseen mayor contenido de β -glucanos (en g por 100 g de peso seco) está la cebada (2-20 g), seguida por la avena (3-8 g). El consumo de 3 g de β -glucanos de cebada o avena puede reducir los niveles de colesterol y el riesgo de enfermedad cardiovascular, además actúan en el sistema inmunológico del cuerpo humano (Pizarro *et al.*, 2014).

El uso de variedades de cebada desnuda permite eliminar el proceso de perlado (descascarillado del grano) con lo cual aumenta el valor nutrimental de la harina debido a que en el transcurso del perlado se eliminan compuestos como: vitaminas, antioxidantes, minerales, fibra insoluble que se encuentran en la parte externa del grano, lo que contribuirá a obtener productos de mayor calidad y sobretodo más alto valor nutricional.

El objetivo del presente documento es difundir las características agronómicas sobresalientes de la variedad de cebada desnuda Monserrat D, que cumple con los requerimientos de calidad de la industria de alimentos, presenta buena resistencia a las royas y se adapta en las zonas productoras de El Bajío.

MATERIALES Y MÉTODOS

Evaluación de variedades de cebada en 4 ambientes en el ciclo 2021-2022. El estudio se realizó en condiciones de riego en el ciclo otoño-invierno de 2021-2022, en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) localizado en Roque, municipio de Celaya, Guanajuato a 20°32' de latitud norte, 100°49' de longitud oeste y a una altitud de 1,752 metros sobre el nivel del mar.

Se establecieron cuatro fechas de siembra (FS): 30 de noviembre, 15 y 30 de diciembre de 2021 y 15 de enero de 2022, que en lo subsecuente se mencionarán como ambientes de evaluación (A1, A2, A3 y A4 respectivamente), en cada ensayo se evaluaron 8 genotipos (G) de cebada, cinco de de seis hileras (6H): Alina, Esperanza, Estelar (OH), Doña Josefa y Monserrat (D), además de tres variedades de origen extranjero de dos hileras (2H) en la espiga: Explorer, Metcalfe y Prunella,

a excepción de Monserrat que presenta grano desnudo (D) y es recomendada para la alimentación humana, los demás cultivares son de uso maltero.

Las variedades dentro de cada ambiente (A) se establecieron en un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Se empleó una densidad de 100 kg de semilla por ha. La parcela experimental fue de cuatro surcos de 3 m de largo y 75 cm de separación sembrados a doble hilera con separación de 20 cm entre hileras, mientras que la parcela útil fueron los dos surcos centrales de 3m. Se realizó un riego después de la siembra para promover la germinación de semilla y emergencia de la plántula, posteriormente, se aplicaron tres riegos de auxilio a los 40, 65 y 85 días después de la siembra (DDS). Se fertilizó con la fórmula 180-60-00 de NPK respectivamente, para lo cual se utilizó urea y superfosfato de calcio triple, todo el fertilizante se aplicó en la siembra. El resto del manejo agronómico se realizó de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP para la región.

Se determinaron las siguientes características: Rendimiento de grano (RG), peso volumétrico (PV) y de mil semillas (PMS), número de semillas por espiga (SE) y número de espigas m^{-2} (Em^2). Con los resultados de los cuatro ambientes se realizaron análisis estadísticos combinados, para lo cual se utilizó el programa SAS, cuando las diferencias fueron significativas se empleó la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad. Además se realizó un análisis de correlación de Pearson. El análisis de interacción genotipo-ambiente (IGA) se efectuó mediante el modelo de regresión de sitios (SREG), que integra el análisis de varianza y el de componentes principales y se utilizó el programa GEA-R (Pacheco *et al.*, 2015).

Ensayo de variedades de cebada en el ciclo 2022-2023.

La evaluación se realizó en el CEBAJ del INIFAP, en riego en el ciclo otoño-invierno de 2022-2023, se incluyeron 6 variedades generadas por el INIFAP, las cuales fueron Esperanza, Alina, Estelar OH, Maravilla, Forrajera 3 y Monserrat (D), las dos primeras con uso maltero, la tercera puede ser empleada en la elaboración de

whisky, las dos siguientes para forraje y la última es una variedad de grano desnudo que podría ser utilizada en la alimentación humana, cabe destacar que todos los genotipos evaluados son de 6 hileras (6H) en la espiga, a excepción de Forrajera 3 que presenta 2H. La siembra se realizó el 05 de enero de 2023, con un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. .

El manejo agronómico del ensayo se realizó en forma similar al ciclo 2021-2022, de acuerdo con las recomendaciones del INIFAP para la zona. Se determinaron las siguientes características: Rendimiento de grano (RG), peso volumétrico (PV) y de mil semillas (PMS). Con los resultados se realizaron análisis estadísticos, para lo cual se utilizó el programa SAS, cuando las diferencias fueron significativas se empleó la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayo de variedades de cebada en 4 ambientes en el ciclo 2021-2022.

Se detectaron diferencias significativas en las fuentes de variación (FV) de genotipo (G) y ambiente (A), ésta última fue no significativa en semillas espiga⁻¹. De acuerdo con la magnitud de los cuadrados medios, El G fue más importante en RG, PV y SE, asimismo, el A fue más relevante en PMS y Em². La interacción G X A fue significativa en PV y PMS, lo que indica que en éstas dos características, los genotipos no se comportaron de igual manera ante las variaciones agroclimáticas de los diferentes ambientes. Los valores de los coeficientes de variación, se situaron en valores menores al 19 %, lo cual es un indicativo de la confiabilidad de los resultados (datos no mostrados).

Alina y Esperanza presentaron el mayor RG con 7,128 y 6,767 kg ha⁻¹ respectivamente, en este aspecto cabe mencionar que Estelar (OH) mostró un RG sobresaliente, superior a 6,100 kg ha⁻¹, no obstante que es una variedad formada para temporal, se evaluó bajo condiciones de riego, porque en la región de El Bajío se produce su semilla. En ésta misma característica, los cultivares de 2H en la espiga, exhibieron los valores más bajos. En PV, el valor más alto fue para

Monserrat (D), que es una variedad de grano desnudo recomendada para riego y para alimentación humana, de las variedades malteras sobresalieron Metcalfe y Alina con 66.3 y 66.2 kg hL⁻¹ respectivamente, que son genotipos de 2H y 6H en la espiga respectivamente. Mientras que en PMS, el valor más alto fue para la variedad francesa Prunella, pero su promedio fue estadísticamente igual al mostrado por Monserrat (Cuadro1).

Cuadro 1. Rendimiento y calidad física de genotipos de cebada evaluados en cuatro ambientes en el ciclo 2021-2022.

Factor de estudio	Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹)	Peso volumétrico kg hL ⁻¹	Peso de mil semillas(g)
Ambiente			
1	7590.8	65.5	43.5
2	6924.1	66.6	41.2
3	5388.7	66.6	40.2
4	3584.1	64.1	38.8
DMS ¹	470.7	1.0	1.7
Genotipo			
Alina	7128.3	66.2	39.2
Esperanza	6767.5	64.1	40.7
Estelar (OH)	6155.8	65.2	41.7
Doña Josefa	5980.0	64.1	38.4
Monserrat (D)	5858.3	79.8	41.9
Prunella	5177.5	64.5	43.9
Metcalfe	5047.5	66.3	41.1
Explorer	4860.8	61.8	40.6
DMS	552.2	1.3	2.0

¹DMS: Diferencia mínima significativa

En SE, los promedios más altos fueron para: Monserrat (D), Josefa, Esperanza y Estelar (OH), en ésta característica los genotipos de 6H presentaron valores más altos que los de 2H, mientras que estos últimos exhibieron mayores medias en Em² (Cuadro 2).

El análisis de estabilidad (Figura 1) detectó que en rendimiento de grano, los dos primeros componentes explicaron el 92.5 % de la variación, asimismo ubicó como

variedades estables a: Monserrat, Josefa, Metcalfe, Prunella, Alina y Esperanza, mientras que Explorer y Estelar son genotipos poco predecibles.

Cuadro 2. Caracteres agronómicos de genotipos de cebada evaluados en cuatro ambientes en el ciclo 2021-2022.

Factor de estudio	Semillas espiga ⁻¹	Espigas m ⁻²
Ambiente		
1	39.3	557.0
2	39.9	522.4
3	37.2	401.0
4	35.4	358.7
DMS	2.6	36.3
Genotipo		
Monserrat (D)	48.9	417.8
Doña Josefa	48.6	441.5
Esperanza	48.6	393.8
Estelar (OH)	43.2	419.6
Alina	41.6	406.3
Explorer	25.8	562.1
Metcalfe	23.9	555.6
Prunella	23.1	531.6
DMS	5.8	62.8

¹DMS: Diferencia mínima significativa

Ensayo de variedades de cebada en el ciclo 2022-2023.

Entre las variedades, todas presentaron un rendimiento de grano similar, Forrajera 3, Monserrat D, Alina, Estelar OH y Maravilla tuvieron un promedio que no fue significativamente diferente. En PV, sobresalió Monserrat D, que fue superior y estadísticamente diferente a los demás genotipos. Mientras que Forrajera tuvo el mayor promedio en PMS. Esperanza fue la de menor peso de mil granos, por lo que presentó la tendencia a tener el menor rendimiento, también tuvo el más bajo peso volumétrico por lo que fue la de menor calidad física de semilla (Cuadro 3).

CONCLUSIONES

Por su rendimiento de grano, estabilidad, calidad física y comportamiento agronómico, la variedad Monserrat D podría ser una alternativa para la producción de cebada de grano desnudo en El Bajío.

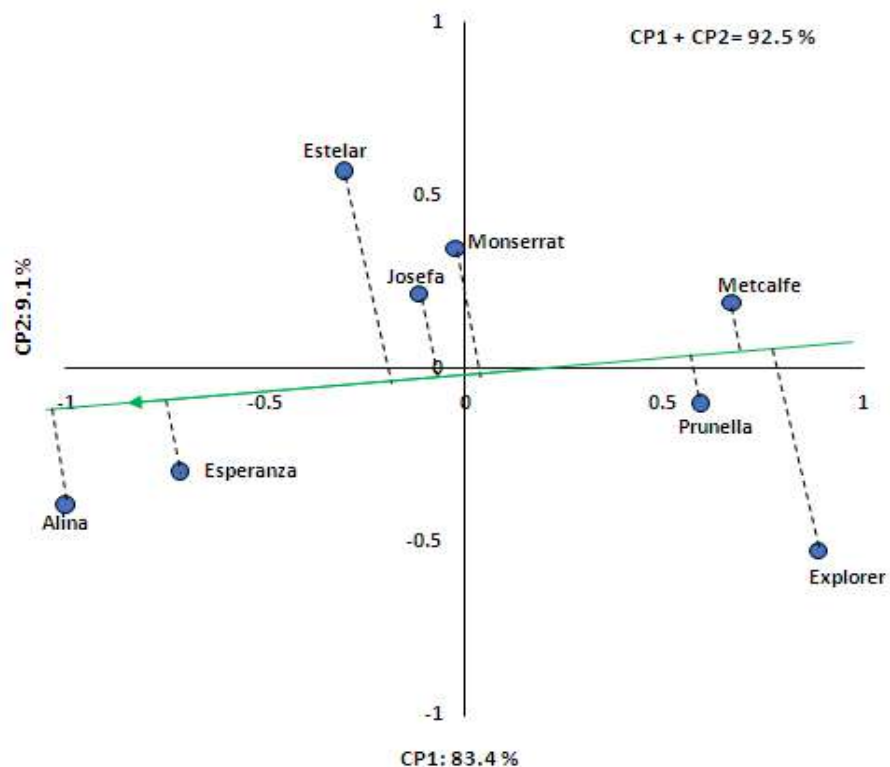


Figura 1. Estabilidad del rendimiento de grano de ocho genotipos de cebada evaluados en cuatro ambientes en el ciclo 2021-2022.

Cuadro 3. Comparación de medias para rendimiento y calidad física de variedades de cebada en el ciclo 2022-2023,

Genotipo	Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹)	Peso volumétrico kg hL ⁻¹	Peso de mil semillas(g)
Forrajera 3	6,123.9	65.4	49.5
Monserrat D	5,961.6	76.4	38.5
Alina	5,639.9	64.2	41.0
Estelar OH	5,296.9	63.0	42.0
Maravilla	5,267.7	59.9	39.9
Esperanza	4,951.2	57.8	36.2
DMS	1,051.1	3.9	2.4

DMS: Diferencia mínima significativa

LITERATURA CITADA

Baik, B-K., and Ullrich, S.E. 2008. Barley for food: Characteristics, improvement and renewed interest. Journal of cereal science 48: 233-242.

Esparza M. J. H. y Castilla C. F., 1977. América, primera variedad de cebada de grano desnudo en Mexico. SARH. INIA. Folleto de divulgación N° 7. 9 pp.

García-Luna A. M. y Alanís-García E. 2021. Implicaciones en la salud de los β -glucanos de cebada. Educación y Salud, Boletín Científico del Instituto de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 10(19): 198-204.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2024. Consultado en: www.fao.org/faostat.

Pizarro C. S., Ronco M. A. M. y Gotteland R. M. 2014. β -glucanos: ¿Qué tipos existen y cuáles son sus beneficios en la salud? Revista Chilena de Nutrición 41(3): 439-446.

Ullrich E. S. 2011. Adaptation, production and trade of barley. In: Ullrich E. S. Barley, production, improvement and uses. Blackwell Publishing. USA.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2024. Consultado en: www.gob.mx/siap

MORTALIDAD DE *Tetranychus urticae* KOCH CON INSECTICIDAS DE DIFERENTE GRUPO TOXICOLOGICO EN HOJAS DE FRESA

Ayarideni Guerrero Contreras¹ Brayan Salinas Martínez ¹, Ricardo Yáñez Lopez²,
Abril de M. Montesinos Bernal², Daniel Rodríguez Mercado², Erik F. Rodríguez
Segura², Luis P. Guevara Acevedo^{2§}

¹Estudiante de ingeniería en agronomía en el Instituto Tecnológico de Roque. ²Docente del Instituto Tecnológico de Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato.

§Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

Tetranychus urticae es una plaga que impacta diversos cultivos tanto en campo como en invernadero, teniendo una capacidad de reproducción tan rápida que le permite causar daños significativos en poco tiempo. En la actualidad, el método de control más común para combatir esta plaga es la aplicación de plaguicidas químicos, que pueden llegar a causar resistencia y contaminación. Es por lo anterior, que en el presente estudio se evaluó la efectividad de tres acaricidas a dosis comercial de 9230 ppm de extracto de aceite de neem, 10 ppm de Abamectina y 100 ppm de *Beauveria bassiana*, sobre la mortalidad de *T. urticae* en las hojas de fresa. Para ello, se estableció una colonia madre de *Tetranychus urticae* procedente del cultivo de pepino, la cuales fueron criadas en jaulas con plantas de frijol. Para la prueba de efectividad, se utilizaron hojas de fresa, evaluando 5 repeticiones por acaricida. Se registró la mortalidad a las 48 h después de la exposición. Con los valores de las mediciones se realizó un análisis de varianza y una prueba de medias Tukey. Los resultados de las pruebas determinaron, que la efectividad del extracto de aceite de neem (*Azadirachta indica*) alcanzo una mortalidad del 88%, abamectina con 62% y *beauveria bassiana* con 57%. Por lo que, se recomienda el uso del extracto de *Azadirachta indica* como alternativa natural, para establecer programas de manejo de ácaros fitófagos.

Palabras clave. Araña roja, *Azadirachta indica*, Avermectina, *Beauveria bassiana*, acaro, plaga.

ABSTRACT

Tetranychus urticae is a pest that impacts various crops both in the field and in greenhouses, having such a rapid reproductive capacity that it can cause significant damage in a short time. Currently, the most common control method to combat this pest is the application of chemical pesticides, which can cause resistance and contamination. Therefore, in the present study, the effectiveness of three acaricides at a commercial dose of 9230 ppm of neem oil extract, 10 ppm of Abamectin and 100 ppm of *Beauveria bassiana*, on the mortality of *T. urticae* on strawberry leaves was evaluated. For this purpose, a mother colony of *Tetranychus urticae* from the cucumber crop was established and reared in cages with bean plants. For the effectiveness test, strawberry leaves were used, evaluating 5 repetitions per acaricide. Mortality was recorded 48 hours after exposure. An analysis of variance and a Tukey mean test were carried out with the measured values. The test results of the test determined that the effectiveness of the neem oil extract (*Azadirachta indica*) reached a mortality rate of 88%, abamectin with 62% and *Beauveria bassiana* with 57%. Therefore, recommends the use of *Azadirachta indica* extract as a natural alternative to establish phytophagous mites management programs.

Keywords. Red spider, *Azadirachta indica*, Avermectin, *Beauveria bassiana*, mite, plague.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de fresa (*Fragaria vesca*) se ha consolidado como uno de los principales cultivos en la actualidad, debido a su demanda creciente, rentabilidad y fácil manejo agronómico. Según la FAO (2021) a nivel global, China lidera la producción, con el 39,4% del total, le siguen Estados Unidos, México, Turquía y España, que contribuyen con el 12,5%, 10,6%, 6,0% y 4,3%, respectivamente. En el estado de Guanajuato, esta producción es de gran relevancia económica; tan solo en 2020, se consiguió una producción de 61,262 toneladas, la cual se obtuvo de una superficie sembrada de más de 1,709 hectáreas. (SIAP, 2020). Aunque México logra altos niveles de producción y genera importantes beneficios económicos, su producción está restringida por diversos factores biológicos y no biológicos. Entre

los factores biológicos, los ácaros han prosperado gracias a las nuevas condiciones creadas por la agricultura intensiva. En cuanto a las plagas, los ácaros siguen teniendo un impacto significativo en el cultivo, especialmente el acaro de las dos manchas *Tetranychus urticae* Koch, el cual es el culpable de causar pérdidas económicas y disminuir tanto la producción como la calidad comercial de los frutos de fresa, además su presencia puede inducir a la aparición de enfermedades, lo que complica aún más el manejo del cultivo (Koppert, 2024). El daño ocasionado por *T. urticae* ocurre en el área donde se alimenta; al hacerlo, utiliza sus estiletes para perforar la superficie de las hojas y destruir células del mesófilo, esto afecta la transpiración, la fotosíntesis, el crecimiento de la planta y de sus frutos, en casos de alta infestación, puede provocar defoliaciones severas. (CESAVEM, 2020). Para esto, es necesaria la eliminación o disminución de las poblaciones de arañita roja, siendo el uso de acaricidas químicos el más común y con más daños a futuro, ubicando el cultivo de fresa entre los cuatro con mayor tasa de contaminación por el uso de estos. (D'Alba, 2018). No obstante, se ha demostrado que no es el más efectivo, ya que el uso excesivo en dosis altas puede provocar que los ácaros desarrollen resistencia. Esto ocurre debido al desconocimiento de alternativas más sostenibles y amigables a los ecosistemas que los productores podrían utilizar. (Dara, 2016). Por lo que se deben explorar alternativas más ecológicas y seguras que no comprometan la comercialización ni la salud del consumidor. Es por ello que (Dara, 2016) menciona que, en los últimos años, se ha buscado el uso de plaguicidas botánicos a base de extractos o residuos de determinadas plantas con propiedad insecticidas o fungicidas.

Es por ello que el objetivo de la investigación fue evaluar efectividad biológica de diferentes acaricidas sobre la mortalidad de *T. urticae* Koch en el cultivo de fresa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Fitosanidad, ubicado en el Tecnológico Nacional de México/IT Roque (TecNMR). Para ello, se desarrolló una colonia madre de arañita roja (*Tetranychus urticae* Koch) proveniente de plantas de pepino (*Cucumis sativus*), de un invernadero, las cuales fueron

criadas y alimentadas en jaulas entomológicas que contenían plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) variedad Pinto Saltillo, sembrado en contenedores de 1L y llenadas con sustrato 1:1 de tierra y vermiculita Vermilita® Verlite, para que fueran infestadas y así tener una gran población de *Tetranychus urticae* Koch, posteriormente fueron tomados ácaros de diferentes estadios para posteriormente seleccionar únicamente ácaros hembras. Para la prueba, se utilizaron hojas de fresa (*Fragaria vesca*) de la variedad Sayulita, para evaluar la efectividad biológica de los insecticidas, se desarrollaron pruebas de efectividad biológica mediante el método de inmersión foliar, en el cual se evaluaron 5 repeticiones por acaricida, donde se calcularon las dosis comerciales de Abamectin 1.8 C. E® (Velsimex) a 10 ppm, Beauverimic® (BioMic) a 100 ppm y Nimicide 80 Progranico® (PTI Grupo Ultraquimia) a 9230 ppm, a cada dosis se le agrego 1% de adherente Surfacid® (Quimia). Se cortaron cuadros de 3 x 3 cm y se sumergieron por 10 s en cada una de las concentraciones a evaluar, inmediatamente después se dejaron secar a temperatura ambiente durante 30 min, con el envés hacia arriba en toallas absorbentes, cada cuadro se colocó de manera individual con el envés hacia arriba en cajas de Petri con algodón saturado con agua destilada y con un orificio en la tapa y cubierta con tela organza, posteriormente se transfirieron 20 hembras y se registro la mortalidad a intervalos de 24 y 48h después del tiempo de exposición. Considerándose ácaros muertos aquellos que estaban deshidratados o no reaccionaban a un estímulo en la parte dorsal con un pincel. Una caja Petri represento una repetición.

Con los valores de los porcentajes de mortalidad se realizó un análisis de varianza y una prueba de medias Tukey ($\alpha < 0.05$). Los análisis fueron realizados mediante el programa computacional SAS System.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados encontrados, se observaron diferencias altamente significativas ($P > F$, < 0.0001) en la tasa de mortalidad a las 48 h de exposición.

En el Cuadro 1 se puede observar que los tratamientos con extracto de aceite de neem a dosis de 2.5 L/ha quien presento el mayor porcentaje de mortalidad 88.0%, seguido de los tratamientos que estadísticamente presentaron valores similares con 62.0 y 57.0 % para avermectina y *B. bassiana* respectivamente, estos resultados son inferiores a los obtenidos por Soto *et al.* (2011), quienes evaluaron diferentes extractos botánicos de neem para el control de *T. urticae* Koch, reportando una concentración letal que causo el 95% de mortalidad en los ácaros, esto constituye una extensión de lo propuesto por Calvo-Narcia *et al.* (2015), quien evaluó diferentes dosis de Neem para el control del tetránquido en Rosal obteniendo resultados de hasta el 95.8% de mortalidad en la concentración mas alta de 1000 ppm.

Cuadro 1. Efecto de diferentes acaricidas en porcentaje de mortalidad de *Tetranychus urticae* Koch sobre fresa.

No. Trat	Ingrediente activo (I.A.)	Grupo toxicológico	Tratamiento	Dosis	% Mort
3	Extracto de aceite de neem	Desconocido	Nimicide	2.5 L/ha	88.00 a
1	Avermectina B1a y B1b	Grupo 4	Abamectina	0.044 L/ha	62.00 b
2	<i>Beauveria bassiana</i> Bb1	Entomopatógeno	Beaumeric	2.0 L/ha	57.00 b

La efectividad biológica lograda con la aplicación de insecticidas botánicos superó a la abamectina, siendo este el acaricida químico comúnmente utilizado según Villegas-Elizalde *et al.* (2010), misma razón, que ha generado resistencias en varias regiones de producción de fresa, de acuerdo a Schmidt-Jeffris *et al.* (2021) en investigaciones recientes, que han evidenciado que el uso excesivo de abamectina ha resultado en la selección de poblaciones resistentes de *T. urticae* Koch, este punto de vista concuerda con Cerna *et al.* (2009) quien sugiere restringir las aplicaciones a menos de tres por temporada para prevenir problemas de resistencia. Cua-Basulto *et al.* (2022), por el contrario, reporto resultados significativos para abamectina, que causaron una mortalidad del 100 % dentro de las 4 h posteriores a la exposición.

Por otro lado, el daño causado por *Beauveria bassiana* fue inferior, en comparación al generado por el aceite de neem, Crenna *et al.* (2023), por el contrario, reporto resultados significativos para *Beauveria bassiana* adicionado con aceite metilado de soja, el cual reveló una severidad final menor al 30% a los 21 días después de la aplicación en plantas de cacahuete, con porcentajes de daño menores a los registrados en los dos tratamientos químicos evaluados. En relación al porcentaje de mortalidad causado por el hongo entomopatógeno *B. bassiana*, Draganova y Simova (2010), reportan un efecto letal inmediato tras el tratamiento con suspensiones de conidios a 106 conidios/mL, observando un 68.49% de mortalidad desde el primer día y alcanzando el 100% al cuarto día de la aplicación fúngica. Esto contrasta con los resultados de la investigación, Carranza y Krugg (2016), quienes sugieren que las diferencias pueden atribuirse a la variación entre cepas, incluso dentro de la misma especie de hongo, así como a las condiciones ambientales del laboratorio. Al respecto Delgado (2014) menciona mortalidades mayores al 50% tienen potencial para ser usados en el control de plagas.

CONCLUSIONES

Considerando que un insecticida es favorable cuando su capacidad para inducir mortalidad supera el 50% se demostró la eficacia del extracto de *Azadirachta indica* con una mortalidad del 88%.

LITERATURA CITADA

- Calvo-Narcia, L. A. (2015). Efectividad Biológica de Extracto de Neem *Azadirachta indica* Sobre Araña Roja *Tetranychus urticae* Koch Sobre Hojas de Rosal. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 44 p. Recuperado el 02/09/24.
- Cerna, E; Ochoa, Y; Aguirre, L. (2009). Niveles de resistencia en poblaciones de *Tetranychus urticae* en el cultivo de la fresa. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Parasitología. Revista Colombiana de Entomología 35 (1): 52-56. Recuperado el 18/10/24.

Crenna, A.C; Giuggia J.A; Giordano D.F. (2023). Eficiencia de Control De Diferentes Productos Fitosanitarios Frente A Arañuela Roja (*Tetranychus urticae*). XVIII Jornada Nacional del Maní. INTA General Cabrera y Centro de Ing. Agrónomos de G. Cabrera y Zona. Koppert Argentina. Recuperado el 18/10/2024.

Cua-Basulto et al., (2022). Efecto De Acaricidas Químicos En La Mortalidad De La Araña Roja *Tetranychus urticae* KOCH (Acari: Tetranychidae). Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Conkal, Conkal, Yucatán, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems 25 (2022): #040. Recuperado el 18/10/2024.

Dara, SK. (2016). Managing Strawberry Pests with Chemical Pesticides and NonChemical Alternatives. International Journal of Fruit Science 16: 129–141. Recuperado el 09/09/24.

Delgado, N. (2014). Evaluacion de la eficacia de un insecticida biológico mediante análisis PROBIT. Universidad central de Venezuela. Cátedra de manejo integrado de plagas agrícolas y urbanas. Fundamentos del manejo integrado de insectos plaga. Recuperado el 10/11/24.

Dirección general de sanidad vegetal. Dirección del centro nacional de referencia fitosanitaria. Ficha técnica *Tetranychus urticae* koch (*Arachnida: Acari: Tetranychidae*) Araña Roja de Dos Manchas. Recuperado el 09/09/24.

Draganova, S. A; Simova, S. A. (2010). Susceptibility of *Tetranychus urticae* Koch. (Acari: Tetranychidae) to Isolates of Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana*. Plant Protection Institute, 35 Panayot Volov Str., 2230 Kostinbrod, Bulgaria. Recuperado el 28/10/2024.

FAO (2021). Datos de cultivos. FAOSTAT. Recuperado el 09/09/24.

Huanes-Carranza, J; Wilson-Krugg, J. (2016). Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre adultos y ninfas de *Oligonychus sp.* en

condiciones de laboratorio. Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú. Recuperado el 28/10/2024.

Koppert México. (2024). Araña roja de dos manchas. Biocontrol, daños y ciclo de vida. Recuperado el 19/09/24.

Marroquín L.U.D (2018). Evaluación de extractos vegetales en el control de araña roja (*Tetranychus urticae* Koch). Tesis. Ingeniero Agrónomo Parasitólogo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. Mex. 61 p. Recuperado el 09/09/24.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SIAP (2020). Avance de siembras y cosechas. Resumen por cultivo. Recuperado el 09/09/24.

Soto, A., Oliveira, H. G. and A. Pallini. (2011). Integration of biological control and alternative products against *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica, 14(1): 23–29. Recuperado el 02/09/24.

Schmidt-Jeffris, R., Snipes, Z., and Bergeron, P., (2021). Acaricide efficacy and resistance in South Carolina tomato populations of two spotted spider mites. Florida Entomologist, 104(1), 1-8.

Villegas-Elizalde et al. (2010) Resistencia A Acaricidas En *Tetranychus Urticae* (Koch) Asociada Al Cultivo De Fresa En Zamora, Michoacán, México. Entomología y Acarología, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Publicado como NOTA en Agrociencia 44: 75-81. 2010. Recuperado el 18/10/2024.

MULTIFUNCIONALIDAD PRODUCTIVA EN LA AGRICULTURA FAMILIAR CAMPESINA DE LA HUASTECA POTOSINA, SAN LUIS POTOSÍ

Arely Espinoza Campos¹ y Venancio Cuevas-Reyes²

¹Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Valle de México. Autor de correspondencia: campos19arely@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del estudio fue identificar la pluriactividad de la producción agrícola y la vinculación al mercado de la pequeña agricultura familiar de la Huasteca, San Luis Potosí. Mediante muestreo no probabilístico fueron seleccionados y entrevistados 48 productores de los municipios de Tampacan y Axtla de Terrazas, en la Huasteca Potosina. Se utilizó el análisis clúster y estadísticas descriptivas para el análisis. Los aspectos productivos y económicos están basados en la producción de cítricos, los tres grupos producen limón persa, limón mexicano, mandarina y naranja; la naranja es el principal cultivo, pero también producen limón persa, limón mexicano, y mandarina. La Pluriactividad productiva de la AFC es muy amplia: frutales (piña, mango, aguacate, lichi), cultivos básicos (maíz, frijol, nopal, hortalizas) y cultivos industriales (café, miel, caña de azúcar). La pequeña agricultura familiar es pluriactiva productivamente en el ámbito agrícola y se debe de apoyar para mantener esta diversificación productiva y biodiversidad, que sirve no solo para mantener el bienestar de las familias involucradas sino también, posiblemente, a la sostenibilidad ambiental ante tanta diversidad que maneja día a día.

Palabras clave: *Diversidad, Análisis clúster, Frutales, Básicos, Cítricos.*

ABSTRACT

The aim of the study was to identify the pluriactivity of agricultural production and the link to the market of small family farming in the Huasteca, San Luis Potosí. Through non-probabilistic sampling, 48 producers from the municipalities of Tampacan and Axtla de Terrazas, in the Huasteca Potosina, were selected and interviewed. Cluster analysis and descriptive statistics were used for the analysis. The productive and

economic aspects are based on the production of citrus fruits. The three groups produce Persian lemon, Mexican lemon, mandarin and orange. Orange is the main crop, but they also produce Persian lemon, Mexican lemon and mandarin. The productive pluriactivity of the AFC is very broad: fruit trees (pineapple, mango, avocado, lychee), basic crops (corn, beans, cactus, vegetables) and industrial crops (coffee, honey, sugar cane). Small family farming is productively pluriactive in the agricultural field and must be supported to maintain this productive diversification and biodiversity, which serves not only to maintain the well-being of the families involved but also, possibly, environmental sustainability in the face of so much diversity that it manages on a daily basis.

Keywords: *Diversity, Cluster analysis, Fruit trees, Basics, Citrus.*

INTRODUCCIÓN

La multifuncionalidad de la agricultura se refiere a la capacidad de los sistemas agrícolas de proveer múltiples beneficios (privados, sociales y ambientales). En este sentido, existe también el concepto de pluriactividad productiva, la cual de acuerdo a Schneider (2000) se entiende como la combinación de actividades agrícolas y no agrícolas, y que pueden ser un recurso para garantizar la reproducción social del grupo, así como también puede representar una estrategia individual de los miembros que constituyen la unidad doméstica.

Dentro de las actividades productivas agrícolas existe una pluriactividad que los campesinos siguen como estrategia de supervivencia, generando beneficios tanto privados (productos para vender al mercado) como beneficios ambientales y sociales (polinizadores, biodiversidad agrícola, entre otros). De esta forma, la multifuncionalidad productiva en el ámbito agrícola de la pequeña agricultura familiar campesina (AFC) juega un rol importante en la subsistencia familiar. Además, es una actividad clave en la reactivación de economías locales rurales, generando arraigo territorial en la juventud rural (FAO, 2014).

En las últimas décadas diversos estudios han documentado la relevancia de la AFC para lograr un desarrollo sostenible e incluyente. Vargas (2017) señala que este tipo

de agricultura aporta el 80 % de alimentos a nivel mundial. Schejtman (2008) por su parte estima que la producción sectorial es única en un rango de 27 % a 67 % en los países de América Latina. Es en este sentido que resulta importante visibilizar y conocer esta agricultura familiar y a pequeña escala, debido a su importancia en la mitigación del hambre y la pobreza, seguridad alimentaria, mejora en las condiciones de vida de la población y reducción de la pobreza utilizando modelos ambientalmente sostenibles (Velarde et al., 2021). El objetivo del estudio es identificar la pluriactividad de la producción agrícola y la vinculación al mercado de la pequeña agricultura familiar de la Huasteca, San Luis Potosí.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

El estudio se realizó en los municipios: Tampacan y Axtla de Terrazas, de la Huasteca Potosina, región que se localiza al noreste de la República Mexicana, en el estado de San Luis Potosí, conformada por 20 municipios. Su particular geografía, proporciona a la Huasteca tanto de ecosistemas desérticos como selváticos. Tiene una superficie total de 11,179.87 km² que representan el 18.3% de la superficie territorial estatal y una densidad de población de 64 personas por km², superando el promedio estatal de 46 personas por km², siendo la segunda región más poblada del Estado (SEDESORE, 2022)

Selección de la muestra

Para seleccionar la muestra se utilizó un muestreo no probabilístico (Hernández, 2021). Cuarenta y ocho productores fueron entrevistados durante el mes de diciembre de 2023. Las encuestas se realizaron a productores de los municipios de Tampacan y Axtla de Terrazas.

Técnicas de recolección de la información

Se elaboró y aplicó un cuestionario en tres secciones: la primera sección relacionada con las características sociales del productor (edad, escolaridad,

número de miembros totales en su familia, principal actividad productiva). La segunda sección relacionada con la producción (superficie agrícola, superficie plantada, rendimientos y épocas de cosecha). La sección tres, estuvo relacionada con aspectos de comercialización y mercado del producto principal (a quien vende, precio, como vende la producción, su destino y su problemática en la venta).

Análisis de la información

Se realizó un clúster para la identificación de los diferentes grupos de productores y la información fue analizada mediante estadísticas descriptivas. Para la comparación de los grupos se utilizó la *prueba t-student* para grupos independientes y pruebas de *Chi-cuadrado* para comparación de proporciones. Los análisis fueron realizados con el software SPSS 27.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis clúster permitió clasificar las unidades de producción en tres grupos o clústeres diferenciados: el Clúster1 (C1, n=27) constituye el 56.3% de UP, el Clúster2 (C2, n=9) tiene el 18.7% y el Clúster3 (C3, n=12) representa el 25% del total de la muestra analizada (Figura 1).

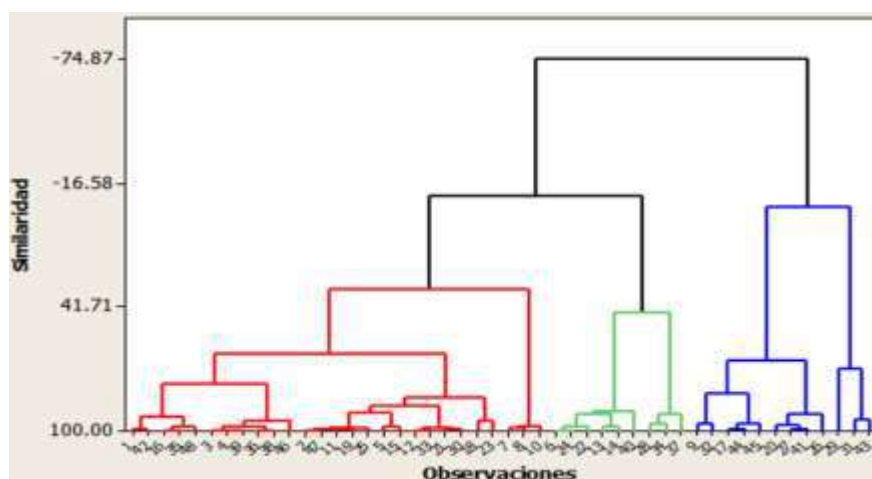


Figura 1. Tipología de las UP de la naranja en la Huasteca Potosina, San Luis Potosí.

Aspectos sociales

La variable edad resultó significativa entre los productores del C1 respecto a los productores del C2 y C3. Así, los productores del C1 son relativamente jóvenes ya que cuentan con una edad de 47.6 ± 13.6^a años, en comparación con los productores del C2 y C3 los cuales tienen una edad de 56 y 58 años (Cuadro 1). Los productores más jóvenes tienen menor cantidad de hijos que dependen económicamente de ellos en comparación con los productores del C2 y C3.

Cuadro 1. Edad y número de hijos de los grupos de productores (media $\pm$ de)

Clúster	Edad (años)	Hijos totales (#)
C1	47.6 ± 13.6^a	3.0 ± 1.8^a
C2	56.4 ± 14.1^a	5.8 ± 3.0^b
C3	58.2 ± 15.9^a	3.7 ± 2.0^a

Fuente: elaboración propia. Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la *prueba t de Student*.

Pluriactividad productiva agrícola

El 100% de los productores encuestados se dedican a la producción de naranja, destacando que el grupo C1 cuenta con mayor diversidad de cítricos sembrados, el C2 solo cuenta con un productor de mandarina, limón mexicano y persa, y el C3 es el mayor productor de mandarina en contraste con los otros grupos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción de cítricos en la agricultura familiar campesina (%).

Clúster	Limón persa	Limón mexicano	Naranja	Mandarina
C1	33.3 ^a	3.7 ^a	100 ^a	18.5 ^a
C2	11.1 ^b	11.1 ^a	100 ^a	11.1 ^a
C3	25.0 ^a	0 ^a	100 ^a	41.7 ^b

Fuente: Elaboración propia. Porcentajes con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la *prueba Chi-cuadrado*

Además, en los tres grupos (C1 40.4 %, C2 22.2 % y C3 50 %) los responsables de las unidades de producción (UP) desempeñan otras actividades productivas, que les permiten obtener ingresos adicionales. La Pluriactividad productiva de la AFC es muy amplia: frutales (piña, mango, aguacate, lichi), cultivos básicos (maíz, frijol, nopal, hortalizas) y cultivos industriales (café, miel, caña de azúcar). La Pluriactividad productiva en el área de frutales es amplia para el C1 y C3. En el C1,

el 18.5% se dedica a la producción de plátano, el 3.7% a la de durazno, un solo productor cosecha guanábana y otra papaya, el segundo grupo con mayor diversidad es el C3, estos campesinos tienen producción de lichi (16.7%), mango (8.3%), piña (8.3%) y aguacate (8.3%) (Cuadro 3), por último, el Clúster 2 que cuenta el 11.1% que produce mango y un solo productor de anona.

Cuadro 3. Frutales producidos en la pequeña agricultura familiar (%).

Clúster	Piña	Mango	Aguacate	Lichi
C1	7.4 ^a	3.7 ^a	3.7 ^a	7.4 ^a
C2	0 ^a	11.1 ^a	0 ^a	0 ^a
C3	8.3 ^a	8.3 ^a	8.3 ^a	16.7 ^a

Fuente: Elaboración propia. Porcentajes con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la *prueba Chi-cuadrado*

La pequeña agricultura familiar tiene relación con la producción de cultivos para el consumo, en este sentido, el C1 y C3 son los más diversos en la clasificación de alimentos básicos, estos dos grupos cuentan con producción de maíz, frijol, nopal y hortalizas (Cuadro 4), en comparación con el clúster 2 que tiene maíz, frijol y un solo productor de calabaza.

Cuadro 4. Producción de cultivos básicos en la pequeña agricultura familiar (%)

Clúster	Maíz	Frijol	Nopal	Hortalizas
C1	20 ^a	4.0 ^a	3.7 ^a	4.0 ^a
C2	25 ^a	11.1 ^a	0 ^a	0 ^a
C3	25 ^a	16.7 ^a	8.3 ^a	8.3 ^a

Fuente: Elaboración propia. Porcentajes con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la *prueba Chi-cuadrado*

En la última clasificación de cultivos industriales, el C1 cuenta con 15.4% de producción de café y 4% de miel, el C2 solo tiene un productor de Café, y el C3 tiene un productor de caña y 33.3% de café. Los resultados muestran que la principal estrategia adoptada por los agricultores es la diversificación de actividades que lleva al aumento en los flujos del predio, constituyendo sistemas

multifuncionales (Murillo, 2010; Van Huylenbroeck et al., 2007). Al respecto, Altieri y Nicholls (2000) argumentan que las estrategias adoptadas por los sistemas productivos tradicionales, llevan a la diversificación de cultivos, a generar diversas fuentes de ingresos y producción para el autoconsumo, con sistemas de manejos que responden a una historia y una cultura con cierta integridad ecológica.

Aspectos productivos de la naranja

Los productores de los grupos C1 y C2 analizados cuentan con una superficie total y de siembra temporal similar. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el rendimiento en la producción de naranja obtenida entre los productores de los tres grupos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Superficie total, superficie temporal y rendimiento de naranja (media $\pm$ desviación estándar).

Clúster	Superficie total (ha)	Rendimiento ($t\ ha^{-1}$ de naranja)	Superficie temporal (ha)
C1	2.7 ± 1.1^a	10.6 ± 6.0^a	2.5 ± 1.2^a
C2	3.0 ± 1.0^a	7.4 ± 4.8^b	3.0 ± 1.3^a
C3	6.7 ± 0.9^b	17.5 ± 14.9	6.4 ± 0.9^b

Fuente: elaboración propia. Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la *prueba t de Student*.

La cosecha de Naranja se realiza de agosto a abril en el C1, de octubre a febrero en el grupo C2 y de septiembre a marzo en el C3. Los entrevistados percibieron que el nivel de rendimientos obtenidos en el último año es igual respecto a años anteriores (36% y 33.3% del C1 y C2, respectivamente). La percepción de que es mayor también predominó en el 55.6% de productores del C2 y el 50% del C3, en tanto el 28% de productores del C1 señalaron que fue menor.

Caracterización económica y de mercado de la naranja

Se identificaron cuatro tipos de compradores de naranja: acopio local, acopio a nivel municipal, empacadora y venta de la huerta. Los tres grupos venden principalmente a acopiadores locales (C1= 63 %, C2=75 % y C3=33.3 %), en segundo lugar, a jugeras comerciales (C1= 18.5 %, C2= 12.5 % y C3= 58.3 %). En menor proporción se vende también a acopiadores del municipio y 14.8% del C1 y 16.7% del C3 venden la huerta en su totalidad. El 96.2% del C1, 87.5% del C2 y el 83.3%^adel C3 venden por tonelada, en los tres grupos, entre el 3.8% y 16.7% de los responsables de las UP venden por huerta. Los productores que vende por toneladas, vendieron en un precio promedio de \$4115.00 ± \$5280.20. Solo 8% y 9.1% de productores del C1 y C3 señaló contar con contrato de compra venta

Problemática de mercado y comercialización

En general, los principales problemas señalados fueron: los precios bajos, falta de mercado, alta cantidad de intermediarios y solo dos productores del grupo C1 mencionaron la falta de caminos para distribuir su mercancía (Cuadro 6).

Cuadro 6. Principales problemas de mercado (%)

Clúster	Precios bajos	Intermediarios	Falta de mercado
C1	54.2 ^a	37.5 ^a	8.3 ^a
C2	50 ^a	25 ^a	0 ^a
C3	85.7 ^a	43 ^a	14.3 ^a

Fuente: elaboración propia. Porcentajes con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con *la prueba Chi-cuadrado*

CONCLUSIONES

La pequeña agricultura familiar en la Huasteca potosina es pluriactiva productivamente en el ámbito agrícola y se debe de apoyar para mantener esta diversificación productiva y biodiversidad, que sirve no solo para mantener el bienestar de las familias involucradas sino también, posiblemente, a la sostenibilidad ambiental ante tanta diversidad que maneja día a día.

LITERATURA CITADA

- Altieri, M. y Nicholls, C. I. (2000). Dimensiones multifuncionales de la agricultura ecológica en América Latina. En Teoría y práctica para una agricultura sustentable Miguel Altieri. <https://www.celia.agroeco.org/wp-content/uploads/2019/02/AGROECOLOGIA-altieri-nicholls-1.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2014). Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política. <https://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/es/c/897110/>
- Murillo, B. (2010). Disponibilidad de recursos y tipos de sistemas de cultivo de café y plátano en la cuenca del río La Vieja. Universidad Tecnológica de Pereira. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Periódico Oficial de San Luis. (2022). Programa regional de la huasteca 2022-2027. <https://slp.gob.mx/finanzas/Documentos%20compartidos/PROGRAMA%20REGIONAL%20HUASTECA%20POTOSINA%202022%20-%202027%20SEDESORE%20%2808-AGO-2022%29.pdf>
- SEDESORE (Secretaría de Desarrollo Social y Regional). (2022). Programa Regional de la Huasteca Potosina 2022 - 2027. <https://slp.gob.mx/finanzas/Documentos%20compartidos/PROGRAMA%20REGIONAL%20HUASTECA%20POTOSINA%202022%20-%202027%20SEDESORE%20%2808-AGO-2022%29.pdf>
- Schejtman, A. (2008). Alcances sobre la agricultura familiar en América Latina. En Documento de trabajo N° 21. Santiago, Chile: RIMISP. https://rimisp.org/wp-content/files_mf/1366379894N21_Alexander_Shejtman_doc21.pdf
- Schneider, S. (2009). La pluriactividad en el medio rural brasileño: características y perspectivas para la investigación. En H. Grammont, L. Martínez (Eds.), La Pluriactividad en el campo latinoamericano. FLACSO - Sede Ecuador. http://www.flacsoandes.org/biblio/shared/biblio_view.php?bibid=110277&tab=opac
- Vargas, M. (2017). Apuntes sobre la agricultura familiar en Bolivia. La Paz, Bolivia: IICA. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/2994>

- Van Huylenbroeck, G., Vandermeulen, V., Mettepenningen, E. y Verspecht, A. (2007). Multifunctionality of Agriculture: A Review of Definitions, Evidence and Instruments. *Living Reviews in Landscape Research*, 1, 1-43. <https://doi.org/10.12942/lrlr-2007-3>
- Velarde, CT, Wanderley, F., Cartagena, P., Rivero, CP. & Carrasco, CS. (2021). Contribución de la agricultura familiar campesina indígena a la producción y consumo de alimentos en Bolivia. <https://cipca.org.bo/publicaciones-e-investigaciones/cuadernos-de-investigacion/contribucion-de-la-agricultura-familiar-campesina-indigena-a-la-produccion-y-consumo-de-alimentos-en-bolivia>

NIVEL DE EFICIENCIA OPERATIVA EN EL TRANSPORTE PÚBLICO RUTA CELAYA-JUVENTINO ROSAS, CELAYA GTO.

Wendy Mondragón Moreno^{*1}, Fabiola Barrera Vargas^{*2}, Cesáreo Hernández
Alfaro^{*1}, Hugo Cesar Cisneros López^{*1}, Laura Cupul Moreno^{*1}, María
Guadalupe Pacheco Nolasco^{*2}

^{*1} Docente Investigador Tecnológico Nacional de México campus Roque, ^{*2}Estudiante del
Tecnológico Nacional de México campus Roque. ^{*2}Autor de correspondencia:
fabiola.bv@roque.tecnm.mx

RESUMEN

La ruta de transporte público Celaya–Juventino Rosas desempeña un papel clave en la movilidad diaria de los usuarios, por lo que esta investigación propone la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) orientado a garantizar altos estándares en aspectos como puntualidad, confort, seguridad e higiene, con el objetivo de evaluar y mejorar la satisfacción de los clientes. Un SGC resulta esencial para promover una cultura de mejora continua, identificar y corregir inconsistencias, reducir errores y optimizar la eficiencia operativa. Al centrarse en las necesidades del cliente, este sistema contribuye significativamente a aumentar su satisfacción. El estudio diagnóstico de la situación actual del servicio de transporte público ofreció recomendaciones para su mejora, promoviendo un transporte más eficiente que impacte positivamente en el entorno y en la experiencia de los usuarios. Los resultados, representados en cuatro gráficas clave, revelaron deficiencias en seguridad y puntualidad, destacadas como áreas críticas a mejorar. Los usuarios manifestaron sentirse inseguros a bordo del transporte y señalaron que los tiempos de espera son excesivos para llegar a sus destinos. Estos hallazgos enfatizan la importancia de implementar acciones correctivas en las áreas identificadas. Además, se resalta el valor de la retroalimentación del usuario como herramienta para ajustar los servicios, mejorando no solo la calidad, sino también la lealtad del cliente al demostrar compromiso con sus necesidades. En conclusión, la satisfacción del

cliente se posiciona como un elemento central para el éxito y la sostenibilidad del servicio de transporte público en esta ruta.

Palabras clave: *Propuesta, Sistema, Gestión, Calidad y Transporte*

ABSTRACT

The Celaya-Juventino Rosas route plays a key role in the daily mobility of users, so this research proposes the implementation of a Quality Management System (QMS) aimed at guaranteeing high standards in aspects such as punctuality, comfort, safety and hygiene, with the aim of evaluating and improving customer satisfaction. A QMS is essential to promote a culture of continuous improvement, identify and correct inconsistencies, reduce errors, and optimize operational efficiency. By focusing on the customer's needs, this system contributes significantly to increasing customer satisfaction. The study diagnosed the current situation of the public transport service and offered recommendations for its improvement, promoting more efficient transport that has a positive impact on the environment and the user experience. The results, represented in four key graphs, revealed deficiencies in safety and timeliness, highlighted by the

Keywords: *Proposal, System, Management, Quality and Transport*

INTRODUCCIÓN

El transporte público al paso de la historia va evolucionando al ritmo vertiginoso de crecimiento demográfico, y por tal motivo según Acosta *et al*, (2018), representa el 58% de los medios de transporte más utilizado por la población para realizar sus actividades habituales, mientras que el transporte particular representa la segunda opción de la población para su movilidad.

El transporte público es un servicio esencial que influye directamente en la calidad de vida de los ciudadanos. Esta investigación propone un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) para la ruta Celaya–Juventino Rosas, la cual desempeña un papel fundamental en la movilidad diaria de la población. El objetivo principal es garantizar

altos estándares en aspectos como puntualidad, confort, seguridad e higiene, permitiendo evaluar y mejorar la satisfacción de los usuarios.

El estudio diagnosticó la situación actual del servicio y ofreció recomendaciones prácticas para mejorar la calidad del transporte público. La implementación de un SGC busca no solo incrementar la satisfacción de los usuarios, sino también promover un transporte eficiente que impacte positivamente en el entorno y fomente la sostenibilidad del sistema.

La investigación permitió conocer la eficiencia operativa del servicio que presta la empresa de transporte público, por lo que se identificó la necesidad de evaluar constante del servicio mediante la recopilación de datos, permitiendo identificar áreas de mejora de manera continua. Este enfoque asegura una respuesta ágil a las necesidades de los usuarios, contribuyendo a una gestión de calidad más efectiva y fortaleciendo la confianza de la población en el sistema de transporte público.

En el contexto del transporte público intermunicipal, como la ruta Celaya-Juventino Rosas, es fundamental evaluar aspectos de puntualidad, confort, seguridad e higiene, ya que impactan directamente en la experiencia del usuario y en la productividad del servicio. Según el Instituto Mexicano del Transporte (2021), la integración de tecnologías como los sistemas de gestión de flotas y la implementación de prácticas de mantenimiento predictivo contribuyen significativamente a mejorar la eficiencia operativa y a reducir costos.

Además, la percepción de los usuarios juega un papel esencial. Investigaciones previas indican que los usuarios consideran factores como la seguridad, comodidad y tiempos de traslado como elementos prioritarios en la evaluación del servicio (Morfín & Díaz, 2018). La Organización Mundial del Transporte (2020) señala que las políticas públicas orientadas a fomentar el transporte sostenible deben considerar la inclusión de sistemas integrados y modelos de transporte que optimicen recursos y minimicen impactos ambientales.

Sistema de Gestión de Calidad: Un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) se define como un conjunto estructurado de políticas, procesos y procedimientos implementados por una organización para garantizar que sus productos o servicios cumplan de manera consistente con las expectativas de los clientes y las normativas vigentes. Estos sistemas están diseñados para optimizar las operaciones, reducir errores, incrementar la eficiencia y mejorar la satisfacción del cliente (Idyd, 2024).

La importancia de un SGC radica en que proporciona una base sólida para garantizar la calidad de los servicios o productos, promoviendo una cultura de mejora continua dentro de la organización. Al establecer políticas claras y procedimientos bien definidos, las organizaciones pueden identificar y resolver problemas operativos, minimizando inconsistencias y aumentando la eficacia en sus actividades. Asimismo, al enfocar sus esfuerzos en las necesidades y expectativas de los clientes, los SGC contribuyen directamente a mejorar la experiencia del usuario, fortaleciendo la reputación y competitividad de la empresa en un entorno cada vez más exigente.

Satisfacción del Cliente:

De acuerdo con Hammond (2023), la satisfacción del cliente se refiere a la evaluación que hacen los consumidores sobre su experiencia con un producto o servicio de una marca específica. Estas evaluaciones son indicadores clave para identificar áreas de mejora y adaptarse a las necesidades específicas de los usuarios.

La satisfacción del cliente no solo mide el rendimiento de un producto o servicio, sino que también actúa como una herramienta estratégica para comprender mejor las expectativas de los consumidores. La retroalimentación obtenida permite a las empresas identificar oportunidades de mejora y ajustar sus procesos en consecuencia. Este enfoque no solo incrementa la calidad del servicio, sino que también fomenta la lealtad del cliente al demostrar que la organización está comprometida con sus necesidades. Además, mantener altos niveles de

satisfacción es esencial para el éxito a largo plazo, ya que impacta directamente en la percepción pública, la competitividad y la sostenibilidad de cualquier empresa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Diseño de Investigación: La presente investigación se clasifica como aplicada, ya que está orientada a resolver un problema específico: la mejora de la calidad del servicio en el transporte público de la ruta Celaya-Juventino Rosas. Para ello, se emplean metodologías y conocimientos prácticos con el propósito de implementar soluciones efectivas que optimicen la situación actual.

Enfoque de la Investigación: El estudio adopta un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos para obtener una perspectiva integral.

Método Cuantitativo: Se aplicarán encuestas estructuradas a los usuarios del transporte público que utilizan la ruta Celaya-Juventino Rosas. Estas encuestas recopilarán información sobre satisfacción del cliente, tiempos de espera, frecuencia del servicio y condiciones de las unidades. Los datos obtenidos serán analizados estadísticamente para identificar patrones y áreas críticas de mejora.

Método Cualitativo: Se realizarán entrevistas a profundidad y grupos focales con actores clave como conductores, personal de mantenimiento y usuarios frecuentes. Este método permitirá explorar de manera detallada las percepciones, experiencias y expectativas en torno al servicio. A través del análisis cualitativo, se identificarán tendencias y temas recurrentes que ayuden a comprender las áreas de oportunidad.

Población y Muestra: **Población:** La población objetivo está compuesta por 1,080 personas que se trasladan de la ciudad de Celaya, a la ciudad de Juventino Rosas en el Estado de Guanajuato. Este grupo incluye una variedad de características demográficas, sociales y económicas que son relevantes para evaluar la calidad del servicio de transporte en esta ruta.

Muestra: Se seleccionó una muestra representativa equivalente al 10% de la población, es decir, 108 personas. Este tamaño de muestra permite obtener

resultados estadísticamente significativos que reflejen las características, percepciones y experiencias de los usuarios del transporte público en la ruta analizada. La representatividad de la muestra asegura la validez de los hallazgos y su aplicabilidad en la mejora del servicio.

Variables: Las variables que se investigaron fueron: satisfacción del cliente, Puntualidad, Confort, Seguridad e Higiene.

Instrumento de Recolección de Datos: Para esta investigación, se diseñó una encuesta compuesta por 11 preguntas estructuradas, evaluadas mediante una escala Likert. Las preguntas abordan aspectos clave como puntualidad, confort, seguridad e higiene, con el objetivo de medir la satisfacción de los usuarios del transporte público en la ruta Celaya-Juventino Rosas.

Procedimiento: La recolección de datos incluyó información personal de los usuarios, así como detalles sobre las condiciones generales de las unidades, el confort de los asientos y otros factores relevantes. Este enfoque permitió obtener una perspectiva integral sobre la calidad del servicio desde la perspectiva del usuario.

Análisis de Datos: El análisis consistió en identificar variables clave y utilizar técnicas estadísticas, como representaciones gráficas, para interpretar los datos recolectados. Este proceso incluyó un análisis exploratorio inicial para descubrir patrones, identificar relaciones desconocidas y probar hipótesis utilizando estadísticas descriptivas y visualizaciones gráficas.

Posteriormente, los datos se analizaron para determinar correlaciones entre variables relevantes, lo que permitió identificar áreas de mejora específicas en la calidad del transporte público en la ruta estudiada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La gráfica presenta los resultados obtenidos a partir de una muestra encuestada sobre el uso del transporte público en la ruta Celaya-Juventino Rosas. El análisis

revela que el 61% de los usuarios son estudiantes, lo que indica que este grupo constituye la mayoría de los pasajeros y destaca la importancia del transporte público para garantizar su movilidad hacia instituciones educativas.

Por otro lado, el 21% de los usuarios utiliza el transporte para trasladarse a sus centros de trabajo, evidenciando su papel en la actividad económica de la región. Finalmente, el 18% emplea el transporte público para diversas actividades, lo que refleja una diversidad en las necesidades de movilidad, como compras, trámites o visitas personales.

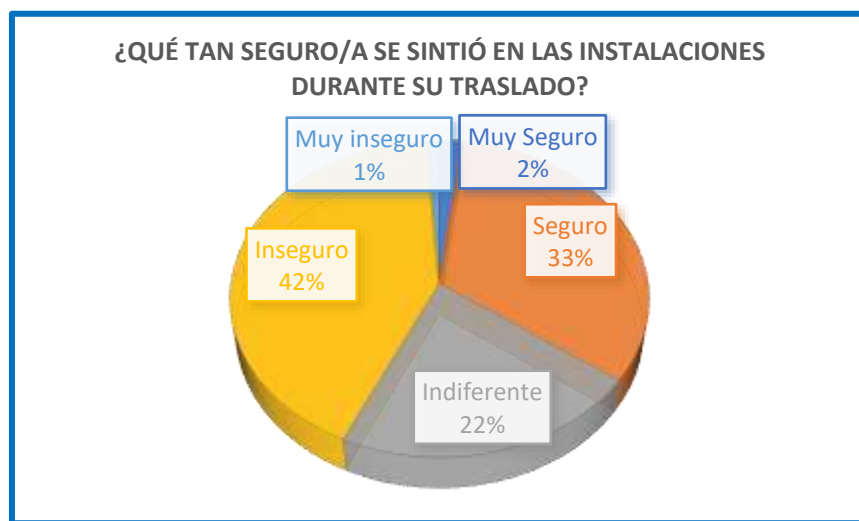


Figura 1. Seguridad en las instalaciones. Elaboración Propia

La figura 1 muestra los niveles de percepción de seguridad de los usuarios durante su traslado en el transporte público. El 43% de los usuarios se siente inseguro, lo que evidencia una preocupación significativa en este aspecto. Por otro lado, el 35% de los encuestados expresa sentirse seguro, reflejando que una proporción considerable de usuarios percibe el transporte como confiable. Finalmente, el 22% indicó indiferencia respecto a la seguridad.

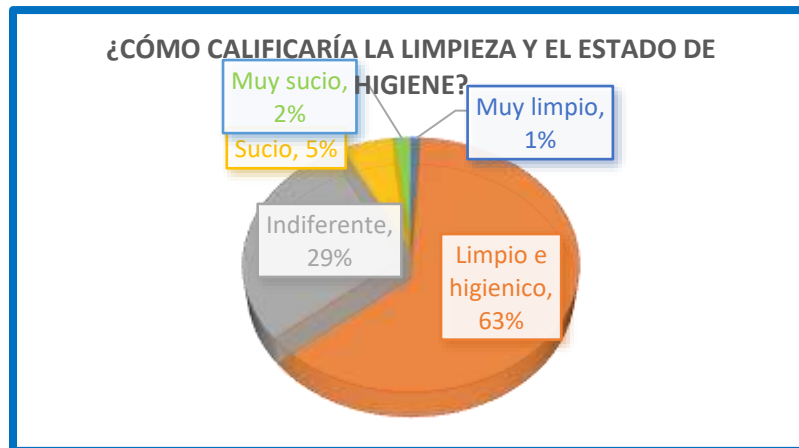


Figura 2. Limpieza e higiene de las unidades. Elaboración Propia

La Figura 2, que representa los resultados sobre la limpieza e higiene de las unidades de público muestra que el 64% de los usuarios sienten que los vehículos se encuentran limpios e higiénicos, un 29% muestran indiferencia para calificar este factor, mientras que un 8% lo califica como sucio.

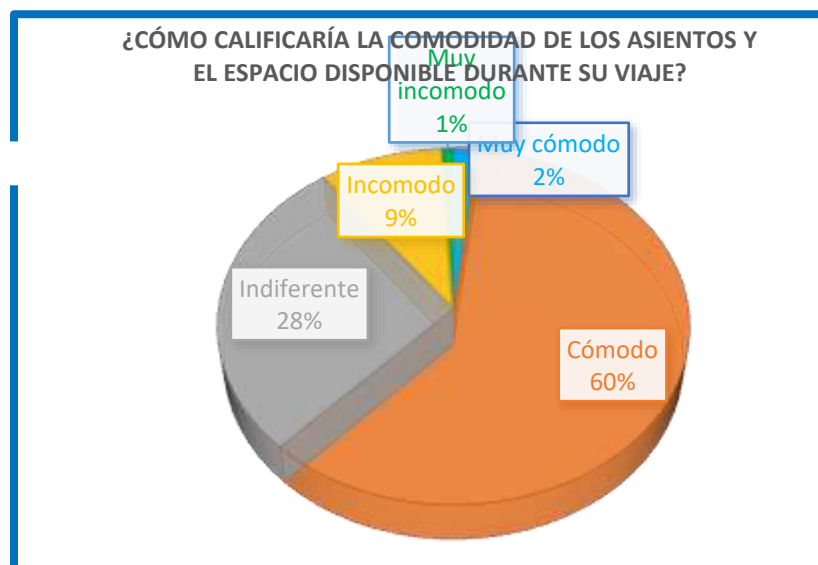
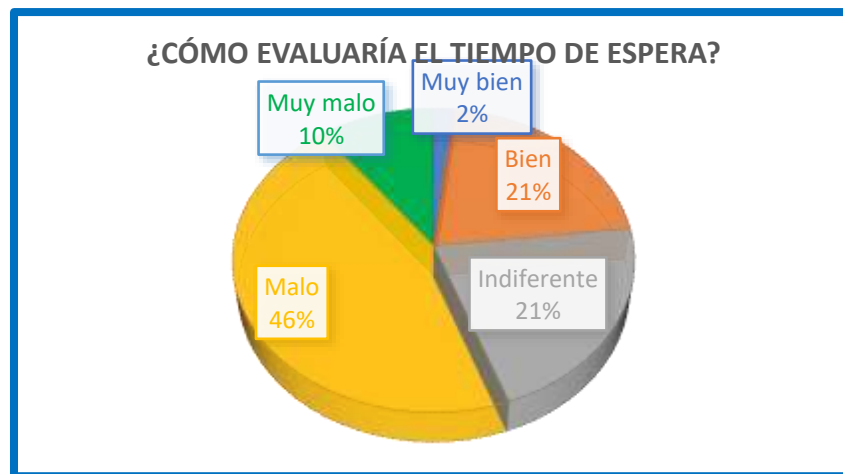


Figura 3. Comodidad y espacio en asientos. Elaboración Propia

Respecto a la comodidad y espacio en asientos, la figura 3 muestra que el 62% de los usuarios consideran buena y muy buena, el 28% le es indiferente este aspecto y un 10% considera que son incómodos.



. **Figura 4.** Tiempo de espera. Elaboración Propia

La figura 4 proporciona información muy relevante ya que un alto porcentaje de usuarios que representan el 56% consideran que el tiempo de espera del transporte es malo y muy malo, un 21% es indiferente ante este factor, mientras que el 23% califican de bueno y muy bueno el tiempo de espera en esta ruta.

CONCLUSIÓN

El transporte público desempeña un papel fundamental en la calidad de vida de las comunidades, al proporcionar una herramienta esencial para la movilidad diaria. Mejorar la gestión de calidad en este servicio no solo impacta positivamente en la satisfacción de los usuarios, sino que también contribuye a la eficiencia y sostenibilidad del sistema.

En el caso específico de la ruta Celaya–Juventino Rosas, los resultados obtenidos a partir de la encuesta evidenciaron áreas clave de mejora en los aspectos de seguridad y puntualidad. En cuanto a seguridad, 26 usuarios expresaron sentirse inseguros durante el uso del transporte, lo que refleja la necesidad de implementar medidas para garantizar una experiencia más confiable y tranquila. Por otro lado, la puntualidad se identificó como una de las principales preocupaciones, ya que la mayoría de los encuestados mencionaron que los tiempos de espera son excesivos, afectando su traslado diario.

LITERATURA CITADA

- Acosta-García, Sandra, & Covarrubias Valdenebro, Alex. (2018). La gobernanza del transporte público urbano en México: un comparativo de las localidades de Hermosillo, Sonora y León, Guanajuato. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 28(52)<https://doi.org/10.24836/es.v28i52.549>
- Hammond, M. (2023). Satisfacción del cliente: qué es, sus elementos y cómo medirla. HubSpot. Recuperado de <https://blog.hubspot.es/service/satisfaccion-del-cliente>
- Idyd, I. y Desarrollo. (2024). ¿Qué es un Sistema de Gestión de Calidad y cómo puede transformar tu organización? Identidad y Desarrollo. Recuperado de <https://identidadydesarrollo.com/que-es-un-sistema-de-gestion-de-calidad/>
- Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). Marketing management (15ª ed.). Pearson.
- Organización Internacional de Normalización (ISO). (2015). ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos. ISO. Recuperado de <https://www.iso.org/standard/62085.html>
- Instituto Mexicano del Transporte (2021). Informe de eficiencia operativa en transporte público. Querétaro, México: IMT. Recuperado de www.imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=612&IdBoletin=210
- Morfín, R., & Díaz, J. (2018). Factores de calidad en el transporte público: un enfoque desde la percepción del usuario. *Revista de Transporte Urbano*. Recuperado de www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212010000100003

OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES Y ENCAPSULACIÓN A PARTIR DE PLANTAS REGIONALES DE LA ZONA MAZAHUA

Katia Julissa Moreno-Galván; Mayra Sánchez-Becerril; Anahi Tochihuitl-Mariñón y
María del Rosario Mejía Cuero.

Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso.
Av. Instituto Tecnológico, S/N, ejido de San Felipe del Progreso, 50640, San Felipe del Progreso,
Estado de México, México. *Autor de correspondencia: tochihuitl_anahi@outlook.com

RESUMEN

Existe una gran diversidad de plantas medicinales en la región mazahua que requieren de su difusión como preservación, pues de ellas se pueden derivar fitofármacos que cuenten con uno o más principios activos. Para su elaboración, los elementos más empleados son los aceites esenciales debido a sus propiedades aromáticas y volatilidad. Estos fitofármacos pueden ser utilizados no solamente en el sector salud, si no también, en el área de alimentos. El objetivo de este trabajo fue la obtención de aceites esenciales y encapsulación de hierbabuena (*Mentha spicata*) y epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.), a fin de ser empleados posteriormente en el área de los alimentos por medio de productos nutraceuticos. La obtención de aceites esenciales (AE) se hizo por medio de una destilación por arrastre de vapor de agua durante 3 horas, de la cual se tuvo un rendimiento de $0.74 \text{ ml} \cdot 100\text{g}^{-1}_{\text{pf}}$ de AE de epazote y $0.22 \text{ ml} \cdot 100\text{g}^{-1}_{\text{pf}}$ de hierbabuena, mientras que en la encapsulación con la técnica de goteo se obtuvieron capsulas con un tamaño promedio de 2.5 mm, una textura lisa y características deseables. Con lo anterior descrito, en la industria alimentaria los aceites esenciales y encapsulados tienen un alto potencial de ser empleados, generando un valor agregado a los alimentos.

Palabras clave: Nutraceuticos, *Mentha spicata*, *Chenopodium ambrosioides* L., fitofármacos y mazahua.

ABSTRACT

There is a great diversity of medicinal plants in the Mazahua region that require their dissemination for preservation, since phytopharmaceuticals that have one or more active ingredients can be derived from them. For their preparation, the most used elements are essential oils due to their aromatic properties and volatility. These phytopharmaceuticals can be used not only in the health sector, but also in the food sector. The objective of this work was to obtain essential oils and encapsulate spearmint (*Mentha spicata*) and epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.), in order to be used later in the food area through nutraceutical products. Essential oils (EO) were obtained by steam distillation, from which a yield of $0.74 \text{ ml} \cdot 100 \text{ g}^{-1}_{\text{pf}}$ of epazote EO and $0.22 \text{ ml} \cdot 100 \text{ g}^{-1}_{\text{pf}}$ of spearmint was obtained, while in the encapsulation with the drip technique, capsules with an average size of 2.5 mm, a smooth texture and desirable characteristics were obtained. With the above described, in the food industry essential and encapsulated oils have a high potential to be used, generating added value to food.

Keywords: Nutraceuticals, *Mentha spicata*, *Chenopodium ambrosioides* L., phytopharmaceuticals and mazahua.

INTRODUCCIÓN

La comunidad mazahua es una de las comunidades indígenas más representativas en el Estado de México por su número de hablantes, se caracteriza por el resguardo de su cultura ancestral y ejemplo de ello es la medicina tradicional (Reyes-Carcaño *et al.*, 2021).

Las plantas medicinales se han utilizado desde tiempos prehistóricos debido a que contienen una variedad de componentes bioactivos también conocidos como fitoquímicos, en las distintas partes de las plantas; en tallos, hojas, frutos y flores (Nandini y Shah 2021).

Chenopodium ambrosioides L. ha sido empleada por siglos de manera tradicional por varias poblaciones nativas de América Latina, en infusiones y decocciones de las hojas, raíces e inflorescencias (Nascimento *et al.*, 2006). El uso del epazote en

México no es siempre el mismo, pues puede ser antipalúdico, fungicida o analgésico, en el caso del arte culinaria, se emplea como infusión, siendo un ingrediente indispensable y eficaz (Gómez, 2008).

La hierbabuena (*Mentha spicata*) es una hierba de olor, sus hojas son consumidas frescas o secas en gastronomía, o para la preparación de infusiones digestivas (Meloni *et al.*, 2013). Con fines medicinales se la utiliza como carminativo y antiespasmódico, su aceite esencial posee importancia económica, es usado en perfumería, cosmética, en la elaboración de goma de mascar, crema dental, y en la industria farmacéutica (Chowdhury *et al.*, 2007).

Entre el aprovechamiento de las plantas medicinales se encuentra la extracción de aceites esenciales, debido a que se convierten en matrices ricas en compuestos, con alguna actividad biológica (Cárdenas *et al.*, 2022). Por otra parte, la encapsulación se define como una tecnología de empaque de materiales sólidos, líquidos o gaseosos en miniatura, son cápsulas selladas que pueden liberar su contenido a velocidades controladas bajo condiciones específicas, esta tecnología se ha utilizado en la industria de alimentos por más de sesenta años (Esquivel-González *et al.*, 2015). El objetivo de este trabajo fue la obtención de aceites esenciales y encapsulación de hierbabuena (*Mentha spicata*) y epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.), a fin de ser empleados posteriormente en el área de los alimentos por medio de productos nutraceuticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Las plantas de hierbabuena (*Mentha spicata*) y epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) fueron adquiridas en el mercado municipal de San Felipe del Progreso, estado de México (19°32' latitud norte, 99° 52' longitud oeste).

Obtención del aceite esencial

Previo a la extracción de aceite esencial, se hizo una selección de las plantas de forma manual para eliminar residuos extraños (piedras, tierra, basuras, así como plantas dañadas). La extracción de aceite se realizó con un destilador por arrastre de vapor y agua con una capacidad de 3 L. (Wine distiller®), operado con el modo de paso sólido-líquido. El destilador fue empleado con 3 litros de agua de purificada y 1000 gramos de material vegetal (hierbabuena o epazote), la temperatura a la cual se trabajó fue de 90° C, durante un tiempo de 3 horas.

Posterior a la destilación se empleó el método de decantación; se colocó la muestra destilada en un embudo de separador de fases previamente colocado en un soporte universal. La muestra se dejó reposar por 12 horas y después se realizó una decantación de gota a gota para separar el aceite, colectándolo en vaso precipitado. Finalmente, los aceites esenciales obtenidos fueron colocados en frascos de vidrio ámbar para que no perdieran sus propiedades sensoriales, microbiológicas y fisicoquímicas.

Encapsulado

Se mezclaron 2 g de alginato de calcio y goma arábiga en una relación 3:1, 100 ml de agua destilada, además de 1.5 ml del aceite esencial (de hierbabuena o epazote), a fin de formar una emulsión con la ayuda de un homogeneizador (PHILCO®), en un tiempo de 3 minutos.

Una vez formada la emulsión, en un vaso de precipitados se preparó una solución de cloruro de calcio al 14.6 % con agua destilada, y se llevó a congelar por 15 minutos, transcurrido el tiempo se llevó a agitación la mezcla con la ayuda de una parrilla con agitación (TOPLINE®).

Para la técnica de goteo se utilizó una jeringa desechable de 0.3 ml en la cual fue colocada la emulsión, para después realizar el goteo poco a poco a una altura de 20 cm sobre el vaso de precipitados que contenía la solución de cloruro de calcio, hasta conseguir el encapsulado. Ya formadas las cápsulas se llevaron a deshidratación para retirar el agua que pudiera estar presente con la ayuda de una

secadora con aire frío, tubo de PVC, gasas y ligas, de tal forma que estas sellaran bien.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La destilación por arrastre de vapor de agua permitió la obtención de AE de epazote y hierbabuena, con rendimientos de $0.74 \text{ ml} \cdot 100\text{g}^{-1}$ y $0.22 \text{ ml} \cdot 100\text{g}^{-1}$ en peso fresco, respectivamente.

Chunga *et al.*, 2023 reportan que, bajo la técnica de destilación con arrastre por vapor, de 10 kilos de planta entera, un secado bajo sombra, con 3 litros de agua en el tanque de extractor, se obtuvo un rendimiento de 10 ml, es decir, $0.1 \text{ ml} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Además, Antezana, 2017 mencionan que de 120 g de hierbabuena (usando solo las hojas) con destilación con arrastre por vapor obtuvieron 1.1 ml, con un rendimiento de $0.9 \text{ ml} \cdot 100\text{g}^{-1}$, durante 135 minutos a una temperatura de 89°C .

Cabe señalar que la carvona es un compuesto terpenoide que se encuentra naturalmente en el aceite esencial de *Mentha spicata*, puede llegar a ser hasta el 60% o más en el aceite esencial y se utiliza como aditivo alimentario, así como en cosmética (SENA, 2010).

Bustillos y Cabrera, 2018 reportan que a través de la extracción por arrastre de vapor en un equipo Clevenger, de 560 g de epazote se obtuvieron 3 ml de aceite esencial, con un rendimiento de $0.54 \text{ ml} \cdot 100\text{g}^{-1}$. El aceite esencial de epazote es un líquido incoloro o ligeramente amarillo, de consistencia no muy viscosa, con olor penetrante y pungente parecido al alcanfor, con un sabor ligeramente amargo (Gadano *et al.*, 2006).

Los componentes principales en el aceite esencial de *C. ambrosioides* son productos de naturaleza monoterpénica (C10) y sesquiterpénica (C15), principalmente ascaridol, un peróxido terpénico, en concentraciones de hasta el 70%, así como limoneno, transpinocarveol, aritasona, β pineno, mirceno, felandreno, alcanfor y α -terpineol (De Pascual, 1980, Sagrero-Nieves y Bartley, 1995).

En el caso de la encapsulación con la técnica de goteo, se obtuvieron capsulas con un tamaño promedio de 2.5mm, una textura lisa y características deseables. Con esta técnica se logra estabilizar bioactivos después de procesos que involucran calentamiento, exposición a pH extremos y a otras moléculas reactivas (Hernández-Torres *et al.*, 2016).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo son relevantes para la región mazahua, pues se les brinda un panorama de preservación, aprovechamiento e industrialización de plantas medicinales debido a sus características funcionales.

El empleo del proceso de destilación por arrastre de vapor para la obtención de aceites esenciales como el encapsulado son tecnologías de fácil aplicación y altamente recomendables para preservar las propiedades biológicas de la hierbabuena y epazote.

Los productos obtenidos pueden ser empleados en un futuro en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética.

En la industria alimentaria, estos aceites podrían utilizarse como aditivos naturales para realzar el sabor y aroma de productos específicos, además de contar con propiedades antimicrobianas.

Se sugiere que en trabajos futuros se haga una evaluación sensorial de los aceites esenciales y el encapsulado, a fin de probarlos en adición a otros productos innovadores.

AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso por la realización de este proyecto.

LITERATURA CITADA

- Antezana, B. F. (2017). "Obtención de aceite esencial e hidrolato de hierbabuena (*Mentha Spicata*) mediante el proceso de destilación por arrastre con vapor" (Tesis de Licenciatura). Universidad mayor de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/13582/EG-1911-Antezana%20Ruiz%2c%20Bryant%20Fabian.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bustillos, E. F. y Cabrera, G. I. (2018). "Diseño de mezclas de aceites esenciales como estrategia para el desarrollo de antiamebianos" (Tesis de Licenciatura). Universidad de Cuenca. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30258>
- Cárdenas, D., Torres, A., Gómez, E. (2022). Identificación de aceites esenciales y parámetros productivos de *Mentha spicata* cultivada en sistemas acuapónicos y camas contenidas. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 13(2), 149-163. <https://doi.org/10.22490/21456453.4704>
- Chowdhury, J.U., Nandi, N.C., Uddin M., Rahman M. (2007). Chemical constituents of essential oils from two types of spearmint (*Mentha spicata* L. and *M. cardica* L.) introduces in Bangladesh. Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research, 42, 79-82.
- Chunga, F. V., Guzman, S. L., Luque, C. C. (2023). Efecto antibacteriano del aceite esencial de *Mentha spicata* L. sobre *Escherichia coli* Realizado en el laboratorio de Blue Medical, Arequipa 2022 (Tesis de Licenciatura). Universidad Continental. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/13493/1/IV_FCS_508_TE_Chunga_Guzman_Luque_2023.pdf
- De Pascual, T. J., Torres, B.C., Perez, M.A. (1980). Essential oil of *Chenopodium ambrosioides*. Riv. Ital. Ess., 62(1):123-125.
- Esquivel-González, B., Ochoa-Martínez, L., Rutiaga-Quñones, O. (2015). Microencapsulación mediante secado por aspersion de compuestos bioactivos. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 16(2),180-192. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81343176006>

- Gadano, A. B., Gurni, A.A., Carballo, M.A. (2006). Argentine folk medicine: Genotoxic effects of Chenopodiaceae family. J. Ethnopharmacol., 103(3):246-251.
- Gómez Castellanos, J. R. (2008). Epazote (*Chenopodium ambrosioides*). Revisión a sus características morfológicas, actividad farmacológica, y biogénesis de su principal principio activo, ascaridol. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 7(1),3-9. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85670103>
- Hernández-Torres, C. D. J., Iliina, A., Ventura-Sobrevilla, J. M., Belmares-Cerda, R. E., Contreras-Esquivel, J. C., Michelena Álvarez, G., & Martínez- Hernández, J. L. (2016). La microencapsulación de bioactivos para su aplicación en la industria. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 50(1),12-19. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223148420003>
- Meloni, D.A., Lescano, J. A., Garay F., David R.N., Abdala G., Silva D.M., Beltrán R. (2013). Caracterización agronómica y química de *Mentha spicata* L., cultivada en la zona de riego de Río Dulce, Santiago del Estero. IX Jornada de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NDA, Santiago del Estero. <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/publicaciones/codinoa-2013/trabajos/agropecuarias/01-meloni.pdf>
- Nandini, D., Shah, K. (2021). A Great Challenge on the Reproducibility of Therapeutic Results of Phytopharmaceuticals, Phytopharmaceuticals: Potential Therapeutic Applications. Wiley-Scrivener, pp. 1-15. ISBN: 978-1-119-68191-5 <https://doi.org/10.1002/9781119682059.ch1>
- Nascimento, F. R. F., Cruz, G.V.B., Pereira, P.V.S., Maciel, M.C.G., Silva, L.A., Azevedo, A.P.S., Barroqueiro, E.S.B., Guerra, N.M. (2006). Ascitic and solid Ehrlich tumor inhibition by *Chenopodium ambrosioides* L. treatment. Life Sci., 78(22):2650- 2653. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2005.10.006>
- Reyes-Carcaño, M., Chávez-Mejía, C., Moctezuma-Pérez, S., Ramírez-Torres, J. L. (2021). El paisaje biocultural de la herbolaria mazahua: el caso de dos comunidades del Estado de México. Cuadernos Geográficos 60(3), 277-296. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v60i3.18372>

Sagrero-Nieves, L., Bartley, J.P. (1995). Volatile constituents from the leaves of *Chenopodium ambrosioides* L. J. Essential Oil Res., 7:221-223.

SENA - SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. (2010). Introducción a la industria de los aceites esenciales de plantas medicinales y aromáticas. Colombia

https://repositorio.sena.edu.co/sitios/introduccion_industria_aceites_esenciales_plantas_medicinales_aromaticas/pdf/ACEITES%20ESENCIALES%20EXTRAIDOS%20DE%20PLANTAS%20MEDICINALES%20Y%20AROMATICAS.pdf

OBTENCIÓN Y PURIFICACIÓN DE P72: VIRUS DE LA PESTE PORCINA AFRICANA

Julietta Sandra Cuevas-Romero^{1*}, José Luis Cerriteño-Sánchez¹, Perla Lucero Zavala-Ocampo^{1,2}.

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP. Carretera México-Toluca, KM 15.5, Palo Alto. CDMX, México.²Posgrado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal, UNAM. Av. Universidad 3004, Copilco Universidad, Coyoacán, 04510 Ciudad de México, CDMX. *Autor para correspondencia: scuevas16@gmail.com.

RESUMEN

La peste porcina africana es una afección altamente contagiosa, de carácter agudo y grave con síntomas hemorrágicos, que afecta a los cerdos de granja y a los jabalíes, causada por el virus de la peste porcina africana (VPPA). El propósito de este estudio fue analizar la expresión y purificación de la proteína p72 del VPPA, basándose en la utilización de instrumentos biotecnológicos y el sistema de expresión recombinante pETSUMO-P72 en *E. coli*. Para alcanzar este objetivo, se realizó la producción de la proteína a través de la inducción de cultivos de expresión de BL21-P72 en medio LB con IPTG donde, con la ruptura mecánica de las células, se identificó la presencia de P72 en fase soluble y cuerpos de inclusión. Los cuerpos de inclusión fueron solubilizados con N-Lauroylsarcosine al 9% y se purificaron usando una columna de agarosa Ni-NTA. Finalmente, se cuantificó la proteína purificada con el método de Bradford usando una curva de BSA como estándar. La ecuación de la recta para la regresión fue $y=0.013x+0.197$ con $R^2=0.9719$. La concentración de proteína p72 fue de 40.73 µg/mL, con un rendimiento de 230.807 µg/100 mL de cultivo.

Palabras clave: peste porcina africana, p72, cerdos, recombinante, *E. coli*.

ABSTRACT

African swine fever is a highly contagious, acute, and severe condition with hemorrhagic symptoms that affects farmed pigs and wild boars, caused by the

African swine fever virus (ASFV). The purpose of this study was to analyze the expression and purification of the ASFV p72 protein, based on the use of biotechnological tools and the recombinant expression system pETSUMO-P72 in *E. coli*. To achieve this goal, the protein was produced by inducing BL21-P72 expression cultures in LB medium with IPTG. Through mechanical cell disruption, the presence of P72 was identified in both the soluble phase and inclusion bodies. The inclusion bodies were solubilized with 9% N-Lauroylsarcosine and purified using a Ni-NTA agarose column. Finally, the purified protein was quantified using the Bradford method with a BSA curve as a standard. The regression equation was $y=0.013x+0.197$ with an $R^2=0.9719$. The concentration of p72 protein was 40.73 $\mu\text{g/mL}$, yielding 230.807 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ of culture.

Keywords: African swine fever, p72, pigs, recombinant, *E. coli*.

INTRODUCCIÓN

La peste porcina africana es una enfermedad altamente infecciosa aguda, grave y hemorrágica (tasa de mortalidad y morbilidad de casi el 100%) que afecta a cerdos domésticos y jabalíes y es causada por el virus de la peste porcina africana (VPPA) (Wu *et al.* 2022).

Actualmente se han caracterizado antígenos del VPPA para obtener información relevante que ayude a incrementar el control/erradicación de la enfermedad. Un ejemplo es la proteína p72 (B646L) la cual es una proteína del VPPA que induce anticuerpos neutralizantes en cerdos (Zhang *et al.* 2022). Específicamente, las proteínas p30, pp62, p72 y CD2v están involucradas en la respuesta inmune de las células T de los cerdos vivos infectados con VPPA, entre las cuales las proteínas p72 y pp62 son las que tienen respuestas inmunitarias humorales y de células T específicas más fuertes (Sun *et al.* 2021).

Además, estudios previos muestran que la inmunización con una combinación de p30 y p54 recombinantes, o una proteína quimérica p54/30, indujo respuestas de anticuerpos eficaces en cerdos y logró diferentes grados de protección contra la exposición a VPPA (Zhang *et al.* 2022).

Recientemente, Liberti y colaboradores (2023) evaluaron la producción de anticuerpos monoclonales (mAbs) específicos contra la proteína p30 del VPPA usando ratones hembra Balb-c y adyuvante de Freund, con la perspectiva de encontrar aplicaciones útiles en diagnósticos rutinarios y en la implementación de nuevas herramientas de diagnóstico. En este estudio obtuvieron seis hibridomas secretoras de anticuerpos monoclonales anti-p30, que mostraron una gran reactividad contra la proteína recombinante, aunque sólo uno de ellos (el mAb 2B8E10) también tuvo una reactividad destacable contra el antígeno viral.

La presencia de la PPA en República Dominicana desde el reporte del primer brote en 2021 representa una amenaza latente para México, que deriva en la necesidad de detección de los animales infectados y serológicamente positivos, basado en la aplicación de herramientas biotecnológicas, como el uso de proteínas recombinantes del virus. El objetivo de este trabajo fue producir y purificar la proteína p72 del virus de la peste porcina africana para la propuesta en la generación de un sistema diagnóstico que pueda ser utilizado en un futuro como una herramienta de prevención de la enfermedad. Con esto, p72 se convierte en una proteína para tener en cuenta para investigaciones que evalúen su potencial uso en el desarrollo de pruebas diagnósticas a través del desarrollo de sistemas inmunoenzimáticos como el ELISA, de tal manera que forme parte de las medidas de combate de esta enfermedad y se minimicen las consecuencias económicas en el país.

MATERIAL Y MÉTODOS

El genoma reportado de la peste porcina africana aislado en Georgia en 2007, usado como cepa de referencia para España (número de acceso: FR682468) fue utilizado para la producción de la proteína recombinante p72 a partir de gen sintético. El gen sintético fue clonado en fase con el vector de expresión pETSUMO, generando el vector recombinante pETSUMO-P72. Posteriormente, el plásmido fue usado para transformar células competentes de *E. coli* BL21(DE3) para obtener una cepa de expresión denominada BL21-P72. Para la producción de la proteína, se indujeron cultivos de expresión de BL21-P72 en medio LB con IPTG.

Posteriormente, para extraer la proteína, se realizó la ruptura mecánica de las células usando un homogeneizador Gaulin y se identificó la presencia de P72 en fase soluble y/o cuerpos de inclusión a través de SDS-PAGE y Western blot usando anticuerpos anti-his. Posteriormente, los cuerpos de inclusión fueron solubilizados con N-Lauroylsarcosine al 9% y se purificaron usando una columna de agarosa Ni-NTA. Se corroboró la presencia de proteína purificada a través de SDS-PAGE y Western blot. Finalmente, se cuantificó la proteína purificada con el método de Bradford y se obtuvo el rendimiento correspondiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se diseñó un sistema de expresión recombinante para la producción de p72 en *E. coli* BL21 (DE3) usando el vector pETSUMO. El plásmido pETSUMO-P72 fusiona la proteína recombinante a la etiqueta SUMO, la cual aumenta la solubilidad de las mismas, facilitando los procesos de extracción y purificación, también integra una etiqueta de 6 his para su purificación por cromatografía de afinidad. El vector de expresión se regula bajo el operón *Lac*, por lo que la inducción se lleva a cabo con IPTG y posee una región de kanamicina para la selección de clonas transformadas, además es fácilmente escalable.

Una vez obtenida la cepa BL21-P72, se indujeron 600 mL de cultivo y se obtuvo proteína p72 sobreexpresada. Con el objetivo de extraer la proteína recombinante de la bacteria, se realizó la ruptura mecánica de las células en 500 mL de buffer de Tris-HCl (50 mM, pH 8) y se separó la fase soluble y los cuerpos de inclusión (fase insoluble) mediante centrifugación. Se procesaron ambas muestras para realizar SDS-PAGE y se empleó tinción coomassie (Figura 1A) y western blot (Figura 1B).

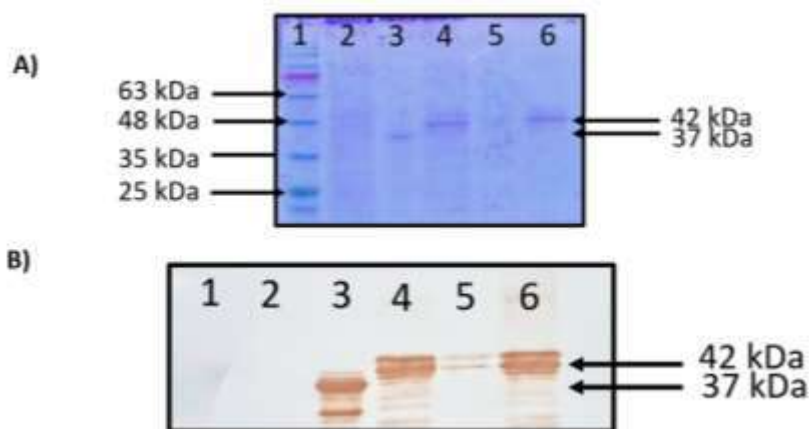


Figura 1. Extracción de la proteína p72 a partir de la cepa BL21-P72. A) Tinción coomassie y B) Western blot. 1) Marcador de peso molecular. 2) Control negativo. 3) Control positivo. 4) Expresión celular de BL21-P72. 5) Fase soluble. 6) Cuerpos de inclusión.

Como se puede observar en la figura anterior, la mayor parte de la proteína P72 se encuentra en forma de cuerpos de inclusión, que corresponde a la fase insoluble, por lo que es necesario llevar a cabo los procesos de solubilización para su purificación. Después de la purificación mediante cromatografía IMAC de los cuerpos de inclusión se analizó el proceso mediante SDS-PAGE y WB (Figura 2) donde se puede observar que se recuperó la proteína P72 en las eluciones en un solo paso de purificación y la ausencia de la misma en las muestras de no pegado y lavado indica que la proteína de interés está siendo purificada correctamente.

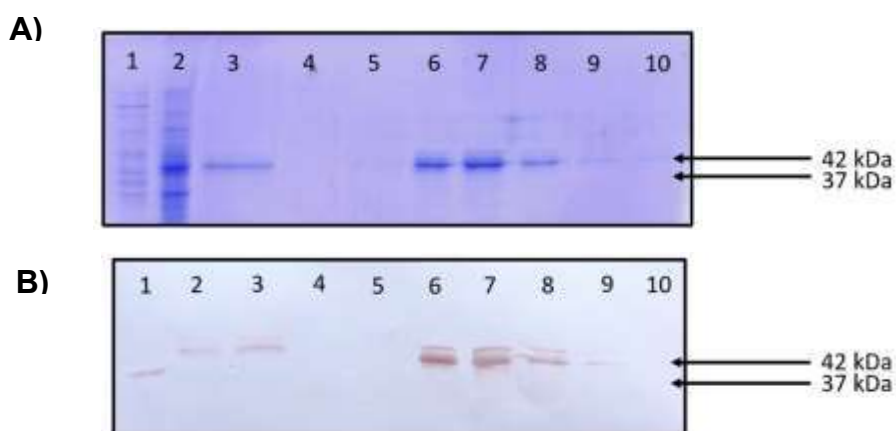


Figura 2. Purificación de p72 a partir de cuerpos de inclusión. A) Tinción con coomassie y B) Western blot. 1) Control positivo. 2) Expresión celular de BL21-P72. 3) Cuerpos de inclusión. 4) No pegado. 5) Lavado. 6-10) Eluciones de la columna.

Posteriormente, la proteína P72 fue dializada para eliminar sales y se procedió a su cuantificación. Para la cuantificación de la concentración de proteína, se realizó la curva de calibración de Bradford usando una curva de BSA como estándar. La ecuación de la recta para la regresión fue $y=0.013x+0.197$ con $R^2=0.9719$. La concentración de proteína p72 fue de 40.73 $\mu\text{g/mL}$, con un rendimiento de 230.807 $\mu\text{g/100 mL}$ de cultivo.

CONCLUSIONES

En este trabajo se realizó la sobreproducción de la proteína recombinante P72 de PPA en *E. coli* y se identificó la presencia de la misma en cuerpos de inclusión y una pequeña parte en la fase soluble. También se logró su purificación en un solo paso mediante cromatografía de afinidad y se obtuvo un rendimiento de proteína purificada de 230.807 $\mu\text{g/100 mL}$ de cultivo, lo cual es un rendimiento que permite desarrollar la evaluación de la respuesta inmune en modelos murino *in vivo*, y un posterior sistema de diagnóstico como el iELISA.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

El presente trabajo se llevó a cabo en el CENID-SAI, Laboratorio de Epizootiología, sede Palo Alto, Ciudad de México. Fue parcialmente financiado por el proyecto: CAPACITY BUILDING FOR ASF DIAGNOSTICS IN MÉXICO: GENERATION OF REAGENTS REQUIRED FOR SEROLOGICAL ASSAYS. No. SIGI: 154626612. Beca CONAHCYT CVU: 1139465.

LITERATURA CITADA

- Ji. C., Jiang, J., Wei, Y., Wang, Z., Chen, Y., Mai, Z., Cai, M., Qin, C., Cai, Y., Yi, H., Liang, G., Lu, G., Gong, L., Zhang, G. and Wang, H. (2021). A Method for the Analysis of African Swine Fever by Viral Metagenomic Sequencing. *Rev. Front. Vet. Sci.* 8:766533. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.766533>
- Wang, Y., Kang, W., Yang, W., Zhang, J., Li, D. and Zheng, H. (2021). Structure of African Swine Fever Virus and Associated Molecular Mechanisms Underlying Infection and Immunosuppression: A Review. *Front. Immunol.* 12:715582. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.715582>

Wu, K., Zhang, Y., Zeng, S., Liu, X., Li, Y., Li, X., Chen, W., Li, Z., Qin, Y., Chen, J., Fan, S. (2022). Development and Application of RAA Nucleic Acid Test Strip Assay and Double RAA Gel Electrophoresis Detection Methods for ASFV and CSFV. Rev. Front Mol Biosci. Jan 31;8:811824. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2021.811824>

OPTIMIZACIÓN DE LA COSECHA DE CEBADA

Juan José García Rodríguez^{1*}, Francisco Paúl Gámez Vázquez¹, José Roberto Augusto Dorantes González¹, Alfredo Josué Gámez Vázquez¹

¹Campo Experimental Bajío km. 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende. Gto. C.P. 38010. *Autor para correspondencia: dorantes.jose@inifap.gob.mx

RESUMEN

En la región del Bajío en los últimos cinco años se han sembrado un promedio de 67,500 ha en el ciclo O-I de cebada con un promedio de 200 kg ha de pérdidas lo que significa una merma de 13,500 toneladas, cuyo valor se estima en \$99.9 millones de pesos. En este caso, las pérdidas en pre cosecha no fueron significativas y durante la cosecha la mayor fuente de pérdida fue debida a la falta de calibración de la trilladora, velocidad de avance y retraso en la cosecha, convirtiéndose en un problema para el siguiente ciclo por la emergencia de plántulas voluntarias provocando gastos innecesarios por la aplicación de herbicidas o prácticas culturales para su control. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue estimar las pérdidas de semilla en precosecha y durante la cosecha. El trabajo se realizó en parcelas establecidas en el ciclo OI 2023-2024 en cinco localidades sembradas con cebada de las variedades Alina, y Prunela. En tres localidades se evaluaron trilladoras marca John Deere y en dos de la marca CASE Axial Flow. La pérdida de semilla o grano en la parte posterior de la trilladora está muy relacionada con la pérdida total. Una correcta calibración de la cosechadora en conjunto con una humedad de grano entre los 10 y el 8 por ciento y una fecha de cosecha propicia tendrán como resultado una disminución en la pérdida de grano en cosecha.

Palabras clave: *Pérdidas de semilla, tolerancia, contenido de humedad, clima.*

ABSTRACT

In the Bajío region, an average of 67,500 ha of barley have been planted in the last five years in the A-W cycle, with an average of 200 kg ha of losses, which means a reduction of 13,500 tons, estimated at \$99.9 million pesos. In this case, pre-harvest losses were not significant and during the harvest the greatest source of loss was

due to the lack of calibration of the thresher, forward speed and delay in harvest, becoming a problem for the following cycle due to the emergence of volunteer seedlings, causing unnecessary expenses for the application of herbicides or cultural practices for their control. Therefore, the objective of this work was to estimate seed losses in pre-harvest and during harvest. The work was carried out in plots established in the AW 2023-2024 cycle in five locations planted with barley of the Alina and Prunela varieties. John Deere threshers were evaluated in three locations and CASE Axial Flow threshers in two. Seed or grain loss at the rear of the thresher is closely related to total loss. Correct calibration of the combine, along with grain moisture between 10 and 8 percent and a favorable harvest date, will result in a decrease in grain loss at harvest.

Keywords: *seed losses, tolerance, moisture content, climate.*

INTRODUCCIÓN

Los cereales, son uno de los cultivos más importantes. Estos cultivos desempeñan un papel trascendental en la dieta humana, particularmente en los países en desarrollo. Más importante aún, los cereales representan un alimento básico y la principal fuente de ingresos para los agricultores de todo el mundo. Los cereales incluyen especies como pastos y mijo, cultivados por su grano de almidón comestible, como el trigo, el maíz, el arroz, la cebada y el sorgo. En comparación con las frutas y verduras, los cereales son relativamente viables de cultivar. Sin embargo, el éxito es sólo para los agricultores que planean su producción e invierten en sus conocimientos. Es por eso que, una buena cosecha es el resultado del trabajo realizado durante todo el proceso. Por lo que la cosecha, como práctica final, juega un papel muy importante en el rendimiento y la calidad de las semillas. Por tal motivo, es importante tener en cuenta que para la cosecha de cebada es substancial considerarla como una semilla y no como un grano, debido a que durante el proceso industrial de malteado debe germinar en su totalidad para lograr su transformación en malta (Murillo-Williams *et al.*, 2024). Lo cual es acorde con lo señalado por la Norma Oficial Mexicana (2003). En consecuencia, todo grano que no germine afecta, en gran medida, la calidad industrial del producto final, la eficiencia del proceso y por supuesto el valor

comercial. En base a lo anterior, se planteó el siguiente objetivo: estimar las pérdidas de semilla en precosecha y durante la cosecha de cebada en las regiones productoras del Bajío.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo se llevó a cabo del 23 de abril al 8 de mayo del 2024 en las siguientes comunidades: Rancho Grande, Irapuato cuyas Coordenadas son: 20.251411N y 101.742132W, el Marques, Qro. Rancho Guadalupe, cuyas Coordenadas son: 20.251411N y 101.742132W, La Moncada, Mpio. de Tarimoro, Gto., cuyas Coordenadas son: 20.251411N y 101.742132W, Quiriceo, Quiriceo, Valle De Santiago, Gto. Coordenadas: 20.25567N 101.18030 W, las Fuentes, Cortazar, Gto. Coordenadas: 20.2448N 101.00126 W. En cuanto a la maquinaria y variedades, en tres localidades se evaluaron trilladoras marca John Deere modelos 9550, 9500 y 9770 STS y en los dos restantes, de la marca CASE Axial Flow modelo 2577 AFS. En cuanto a las variedades, se muestrearon: Alina en tres localidades y Prunella dos. La primera parte del trabajo se enfocó en las pérdidas de precosecha. Para esto, se colocaron cuatro aros de alambre de 56 centímetros de diámetro en una zona representativa de la parcela, posteriormente se juntaron los granos y vainas que estaban sueltos dentro de cada uno. Cumplido ese paso, se continuó con la estimación de mermas provocadas por la combinada. Para ello, se arrojaron cuatro aros ciegos: uno debajo del cajón de zarandas y tres más en el área del cabezal, esta práctica se realizó después del paso del cabezal y antes de que el material fuera expulsado por la parte posterior de la combinada (Bragachini *et al*; 2012). Las pérdidas por la cola fueron los granos sueltos y los obtenidos de espigas que se quedaron en la parte superior de cada aro. En tanto, las mermas por cabezal fueron los granos que se encontraron por debajo de los aros ciegos. Para convertir esta pérdida a kg ha^{-1} , primero se separó la paja con una criba de la marca seedburo medida 12/64" con perforaciones redondas, ya limpio el grano se determinó el contenido de humedad, a continuación, se pesaron los granos con una báscula digital Mca. OHAUS CS 5000-00A 5000g x 1g, se registró el peso en kilogramos por

hectárea, haciendo ajuste al 13.5% de contenido de humedad. Las muestras se analizaron con SAS mediante un método de componentes principales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de componentes principales para cinco localidades dos variedades y dos marcas de cosechadora. Como se puede observar en la Figura 1. La suma de los componentes principales CP1 y CP2 explica el 80.32 %, considerando que si los dos primeros componentes explican más de un 70% se considera aceptable (Bartkowiak y Szustalewicz, 1995).

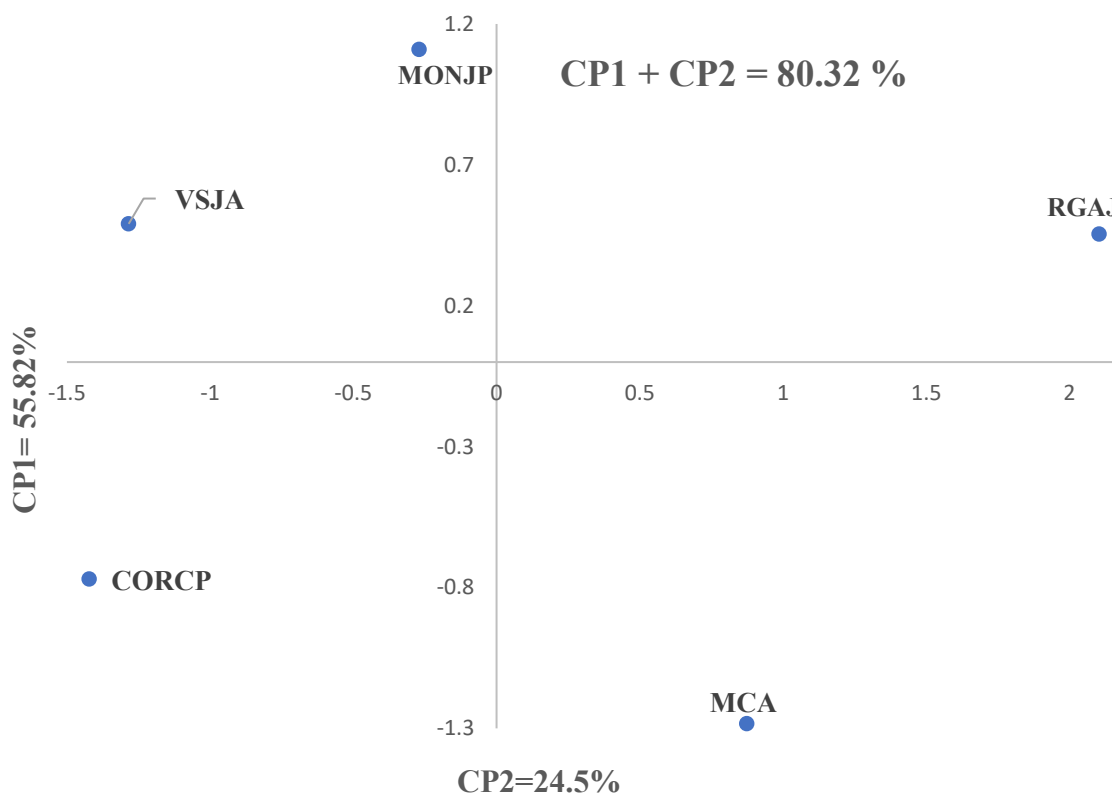


Figura 1 Componentes principales de las distintas máquinas y localidades evaluadas.

El CP1 explica el 55.82 % de la variación total del experimento, y este integrado por las fuentes de variación perdida en cola y pérdida total, en tanto que el CP2 está representado por la fuente de variación original perdida de cabezal. Y representa el 24.5 % de la variación total del experimento. El tratamiento que presentó la menor pérdida en cabezal y PCOL con PT es CORCP, seguida por el tratamiento MCA que

presento la menor PCAB sin embargo presento mayor PCOL y PT, el tratamiento VSJA mosto poca PCOL y PT, pero presento mayor PCAB, en el tratamiento MONJP se observa la mayor perdida en cabezal aun que la PCOL y PT están bajos en comparación con el tratamiento RGAJ donde se observa la mayor PCOL y PT del experimento.

Dados los resultados anteriores se comprueba que cuando las máquinas están bien calibradas sus pérdidas por la parte posterior serán menores por lo que es necesario aplicar esta tecnología para hacer las recomendaciones necesarias con la finalidad de disminuir las pérdidas totales, dando como resultado (García, 2014) un suelo con menor presencia de plantas mostrencas. Aumentando los kilogramos cosechados y generando una disminución en las perdidas económicas.

Con esto se disminuiría la cantidad de herbicidas a aplicar en la siguiente temporada para controlar las plantas persistentes, del cultivo anterior, subir la eficiencia en la producción de cebada, aumentar la remuneración económica de los productores y reducir las maniobras posteriores como blanqueo con riegos o con herbicidas disminuyendo la huella hídrica y de carbono en el caso de las parcelas de producción de semilla. Según Enlace (2016): la fecha optima de cosecha ayudara a disminuir las perdidas por cabezal al tener la humedad necesaria para la cosecha evitando en la medida de lo posible el desgrane.

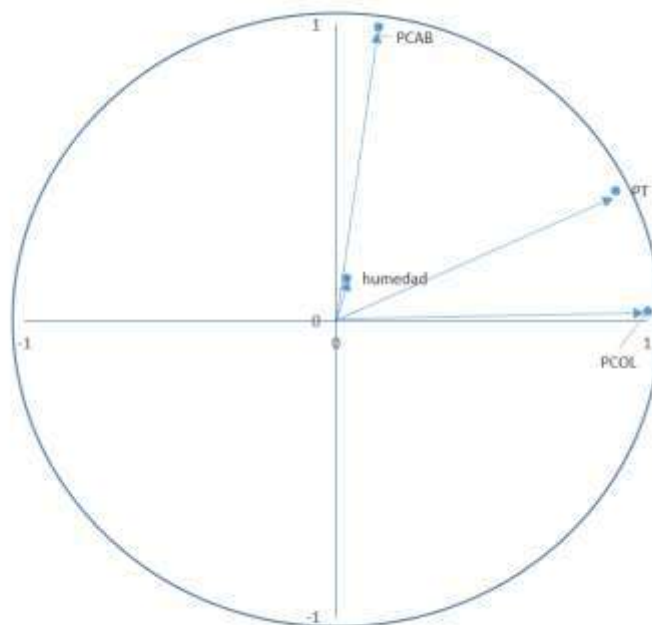


Figura 2. Análisis por factores en la evaluación de la merma en cinco localidades.

Las pérdidas por la parte posterior de la maquina o perdidas por cola están muy relacionadas con la merma total de la máquina, (Figura 2) la humedad de cosecha si bien es un factor importante en lo que más afecta es en el peso final de la perdida, granos con mayor contenido de humedad son granos más pesados. Las pérdidas por cabezal o al inicio de alimentación de la maquina son las menos importantes para este estudio, aunque si se encuentran relacionadas, aunque en menor proporción con las eficiencias de la máquina.

CONCLUSIONES

La aplicación de un método para calcular perdidas en cosecha sirve para dar recomendaciones para calibrar la maquinaria y reducir las pérdidas en cosecha.

Las maquinas Case que se evaluaron estaban mejor calibradas que las maquinas John Deere.

La pérdida de semilla o grano en la parte posterior de la trilladora está muy relacionada con la pérdida total.

Una correcta calibración de la cosechadora en conjunto con una humedad de grano de entre el 10 y 12 por ciento y una fecha de cosecha propicia tendrán como resultado una disminución en la pérdida de grano en cosecha.

LITERATURA CITADA

- Bartkowiak, A. and A. Szustalewicz (1995) The augmented biplot and some examples of its use. *Machine Graphics & Vision* 4:161-186.
<https://www.ii.uni.wroc.pl/~aba/papers/biaug.pdf>
- Bragachini, M.; Peiretti, J.; Sánchez, F.; Ustarroz, F.; Giordano, J. 2012. Cosecha de trigo con valor agregado en origen. Actualización técnica No. 72. Ediciones INTA. Proyecto nacional de eficiencia de cosecha, postcosecha y valor agregado en origen. EEA Manfredi, Córdoba, Argentina.
- Enlace, la revista de la agricultura de conservación. 2016. Pérdidas de grano causadas por mala calibración de la trilladora y por cosechar fuera de tiempo. Año VII, No. 32. CIMMYT. El Batán, Texcoco, Edo. de México. Pág. 41.
- García, R.J.J. 2014. Evaluación de pérdidas de rendimiento de grano y semilla de cebada maltera en la región del Bajío mexicano. Reuniones Nacionales de Investigación e Innovación Pecuaria, Agrícola, Forestal y Acuícola-Pesquera. Mérida, Yucatán, México.
- Murillo, W. A.; D. Esker, P.; Collins. A.; Borrelli, K. 2024. La calidad del grano es clave para el mercado y producción de cebada para malta. Penn State Extension. Universidad del Estado de Pensilvania. EE.UU. Consultado el 1 de agosto de 2024. <https://extension.psu.edu/la-calidad-del-grano-es-clave-para-el-mercadeo-y-produccion-de-cebada-para-malta>
- NMX-FF-043-SCFI-2003. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-cereal-cebada- (*Hordeum vulgare* L. y *Hordeum distichum* L.) Especificaciones y métodos de prueba. Secretaria de economía. Consultado el 31 de julio del 2024. https://sitios1.dif.gob.mx/alimentacion/docs/NMX-FF-043-SCFI-2003_cebada.pdf

PERCEPCIÓN DE LOS PRODUCTORES DE MAÍZ (*Zea mays*) SOBRE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS MUNICIPIOS DE IXTLAHUACA Y SAN FELIPE DEL CONGRESO, ESTADO DE MÉXICO

Jose L. Jolalpa Barrera^{1*}; Venancio Cuevas Reyes¹; Jaime Rángel Quintos;
Dolores Briones Reyes¹; Enrique Buendía Rodríguez¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. *Autor de
correspondencia: jolalpa.jose@inifap.gob.mx

RESUMEN

Hoy en día, la agricultura es extremadamente vulnerable al cambio climático, El aumento de las temperaturas y la alteración de las precipitaciones provocan la aparición y propagación de nuevas enfermedades y plagas en los cultivos, y en consecuencia, una disminución de la producción de los cultivos, entre ellos el maíz, cuya importancia en México es fundamental para alimentación de la población. Esta importancia también se ve reflejada en el Estado de México, con una superficie de cerca de 500 mil hectáreas de maíz. Dada la importancia de este cultivo en el Estado de México y los efectos del cambio climático en la agricultura, el presente estudio tuvo como objetivo identificar la percepción de pequeños productores de maíz en los municipios de Ixtlahuaca y San Felipe del Progreso sobre los efectos de la variabilidad climática. La información se obtuvo mediante la una encuesta aplicada a 28 productores, a través del muestreo no probabilístico. Los resultados muestran que el 100% de los productores, perciben los efectos del cambio climático, a través de una disminución de las lluvias, un incremento de la temperatura, una mayor frecuencia de sequías, incremento en las plagas y enfermedades, el 93% considera que la variabilidad climática afectara el precio de los cultivos agrícolas, entre ellos el maíz. Se concluye, que los pequeños productores perciben los efectos negativos del cambio climático, y consideran que estos afectarán de manera negativa los precios de los cultivos,

entre ellos el maíz.

Palabras clave: *clima, percepción, maíz, pequeños productores.*

ABSTRACT

Today, agriculture is extremely vulnerable to climate change. Increased temperatures and altered rainfall cause the appearance and spread of new diseases and pests in crops, and consequently, a decrease in crop production. , among them corn, whose importance in Mexico is fundamental for feeding the population. This importance is also reflected in the State of Mexico, with an area of nearly 500 thousand hectares of corn. Given the importance of this crop in the State of Mexico and the effects of climate change on agriculture, the objective of this study was to identify the perception of small corn producers in the municipalities of Ixtlahuaca and San Felipe del Progreso on the effects of the climate variability. The information was obtained through a survey applied to 28 producers, through non-probabilistic sampling. The results show that 100% of producers perceive the effects of climate change, through a decrease in rainfall, an increase in temperature, a greater frequency of droughts, an increase in pests and diseases, 93% consider that climate variability will affect the price of agricultural crops, including corn. It is concluded that small producers perceive the negative effects of climate change, and consider that these will negatively affect crop prices, including corn.

Keywords. *climate, perception, corn, small producers.*

INTRODUCCIÓN

En México, el cultivo de maíz es muy importante, y se produce bajo diversas condiciones de clima y humedad (temporal y riego), a nivel nacional se siembra en más de ocho millones de hectáreas (SIAP, 2014), a cargo fundamentalmente de más de 2 millones de productores a pequeña escala. Este cultivo, es sumamente importante también en el Estado de México, con una superficie de cerca de 500 mil hectáreas de maíz, de las cuales el 84% son de temporal y el 16% de riego. En cuanto a la producción, el cultivo de maíz ocupa el cuarto lugar a nivel nacional con

una producción de cerca de 2 millones de toneladas, las cuales se usan para la elaboración de una gran variedad de productos comestibles e industrializados, destacando la tortilla, tamales, aceites, y cereales.

Por otro lado, los desafíos relacionados en la agricultura con relación al clima son uno de los principales factores de la inseguridad alimentaria, lo que ha provocado la reducción del rendimiento de diversos cultivos (FAO, 2015; Ray et al., 2015; Ding et al., 2021; Malhi et al., 2021), de ahí lo mencionado por Nelson et al., (2009), la agricultura es extremadamente vulnerable al cambio climático, y los impactos de este cambio son generalmente negativos.

Ante estas circunstancias, surge la necesidad del productor de contrarrestar los efectos de la variabilidad climática, sin embargo, existe aún, un limitado conocimiento sobre la percepción de los productores sobre los efectos del cambio climático. El objetivo del presente trabajo fue identificar precisamente esta percepción en algunos productores de los municipios de Ixtlahuaca y San Felipe del Progreso en el Estado de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información se obtuvo mediante la aplicación de una encuesta a 28 pequeños productores de maíz de temporal del Estado de México y beneficiarios del Programa de Producción para el Bienestar, 14 del municipio de San Felipe de Progreso y 14 de Ixtlahuaca. Se empleó el muestreo no probabilístico y la encuesta fue dirigida a productores cooperantes, con la finalidad de garantizar la confiabilidad de la información (Quinn, 2002; Hernández, 2021), la aplicación se realizó en el mes de agosto de 2024, y se analizó mediante la estadística descriptiva (Espinosa y Amador, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En 2023, la producción de maíz en las regiones de estudio fue de 10,438 toneladas, en una superficie de 2,782 hectáreas, con un rendimiento de 3.7 t ha⁻¹

(SIACON, 2024). De acuerdo con los resultados obtenidos en campo, los productores de estos municipios presentan una edad promedio de 61 años, lo que refleja una edad avanzada, el 75% son hombres, y en cuanto al grado académico, se tiene que el 21% de los agricultores cuentan con primaria incompleta, mientras que solo el 7% tiene una licenciatura terminada. Lo anterior, plantea desafíos para el relevo generacional y para contrarrestar el nivel educativo de los productores.

Un dato importante en la caracterización de los productores, es que el 71% son ejidatarios y cuentan con una experiencia en la producción de maíz de más de 42 años, y sembraron en promedio, una superficie de 1.12 hectáreas. Lo anterior, es importante, dado que esta superficie es de temporal, cuya producción es afectada severamente por las condiciones climáticas (sequías, heladas, etc.), aunado a lo anterior, el destino principal de la producción es autoconsumo, lo cual pone en riesgo la autosuficiencia de este alimento para estos productores.

Con relación al tipo de maíz sembrado, en la Fig. 1 se observa, que el maíz blanco es el más usado con el 86%, seguido del azul con el 7%, lo que refleja la preferencia de este tipo de maíz. La superficie destinada a la producción de este tipo de maíz (blanco) es en promedio 1.02 hectáreas. Asimismo, se tiene que el 82% usa semilla criolla y el 18% semilla mejorada.

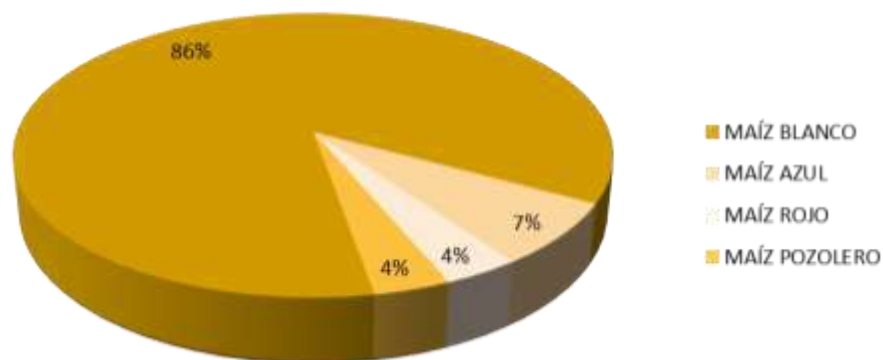


Figura 7. Tipos de maíz sembrado en las regiones de estudio (2024).

En cuanto al rendimiento, en la Fig. 2 se observa que, el rendimiento de maíz blanco oscila entre las 0.8-1.6 hectáreas. La finalidad de esta producción está destinada al

autoconsumo lo que refleja la importancia del maíz blanco como alimento básico en la dieta de las familias rurales y contribuye a la seguridad alimentaria a nivel local.

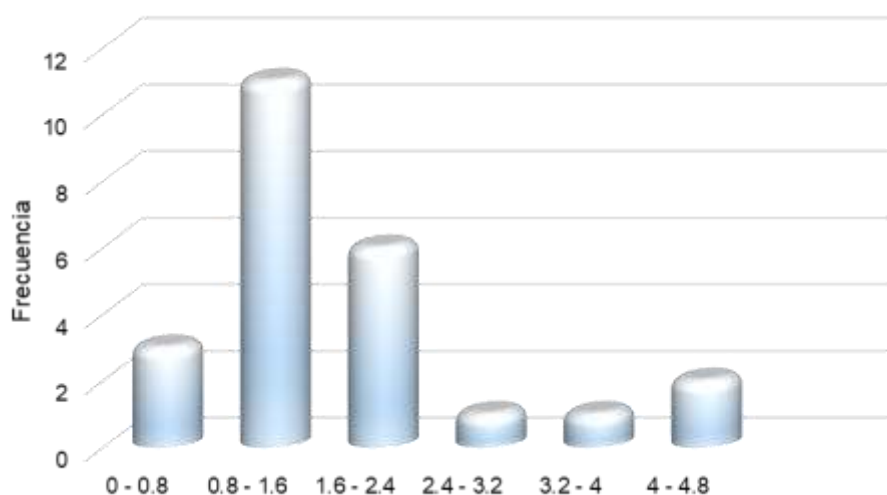


Figura 8. Rendimientos de maíz blanco (2024).

La adaptación al cambio climático en los sistemas agrícolas puede implicar cambios en las prácticas agronómicas (Sloat *et al.*, 2020), y por otro lado, el desarrollo de variedades de cultivos que se adapten mejor a las nuevas condiciones climáticas es vital para la futura producción de alimentos (Ceccarelli et al., 2010; Burke et al., 2009). Esta adaptación está correlacionada con diversos factores, uno de ellos es el conocimiento y la percepción que tenga el productor sobre los efectos de la variabilidad climática.

De acuerdo, con los resultados, el 100% de los productores, perciben los efectos del cambio climático, a través de una disminución de las lluvias, un incremento de la temperatura, una mayor frecuencia de sequías, incremento en las plagas y enfermedades, asimismo los productores mencionan, que ha observado una modificación en las fechas de siembra. Por otro lado, el 93% de los productores considera que la variabilidad climática afectará el precio de los cultivos agrícolas, entre ellos el maíz, dado los efectos negativos en la producción (sequías, heladas, granizadas, etc.). La variabilidad y los extremos climáticos son considerados una de

las principales causas del origen de crisis alimentarias, especialmente en las regiones con mayor marginación (Richardson *et al.*, 2018).

CONCLUSIONES

Se concluye que los pequeños productores perciben los efectos negativos del cambio climático, y consideran que estos afectarán de manera negativa los precios de los cultivos, entre ellos el maíz, y el costo de los insumos agrícolas usados en la producción. El 82% de los productores siembran semillas criollas, el maíz blanco es más usado, seguido del maíz azul.

LITERATURA CITADA

- Abbass, K., Qasim, M. Z., Song, H., Murshed, M., Mahmood, H., & Younis, I. (2022). A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(28), 42539-42559. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19718-6>
- Cruz-González, A., Arteaga-Ramírez, R., Sánchez-Cohen, I., Soria-Ruiz, J., & Monterroso-Rivas, A. I. (2024). Impactos del cambio climático en la producción de maíz en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15(1), Article 1. <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i1.3327>
- Harkness, C., Semenov, M. A., Areal, F., Senapati, N., Trnka, M., Balek, J., & Bishop, J. (2020). Adverse weather conditions for UK wheat production under climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 282-283, 107862. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107862>
- Richardson, K. J., Lewis, K. H., Krishnamurthy, P. K., Kent, C., Wiltshire, A. J., & Hanlon, H. M. (2018). Food security outcomes under a changing climate: Impacts of mitigation and adaptation on vulnerability to food insecurity. *Climatic Change*, 147(1), 327-341. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2137-y>
- Nelson, G. C., M.W. Rosegrant, J. Koo, R. Robertson, T. Sulser, T. Zhu, C. Ringler, S. Msangi, A. Palazzo, M. Batka, M. Magalhaes, R. Valmonte-Santos, M. Ewing, and D. Lee. 2009. *Climate change: Impact on agriculture and costs of*

- adaptation. Food Policy Report 21. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute (IFPRI). <http://www.ifpri.org/publication/climate-change-1>
- Espinosa, A. P., & Amador, B. M. (2010). Estadística para las Ciencias Agropecuarias. <https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/1733/1/Estad%C3%ADsticas%20para%20las%20Ciencias%20Agropecuarias.pdf>
- Hernández, G.O. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. Revista Cubana de Medicina General Integral, 37(3):e1442. <http://scielo.sld.cu/pdf/mgi/v37n3/1561-3038-mgi-37-03-e1442.pdf>
- Quinn M.P. (2002). Qualitative Research & Evaluation Methods. Sage Publications.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2014).

PERLAS DE QUITOSANO CON GLICEROL PARA LA DECLORACIÓN DE SOLUCIONES ACUOSAS

Yesenia Pérez Jiménez; Ethnice Dehonor Márquez; María del Rosario
Mejía

Cuero; Adán Jiménez
Montoya

Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso, Avenida
Instituto

Tecnológico S/N, Ejido, Tecnológico, 50640 San Felipe del Progreso, Estado de
México. yesenia.pj@sfelipeprogreso.tecnm.mx

RESUMEN

En el tratamiento de agua tanto residual como potable, la etapa final consiste en la inactivación de microorganismos. Entre los métodos más comunes y baratos para ello, se encuentra la cloración, llevada a cabo mediante hipoclorito de sodio y cal clorada. Sin embargo, una desventaja de este método es que la adición de este halógeno en agua con presencia de aminas, debido a que genera cloraminas y trihalometanos, considerados cancerígenos para el ser humano. Por lo anterior, se ha propuesto la aplicación de perlas de quitosano con glicerol para la eliminación de iones cloruro, antes de llevar a cabo el proceso de desinfección. La parte experimental consistió en la preparación de una solución de ácido acético y una solución de hidróxido de sodio 1 M, para la formación de las perlas de quitosano. Se probaron diferentes concentraciones de glicerol con quitosano, donde el mejor material resultó ser con 50 mL de glicerol. Se determinó el tamaño, porcentaje de humedad y pérdida de agua del material. Los estudios de cinética se realizaron en un sistema intermitente, es decir, batch, donde las perlas de quitosano con glicerol removieron una mayor concentración de cloruros. Los datos experimentales se ajustaron a los modelos cinéticos de pseudo primer y segundo orden, siendo el modelo de Lagergren el que mejor se ajustó a los datos, señalando una fisiorción. Con base en los resultados obtenidos, estos materiales pueden ser considerados adsorbentes de iones cloruros.

Palabras clave: Quitosano, Glicerol, Adsorción, Desinfección de agua.

ABSTRACT

In the treatment of both municipal wastewater and drinking water, the final stage consists of the inactivation of microorganisms. On the most common and cheapest methods for this is chlorination, using sodium hypochlorite and chlorinated lime. However, a disadvantage of this method is the addition of this substance in water with the presence of amines, because it generates chloramines and trihalomethanes, considered carcinogenic to humans. Due to the above, the application of chitosan beads with glycerol has been proposed for the elimination of ions, before carrying out the disinfection process. The experimental part consisted of the preparation of an acetic acid solution and a 1 M sodium hydroxide solution, for the formation of chitosan beads. Different concentrations of glycerol were tested with chitosan, where the best material turned out to be with 50 μ L of glycerol. The size, percentage of humidity and water loss of the material are determined. The kinetic studies were carried out in an intermittent system, that is, in batches, where the chitosan beads with glycerol removed a higher concentration of chlorides. The experimental data were fitted to the pseudo first and second order kinetic models, with the Lagergren model being the one that best fit the data, indicating physisorption. Based on the results obtained, these materials can be considered chloride ion adsorbents.

Keywords: *Chitosan, Glycerol, Adsorption, Water disinfection*

INTRODUCCIÓN

El cloruro es uno de los iones inorgánicos que se encuentran en exceso en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, la mayor parte de estos iones en el agua se debe a la adición de hipoclorito de sodio como desinfectante, con la finalidad de reducir el riesgo de enfermedades por microorganismos, prevenir el crecimiento de algas y evitar la regeneración de microorganismos durante su distribución.

A pesar de la adición de este agente químico, el suministro de agua no siempre es seguro, la desinfección con cloro tiene limitaciones contra algunos patógenos, protozoarios y virus (Kumar, 2023). Incluso las altas concentraciones de cloruros en aguas utilizadas para el riego en campos agrícolas, genera un

deterioro de forma importante en la calidad del suelo disminuyendo el crecimiento de las plantas. La combinación de materia orgánica e inorgánica en el agua, produce compuestos secundarios como cloraminas, dicloraminas y trihalometanos que son sustancias potencialmente carcinógenas (Colmenares y Mare, 2017). Por lo que es necesario llevar a cabo procesos de dechloración, para retirar en lo posible la mayor cantidad de cloro residual y evitar la formación de los compuestos antes mencionados. Por lo anterior, se busca innovar en procesos que sean capaces de dechlorar el agua, bajo lineamientos seguros, efectivos e inocuos para la salud, uno de los materiales potenciales para ello, es el uso de polímeros biodegradables que sean capaces de quitar la mayor parte de cloro residual. El quitosano, es un biopolímero de uso potencial debido a sus propiedades de coagulación - floculación, que contribuyen a la remoción de diferentes aniones presentes en agua, como los cloruros y los ácidos fúlvicos (Rossainz *et al.*, 2018). Derivado de su estructura con abundantes grupos amino libres, al encontrarse en medio ácido, se protonan, pasando de grupos funcionales NH_2 a NH^+ , comportándose como un polielectrolito catiónico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos a continuación descritos, se realizaron en las instalaciones del Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso (TESSFP). Se preparó una solución de ácido acético (CH_3COOH de la marca Fermont) al 0.4 M y una solución de hidróxido de sodio (NaOH de la marca Jalmek) 1 M, para la formación de las perlas de quitosano. En cuatro vasos de precipitados, se pesaron 0.5 g de quitosano grado alimenticio en cada uno de ellos, a los cuales se añadieron 25 mL de la solución previamente elaborada de ácido acético, manteniéndolos bajo agitación continua por 1 h, a 65 °C y 150 rpm. Posteriormente se agregaron a cada vaso 50, 100, 200 y 400 μL de glicerol (de la marca Meyer), dejando en agitación por 1h más, las soluciones obtenidas se dejaron enfriar y reposar toda la noche. Al día siguiente con una bomba peristáltica se gotearon las soluciones de glicerol con quitosano en NaOH a razón de 3.4 mL / min. Una vez formadas las perlas se dejaron reposar por 3 h en la misma solución con agitación suave a 100 rpm aproximadamente, concluido el tiempo de agitación se filtraron las perlas y se

dejaron en agua desionizada por un periodo de 2 hrs., posteriormente se lavaron hasta conseguir un pH neutro. La nomenclatura utilizada para las perlas obtenidas fue P50, P100, P200 y P400, respectivamente. Por otro lado, las perlas obtenidas, se caracterizaron por espectroscopia de infrarrojo (FT-IR) y por microscopia de barrido (SEM).

Así mismo, todas las perlas (P50, P100, P200 y P400), fueron probadas para la remoción de cloruros, mediante el siguiente procedimiento, se realizaron cinéticas de sorción en una disolución acuosa de concentración de 65 mg/L, manteniendo una relación masa volumen de 1:100, a 25°C y 100 rpm. Los tiempos de contacto evaluados fueron desde 5 min., hasta 4 hr. Después de cada tiempo de contacto, las soluciones se separaron para determinar el contenido de cloruros por titulación y los datos obtenidos se ajustaron a los modelos cinéticos de Lagergren, Ho-McKay y Elovich (Ho, 2004).

RESULTADOS

De los resultados obtenidos para las perlas de quitosano con glicerol, se observa que en las primeras horas la adsorción de cloruros, aumentó rápidamente con el tiempo, alcanzando una remoción del 41% para las perlas P50, siendo el material más funcional para la remoción por fisisorción, como se muestra en la Tabla 1. Los datos obtenidos se ajustaron a los modelos cinéticos reportados en la literatura, siendo el modelo de Lagergren al que mejor se aproximan los datos experimentales, con una $q_e=26.223$ mg /g y R^2 de 0.969. Por otra parte, los datos cinéticos de los cloruros, se ajustaron a la ecuación de Elovich, de donde se obtuvieron los siguientes resultados: una β de 0.546 mg/g y una concentración de 1.9×10^6 mg/g hr, lo cual indica que este material presenta una constante de adsorción (α) mayor que la de desorción (β).

En el estudio realizado por Rozzains *et al.*, (2018) con hidrogeles de quitosano para la remoción de cloruros, se observó que la máxima adsorción fue hasta los 70 minutos, con una capacidad de adsorción cercana a 0.30 mg/g, en comparación con nuestro estudio se alcanzo una máxima adsorción a los 30 minutos con una capacidad de adsorción de 26.2 mg/g, por lo que las perlas de quitosano obtenidas presentan una capacidad de adsorción 80 veces mayor, sin embargo, cabe hacer

mención que la solución utilizada contenía solamente iones cloruro, a diferencia de la utilizada por Rozzains *et al.*, la cual contenía iones cloruro, ácido fúlvico y proteína.

Yoris *et al.*, (2024) mencionan en su investigación sobre la adsorción de cloruros con quitosano y fibra de algodón, que el quitosano es el mayor componente para remover los cloruros y factores como pH y temperatura afectan el proceso de adsorción de este ion. Demostrando este postulado con los resultados de la presente investigación, que son superiores a ellos.

Tabla 1. Adsorción de cloruros por perlas de quitosano a diferentes intervalos de tiempo.

Tiempo o (min)	P50*		P100*		P200*		P400*	
	qt	%Remoción	qt	%Remoción	qt	%Remoción	qt	%Remoción
	$\frac{mg}{g_{P50} \cdot L^{-1}}$		$\frac{mg}{g_{P100} \cdot L^{-1}}$		$\frac{mg}{g_{P200} \cdot L^{-1}}$		$\frac{mg}{g_{P400} \cdot L^{-1}}$	
5	18.762±0.6	30	12.384±0.80	19	2.468±3.502	4	0±0	0
	39		5					
10	19.142±0.2	30	16.930±0.47	27	9.794±0.061	16	4.637±0.04	7
	21		8				0	
15	26.298±3.3	41	24.3562±3.0	38	14.6113±0.2	24	14.963±0.1	22
	10		70		23		05	
30	26.298±3.3	41	21.688±0.86	35	14.6113±0.2	24	14.963±0.1	22
	10		4		23		05	
45	26.298±3.3	41	24.3562±3.0	38	14.6113±0.2	24	14.963±0.1	22
	10		70		23		05	
60	26.298±3.3	41	24.3562±3.0	38	14.6113±0.2	24	14.963±0.1	22
	10		71		23		05	
120	26.298±3.3	41	24.3562±3.0	38	14.6113±0.2	24	14.963±0.1	22
	10		72		23		05	
180	26.298±3.3	41	24.3562±3.0	38	14.6113±0.2	24	14.963±0.1	22
	10		70		23		05	
240	26.298±3.3	41	24.3562±3.0	38	14.6113±0.2	24	14.963±0.1	22
	10		70		23		05	

* Cantidad de glicerol en μL .

Por otro lado, se realizó la caracterización del material que presentó las mejores propiedades de adsorción, mediante las técnicas abajo mencionadas.

Caracterización de P50 por FT-IR

Los espectros de infrarrojo correspondientes a una perla de quitosano P50 y el quitosano de grado alimenticio se muestran en la Figura 1, el intervalo de medición fue de los 400 hasta los 4,000 cm^{-1} .

En el espectro del quitosano comercial se puede observar las bandas típicas de este material, siendo la más representativa de este polímero la ubicada aproximadamente en 3362 cm^{-1} , que corresponde al enlace N-H para la amida I, mientras que la banda a 2885 cm^{-1} , se asigna a los enlaces C-H. Por otro lado, la banda localizada a 1643 cm^{-1} , corresponde al estiramiento C=O de la amida I, mientras que la de 1591 cm^{-1} , se debe a la vibración de flexión del enlace NH-R de la amida II (Ibrahim *et al.*, 2017), además, la banda ubicada en 1380 cm^{-1} , corresponde a la deformación simétrica de los grupos CH_3 cm^{-1} . La señal a 1255 cm^{-1} se atribuye a la vibración del grupo C-O correspondientes al glicerol, mientras que la de 1022 a 1070 cm^{-1} se asigna al enlace glicosídico C-O-C del quitosano.

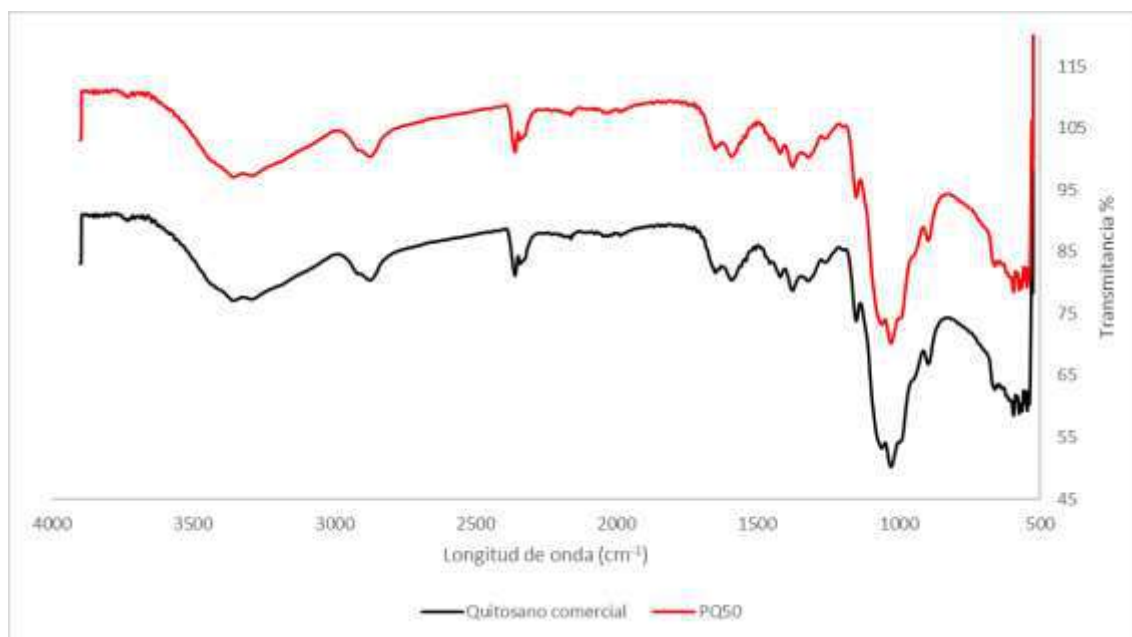


Figura 1. Espectro de FT-IR correspondiente a la perla de quitosano P50 (línea roja) y quitosano comercial (línea oscura), antes del proceso de adsorción de cloruros.

Caracterización de P50 por SEM

En el análisis elemental (EDS), se encontró la presencia de C y O, pertenecientes al quitosano y glicerol. La observación de la morfología se realizó a 80X (Figura 2), donde se observa una superficie rugosa con pliegues y pequeñas partículas en toda la superficie de la perla atribuidas al glicerol. Mientras que el tamaño promedio de perla fue de 3.5 ± 0.01 mm, no se observaron deformaciones ni rupturas en las perlas.

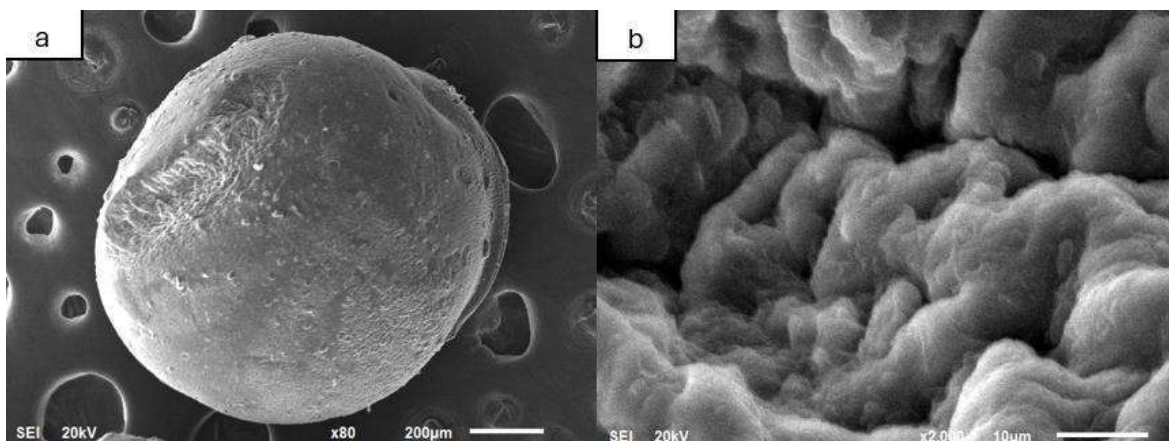


Figura 2. Imágenes de perla de quitosano P50, a) 80 X, b) 2000X.

CONCLUSIONES

Dentro de los modelos teóricos de adsorción, el modelo de Lagergren es el que mejor describe la adsorción de los cloruros sobre las perlas con glicerol, sin embargo, se encuentra reportado en la literatura que el modelo de pseudo-primer orden, es el más adecuado para describir el comportamiento cinético de la adsorción de cloruros para un sistema intermitente, en lote o batch, por lo que el fenómeno que se presenta en las perlas de quitosano-glicerol es la fisisorción, dando la opción de poder reutilizar las perlas mediante su regeneración.

Las P50 presenta una velocidad mayor de adsorción de cloruros que la P400, los resultados que se observan indican que es un material efectivo y de bajo costo para la remoción de este ion.

AGRADECIMIENTOS

Al TESSFP por las instalaciones para la realización del proyecto.

LITERATURA CITADA

- Colmenares M. C. y Mare E. (2017). Remoción de iones cloruros presentes en efluentes utilizando hidrotalcitas como materiales adsorbentes. *Revista Ingeniería UC*, 24(2), 204-217.
- Ho Y.S. (2004). Selection of optimum sorption isotherm. *Carbon*, 42(10), 2115-2116.
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2004Carbo..42.2115H/abstract#:~:text=10.1016/j.carbon.2004.03.019>
- Kumar, S. (2023). Smart and innovative nanotechnology applications for water purification. *Hybrid Advances*, 3, 100044.
<https://doi.org/10.1016/j.hybadv.2023.100044>
- Ibrahim, A. G., Elgammal, W. E., Hashem, A. H., Mohamed, A. E., Awad, M. A., & Hassan, S. M. (2024). Development of a chitosan derivative bearing the thiadiazole moiety and evaluation of its antifungal and larvicidal efficacy. *Polymer Bulletin*, 81(2), 1303-1325. <https://doi.org/10.1007/s00289-023-04765-x>
- Rossainz, C. L. G.; De la-Rosa, G. I.; Carreño-De León, M. C.; Martínez G.S. (2018). Hidrogeles de quitosano para la recuperación de compuestos orgánicos e inorgánicos en agua. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, 6(31), 1-9.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-97532018000100004&lng=es&tlng=es.
- Sathasivan, A.; Herath, B. S.; Senevirathna, S. T. M. L. D.; Kastl, G. (2017) Dechlorination in Wastewater Treatment Processes. *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*, 359-380.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63665-2.00014-X>
- Yoris, S. F. (2024). Evaluación del uso de algodón funcionalizado con quitosano para remoción de cloruros en agua. Universidad de los Andes. Disponible en: <https://hdl.handle.net/1992/74581>

PERSISTENCIA DE LEGUMINOSAS DE COBERTURA EN PLANTACIONES DE NARANJA VALENCIA EN VERACRUZ

Cristian Matilde Hernández^{1*}, Javier Francisco Enríquez Quiroz², Valentín Alberto Esqueda Esquivel³, Felipe Roberto Flores de la Rosa¹, Humberto José Estrella Maldonado¹, Ricardo Santillán Mendoza¹

¹INIFAP-CIRGOC, Campo Experimental Ixtacuaco, ²INIFAP-CIRGOC, Campo Experimental La Posta y ³INIFAP-CIRGOC, Campo Experimental Cotaxtla. *Autor de Correspondencia:

matilde.cristian@inifap.gob.mx

RESUMEN

México es el cuarto productor mundial de naranjas, con más de 349,339 hectáreas en cultivo distribuidas en más de 15 estados. En 2022, se cosecharon aproximadamente 4.85 millones de toneladas, siendo Veracruz el principal productor con 2.5 millones de toneladas. El valor de la producción en 2022 fue de 16,142 millones de pesos, y las exportaciones alcanzaron cerca de 50 millones de dólares. Los agroquímicos son comunes en estos cultivos, pero el uso de leguminosas de cobertura se presenta como una alternativa ecológica, aportando materia orgánica, fijando nitrógeno y controlando la erosión.

Las leguminosas sembradas como cultivos de cobertura en huertas de cítricos y otras especies arbóreas, se caracterizan por sus funciones más amplias y multipropósitos, las cuales incluyen la supresión de malezas, conservación de suelo y agua, control de plagas y enfermedades y alimentación humana y animal. Un aspecto importante es que estas leguminosas sean persistentes y puedan mantener su cobertura en el tiempo, por lo anterior el objetivo de este ensayo fue evaluar la persistencia de leguminosas de cobertura, como alternativa para evitar la utilización de herbicidas en plantaciones de Naranja valencia. La evaluación se realizó 21 meses posteriores a la siembra de las leguminosas, a inicio de la época de lluvias en el mes de junio 2023, la huerta tiene árboles de 27 años de edad. Se evaluaron 10 tratamientos en donde se midió: altura, cobertura y acumulación de biomasa aérea y biomasa muerta, mantillo o “mulch”, bajo un diseño en bloques al azar con

tres repeticiones. Dos años después de la siembra, las leguminosas que destacaron por su capacidad de suprimir malezas, persistencia y aportación de materia orgánica fueron *Pueraria phaseoloides* (kudzu), *Neonotonia wightii* (soya perenne) y *Centrosema pubescens* (centro), tanto solas como en combinación. Estas leguminosas pueden ser una opción viable para reducir el uso de herbicidas en plantaciones de cítricos, promoviendo un ambiente agroecológico más amigable y sostenible.

Palabras Clave: *Arvenses, Mantillo, Clitoria ternatea, Arachis pintoii, Centrosema.*

INTRODUCCIÓN

México es el cuarto productor de naranja en el mundo, después de China, Brasil e India; cuenta con una extensión de más de 349,339 hectáreas establecidas en más de 15 estados de la república mexicana, en los cuales en el año 2022 se cosecho un volumen aproximado 4.85 millones de toneladas. Veracruz es el principal productor nacional de este cítrico, con 2.5 millones de toneladas, que representa más del 50% de la producción nacional. Otros estados importantes en la producción de este fruto son: Tamaulipas, Puebla, San Luis Potosí y Nuevo León. La superficie de este cultivo se ha mantenido estable, y en ella se cosechan en promedio 14.4 toneladas por hectárea. El valor de la producción de esta fruta en 2022 fue de 16,142 millones de pesos, con un valor de las exportaciones cercano a los 50 millones de dólares (SIAP, 2023).

El uso de agroquímicos utilizados en las plantaciones de cítricos es importante para obtener una productividad alta (Pérez-López et al., 2014; Fernández-Lambert et al., 2017); sin embargo, una de las alternativas biológicas que pueden ser útiles en el control de arvenses, son el uso de leguminosas de cobertura que, por su tipo de crecimiento rastrero y rapidez de cobertura del suelo, permiten controlar las arvenses, aportar materia orgánica, fijar nitrógeno y proteger el suelo y así, evitar la erosión, además de otras características deseables, por lo que se considera una de las opciones más viables para mantener un ambiente agroecológico más amigable para el ecosistema y sin riesgos a la salud de las personas (Pound, 1999; Sandoval

y Cortés, 2004). Es muy importante que las leguminosas de cobertura tengan un crecimiento rápido para que puedan competir ventajosamente con las arvenses y tengan cierto grado de tolerancia al sombreado (Curti-Díaz et al., 2000; Enríquez et al., 2016), y un aspecto importante es que estas leguminosas sean persistentes y puedan mantener su cobertura en el tiempo. El objetivo de este ensayo fue determinar la persistencia de leguminosas de cobertura como una alternativa para evitar la utilización de herbicidas en plantaciones de cítricos.

MATERIALES Y MÉTODOS

En septiembre de 2021 se establecieron dos experimentos, de los cuales uno se realizó en una plantación de Naranja Valencia, localizada en el rancho Lomas de Arena, situada en el municipio de Martínez de la Torre, Veracruz, México, a los 20°10'01" de latitud Norte, y 97°06'20" de longitud Oeste a una altitud de 103 m. El rancho Lomas de Arena se localiza a 12 km de Martínez de La Torre antes de llegar a la localidad Balsas de Agua, a mano izquierda, inmediatamente después del panteón de Manantiales. Las condiciones climáticas de la región según García (2004) son: clima cálido-húmedo con 24°C de temperatura media y 1,980 mm de lluvia anual, sin estación seca definida.

El suelo donde se desarrolla este cultivo es de textura franco, con pH de 5.84 (moderadamente ácido), libre de salinidad y carbonatos totales. Los contenidos de materia orgánica y fósforo son moderadamente bajos con 1.71% y 18.8 ppm, respectivamente, y bajo en potasio con 117 ppm. Para llegar al lote experimental, por dentro del rancho, se recorren aproximadamente 4 km de terracería en donde se sitúa el experimento de leguminosas de cobertura en naranja. El experimento se realiza, en una plantación de naranja Valencia de 34 años de establecida, la cual se encuentra sembrada a distancias de 4 metros entre árboles y 8 metros entre hileras de árboles, los cuales tienen una altura aproximada de 8 a 10 metros y se manejan con poda lateral severa realizada en 2019; los diferentes tratamientos se establecieron sobre el espacio o calle entre dos hileras de árboles.

Se evaluaron 14 tratamientos, que incluyeron siete especies de leguminosas sembradas individualmente y cuatro tratamientos con las leguminosas combinadas, una denominada “coctel” incluyó una mezcla de todas las especies; además, un tratamiento de rastreo, otro con una aplicación anual de herbicida (glifosato) y el testigo enhierbado. En este trabajo, la evaluación correspondió al desarrollo de las coberturas a 21 meses después de la siembra realizada en septiembre del 2021, y cuyos resultados del establecimiento y un corte de producción de biomasa fueron registrados por Matilde-Hernandez et al. (2022); Matilde et al. (2023). Durante los meses de enero a mayo del 2023, las leguminosas de cobertura permanecieron en campo sin disturbio hasta principios de junio 2023, que reiniciaron su desarrollo, por lo que se procedió a registrar la acumulación de biomasa aérea y biomasa muerta, mantillo o “mulch”, para ello se registró la altura y cobertura de plantas, y se cosecho la biomasa aérea verde producida en 1 m², con lo cual se calculó la biomasa verde presente por hectárea de cada uno de los tratamientos evaluados (Toledo y Schulze-Kraft 1982). Mientras que la disponibilidad de mantillo o mulch fue estimada mediante muestreos realizados en la misma área de donde se tomó la biomasa aérea, considerando un marco de muestreo de 50 X 50 cm (0.25 m²) en cada una de las cuatro repeticiones, recolectando todo el material muerto o mulch presente, el cual se pesó y posteriormente se tomó una muestra de 200 g para su secado y posterior determinación de materia seca, con los datos obtenidos se calculó la acumulación de mantillo o mulch. Los resultados se analizaron mediante un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones con PROC GLM de SAS, y para la comparación de medias en los casos pertinentes se utilizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad (SAS Institute, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de biomasa en naranja junio 2023

Se realizó una evaluación de las leguminosas de cobertura, considerando las variables de altura y cobertura, así como la producción de biomasa verde y “mulch” de las especies que aún continúan disponibles, es de importancia señalar que hubo tres tratamientos que por ser de ciclo anual en poco más de un año desaparecieron

de las parcelas y estas fueron: picapica mansa (*Mucuna pruriens*) y dolichos (*Lalab purpureus*), y la combinación de estas dos especies; por lo que después de casi dos años de haber sido sembradas, se presentan los resultados de las leguminosas perennes a continuación:

Este experimento muestra condiciones ambientales muy particulares que están dadas por lo siguiente: es una plantación de naranja que tiene más de 20 años de haber sido establecida, por lo que la altura de las plantas es mayor de 8 m, aunque ha recibido podas laterales estas de una u otra forma se desarrollan para cubrir el espacio que queda libre, propiciando un mayor sombreo bajo su dosel, aunque el área de sombreo del cultivo varía a través del año de acuerdo a las posiciones del sol en las diferentes épocas, esto propicia una menor o mayor penetración de los rayos solares, situación que afecta el desarrollo normal de las plantas que se desarrollan bajo el dosel (caso de las leguminosas u otras plantas) del cultivo principal, por lo que tienen que tener algún nivel de tolerancia para soportar y persistir bajo estas condiciones.

Altura de leguminosas y maleza

Los resultados en altura, cobertura y malezas de las plantas de esta evaluación se presentan en el Cuadro 1, en donde se observa que hubo diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$), la mayor talla la alcanzo clitoria, con 54 cm y la más baja correspondió a cacahuatillo con 21 cm, mientras que las alturas de malezas fueron más altas con 73 a 27 cm, sin presentar diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos, en general tanto las leguminosas como las malezas tuvieron alturas que pueden considerarse como intermedias, de acuerdo a los resultados reportados por Enriquez et al., (2023), con relación a las alturas máximas alcanzadas en una huerta de limón persa en la cual se evalúan estos mismos tratamientos, en donde se indican alturas máximas 80 y 90 cm para las leguminosas y malezas, respectivamente, la diferencia encontrada obedece múltiples factores como tiempo de crecimiento, especies de leguminosas y malezas y muy posiblemente en este caso se atribuya a las diferencias en el nivel de sombreo que ejerce el cultivo de naranja sobre la cubierta vegetal bajo el árbol.

Cuadro 1. Altura y cobertura de plantas de malezas (cm) en diferentes tratamientos en plantaciones de naranja, en Martínez de la Torre, Ver.

Tratamientos - Especies	Altura de leguminosa (cm)	Altura de malezas (cm)	Cobertura de leguminosas (%)	Cobertura de malezas (%)
Cacahuatillo + Clitoria	27bc	32 a	95 a	5 c
<i>Centrosema pubescens</i> (Centro)	27 bc	27 a	99 a	1 c
<i>Arachis pinto</i> (Cacahuatillo)	21cd	40 a	95 a	5 c
<i>Clitoria ternatea</i> (Clitoria)	54 a	73 a	43 ab	53 b
Rastreo	0 c	42 a	0 b	100 a
<i>Pueraria phaseoloides</i> (Kudzú)	52 a	0 a	100 a	0 c
<i>Neonotonia wightii</i> (Soya perenne)	42 abc	38 a	99 a	1 c
Kudzú + Centro + Soya perenne	50 ab	0 a	100 a	0 c
Coctel (Todas las leguminosas)	42 abc	29 a	100 a	0 c
Glifosato	0 c	38 a	0 b	97 a
Testigo enhierbado	0 c	38 a	0 b	96 a

Letras diferentes entre columnas indican diferencias entre tratamientos Tukey ($p < 0.05$).

Cobertura aérea de leguminosas y maleza en naranja

Con respecto a la cobertura del suelo de la cubierta vegetal bajo los árboles de naranja, esta fue diferente ($P < 0.05$) entre tratamientos, en donde siete tratamientos con leguminosas tuvieron coberturas del 95 al 100%, y solamente el tratamiento con *Clitoria ternatea* registro 43% de cobertura del suelo, lo que posiblemente se debe a que esta leguminosa se encuentra en un proceso de desaparición de la parcela, o bien se encuentra en la fase terminal de su ciclo biológico. Al parecer el sombreado fue benéfico para desplazar o eliminar la cobertura de maleza en todos los tratamientos, ya que los valores fueron bajos, los tratamientos testigo, rastreo y glifosato, que tuvieron valores de cobertura de 96 a 100 %, sin embargo, *Clitoria ternatea* al no tener una amplia cobertura, dio espacio a la presencia de maleza con

el registro de la más alta cobertura de 53% de maleza, tal como se observa en el Cuadro 1.

Producción de materia seca de leguminosas

La materia seca disponible de biomasa verde de leguminosas se presenta en el Cuadro 2, en donde la combinación de especies de leguminosas kudzu-centro soya, fue la que alcanzo el rendimiento más alto con 3399 kg/ha de materia seca, estas leguminosas desde hace años son consideradas y recomendadas como importantes para su uso como cultivos de cobertura en plantaciones de hule, palma africana, cítricos y otros cultivos arbóreos (Peters et al., 2011; Lesueur et al., 2011), lo que se debe a su capacidad de tolerar niveles altos de sombra, con un excelente comportamiento productivo, tanto en monocultivo como en asociación, tal como se muestra en el Cuadro 2, además de la combinación de todas las leguminosas denominadas como “coctel”, tuvieron rendimientos similares ($P>0.05$) al obtenido con kudzu.

Con relación a la biomasa producida de maleza, el valor más alto fue de 2394 kg/ha de materia seca, que tuvo Clitoria ternatea, el resto de las leguminosas tuvo valores entre 246 y 1631 kg/ha de materia seca; mientras que el testigo, glifosato y rastreo, tuvieron valores de 616 a 917 kg/ha de materia seca de maleza, aunque es necesario señalar que la acumulación de biomasa de todos estos tratamientos es considerada baja, ya que a finales del mes de mayo empiezan el periodo de lluvias y recién estaban reactivando su crecimiento y prácticamente tuvieron un mes para obtener esa cantidad de rebrote el cual es debido a mejoras en las condiciones ambientales.

Cuadro 2. Producción de materia seca (MS) de leguminosas, malezas y mulch, en plantaciones de limón persa después al inicio de la época de lluvias en junio 2024.

Tratamiento - Especies	Materia seca(kg/ha)		
	MS Leguminosa	MS Maleza	Mulch o mantillo
Cacahuatillo + Clitoria	1878 abc	1631ab	2533 ab
<i>Centrosema pubescens</i> (Centro)	1383 bcd	1004 ab	2667 a
<i>Arachis pintoi</i> (Cacahuatillo)	2014 abc	1597 ab	1200 ab
<i>Clitoria ternatea</i> (Clitoria)	1093 cd	2394 a	2667 a
Rastreo	0 d	813 ab	1333 ab
<i>Pueraria phaseoloides</i> (Kudzú)	2695 abc	0 b	2000 ab
<i>Neonotonia wightii</i> (Soya perenne)	1870 abc	390 ab	1867 ab
Kudzú + Centro + Soya perenne	3399 a	352 ab	2133 ab
Coctel (Todas las leguminosas)	3044 ab	246 ab	2400 ab
Glifosato	0 d	967 ab	933 b
Testigo enhierbado	0 d	616 ab	933 b

Letras diferentes entre columnas indican diferencias entre tratamientos Tukey ($p < 0.05$).

Acumulación de materia muerta, mulch o mantillo en el suelo

Una vez realizado el corte de la materia verde presente en el dosel de las leguminosas en evaluación, se procedió a recoger el material muerto, mulch o mantillo presente en el suelo. Los resultados muestran diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos, en donde la más alta acumulación de mantillo se obtuvo en los tratamientos de *Clitoria ternatea* y *Centrosema pubescens*, que coinciden con haber obtenido las mayores acumulaciones de maleza, en donde la combinación de mantillo de la leguminosa y maleza tuvo una aportación importante, en donde dicho mantillo, sea de menor calidad y aportación de nutrientes al suelo. El resto de los tratamientos de leguminosas aportaron cantidades variables de mantillo con valores que oscilaron de 1867 a 2533 kg/ha, sin diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$). Los tratamientos testigo, rastreo y glifosato, reportaron valores de 933 a 1333 kg/ha de mantillo, como se puede ver en el Cuadro 2.

CONCLUSIONES

Dos años después de la siembra, las leguminosas *Pueraria phaseoloides* (kudzu), *Neonotonia wightii* (soya perenne) y *Centrosema pubescens* (centro) demostraron ser particularmente eficaces en la supresión de malezas, persistencia y en la aportación de materia orgánica al suelo, tanto en cultivos individuales como en combinación. Estas leguminosas sobresalieron por su capacidad de adaptación a las condiciones de sombra y su resistencia a lo largo del tiempo. La implementación de estas especies como cubiertas vegetales en las plantaciones de cítricos no solo reduce la dependencia de herbicidas, sino que también contribuye significativamente a la salud del suelo y a la sostenibilidad ambiental. Este enfoque agroecológico promueve prácticas agrícolas más amigables con el ecosistema, mejorando la productividad y protegiendo la salud de las personas. El uso de las leguminosas de cobertura ofrece una solución viable y ecológica para mantener la producción de cítricos en México, beneficiando tanto a los agricultores como al medio ambiente.

LITERATURA CITADA

- Curti-Díaz. S. A., X. Loredó-Salazar, U. Díaz-Zorrilla., J. A. Sandoval Rincón. y J. Hernández H. 2000. Tecnología para producir limón persa. Libro Técnico Núm. 8. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Ixtacuaco. Martínez de la Torre, Ver., México. 144 p.
- Enríquez, Q. J. F., V. A. Esqueda E., F. E. Cab J. y J. F. Villanueva A. 2016. Banco de germoplasma de especies forrajeras tropicales del INIFAP en Veracruz. Libro Técnico Núm. 38. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Medellín de Bravo, Veracruz, México. 106 p.
- Enríquez Q. J. F, C. Matilde H., V. A. Esqueda E. y U. A. Díaz Z. 2022. Establecimiento y producción de biomasa de leguminosas de cobertura en plantaciones de limón persa. p. 380-387. In: Zetina L. R., O. H. Tosquy V.,

- M. V. Vázquez H., A. L. Del Ángel P. V. A. Esqueda E. y C. Perdomo M. (comps.). Investigaciones Científicas y Tecnológicas para la Seguridad Alimentaria Veracruz. Año 1, No. 1.
- Enríquez-Quiroz J., Matilde-Hernandez C. y Esqueda-Esquivel V. 2023. Supresión de malezas con leguminosas de cobertura en plantaciones de limón persa en Veracruz. XIII Reunión Nacional de Investigación Agrícola. Memoria. Chihuahua, Chih., 8 - 11 de noviembre de 2023. pp. 311-313.
- Fernández-Lambert, G., A. Aguilar-Lasserre, C. Azzaro-Pantel, M. A. Miranda A., R. Purroy V. y M. R. Pérez-Salazar. 2017. Behavior patterns related to the agricultural practices in the production of Persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka) in the seasonal grove. *Comput. Electron. Agric.* 116:162-172.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana). 4ªed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- Lesueur J. M., Le Bellecb F., Lavigne Ch., Achardc R. y Malézieuxd E. 2011. Choosing cover crops to enhance ecological services in orchards: a multiple criteria and systemic approach applied to tropical areas. *Procedia Enviromental Sciences* 9:104-112.
- Matilde-Hernandez C., Enríquez-Quiroz J. F, Esqueda-Esquivel V.A. 2022. Leguminosas de cobertura en plantaciones de naranja cv. Valencia para Controlar maleza en Veracruz. In: Uresti G. J y Reyes M. L. (comps.). XII Reunión Nacional de Investigación Agrícola. Memoria. Villahermosa. Tabasco, 9 - 12 de noviembre de 2022. 99 462-469.
- Matilde H. C., Enríquez Q. J. F, Esqueda E.V.A. 2023. Supresión de malezas con leguminosas de cobertura en plantaciones de naranja cv. Valencia. In: "Ciencia y tecnología para un campo productivo y sustentable". Veracruz 2023. pp. 865-874.

- Mulinge J. M., H. M. Saha, L. G. Mounde and L. A. Wasilwa. 2018. Effects of legume cover crops on orange (*Citrus sinensis*) fruit weight and brix. *Int. J. Plant Soil Sci.* 21(4):1-9.
- Pérez-López, M., F. González-Torralva, H. Cruz-Hipólito, F. Santos, J. A. Domínguez-Valenzuela y R. De Prado. 2014. Characterization of glyphosate-resistant tropical sprangletop (*Leptochloa virgata*) and its alternative chemical control in Persian lime orchards in Mexico. *Weed Sci.* 62:441-450.
- Peters, M., Franco, L. H., Schmidt, A. e Hincapié, B. 2011. Especies forrajeras multipropósito: opciones para productores del trópico americano. Centro Internacional de Agricultura Tropical. BMS/gtz. Cali, Colombia. 214 p.
- Pound, B. 1999. Cultivos de cobertura la agricultura sostenible en América Latina. p. 97-120. In: Agroforestería para la producción animal en América Latina. Memorias de una conferencia electrónica realizada de abril a septiembre de 1988. Food and Agriculture Organization. Roma, Italia.
- Sandoval, R. J. A. y M. F. Cortés M. 2004. Leguminosas de cobertura asociadas a naranjo 'Valencia' en huertas establecidas en ladera. p. 95-104. In: Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano. Libro Científico No. 1. INIFAP, CP, ITA No. 18, ITMAR, No.1, UACH, UV. Veracruz, Ver., México.
- SAS Institute. 2003. SAS Language: Release 8.2 for Windows. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- SEGOB (Secretaría de Gobernación). 2020. Diario Oficial de la Federación. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609365&fecha=31/12/2020 [consultado el 15 de mayo de 2021].
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Panorama agroalimentario 2023. Agricultura. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. 215 p.

Toledo, J. M. y R. Schulze-Kraft. 1982. Metodología para la evaluación de pastos tropicales. p. 91-110. In: Toledo, J. M. (ed.). Manual para la evaluación agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.

PERSPECTIVAS DE LA TEORIA DE LA LOCALIZACIÓN, SUS BIENES Y SERVICIOS COMERCIALES EN MÉXICO

Contreras Contreras Alondra¹, Belmán González Mariana Jocelyn², Vazquez Huerta María Estrella³, Torres Muñiz Dana Paola⁴.

¹Estudiante de Ingeniería en Gestión Empresarial. Tecnológico Nacional de México-Roque.

Carretera Celaya-Juventino Rosas Km. 8. CP 38110. Celaya, Gto. ²Tecnológico Nacional de México-Roque. Carretera Celaya-Juventino Rosas Km. 8. CP 38110. Celaya, Gto. Autor

de correspondencia: I23980604@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El estudio realizado en el TeNM campus Roque tiene como objetivo principal analizar la percepción de los estudiantes sobre los bienes y servicios comerciales en México y su influencia en la localización de industrias. El estudio se dividió en tres tópicos principales: teoría de la localización, bienes y servicios, y comercio. El primer tópico, la teoría de la localización, El segundo tópico, bienes y servicios, se centró en analizar la importancia de los servicios privados no financieros y el tercer tópico, el comercio, se enfocó en analizar el papel del comercio internacional en el desarrollo económico de México. Con lo anterior se buscó evidenciar la importancia de considerar factores económicos, sociales y geográficos al analizar la localización de industrias. Los estudiantes demostraron una comprensión de los desafíos y oportunidades que enfrenta México en el contexto de la globalización y la necesidad de un desarrollo económico sostenible que beneficie a la población.

ABSTRACT

The main objective of the study carried out at the TeNM Roque campus is to analyze the perception of students about commercial goods and services in Mexico and their influence on the location of industries. The study was divided into three main topics: location theory, goods and services, and trade. The first topic, location theory, the second topic, goods and services, focused on analyzing the importance of non-financial private services and the third topic, trade, focused on analyzing the role of

international trade in development. economic of Mexico. With the above, we sought to demonstrate the importance of considering economic, social and geographical factors when analyzing the location of industries. Students demonstrated an understanding of the challenges and opportunities that Mexico faces in the context of globalization and the need for sustainable economic development that benefits the population

INTRODUCCION

Teoría de la localización, los autores Muñiz y Chavarria (2016), explican que la teoría localización y concentración de la actividad económica responde a muchos factores —algunos de ellos positivos y otros negativos— que desde la perspectiva de la teoría económica provocan economías de aglomeración. Uno de los elementos desfavorecedores y que provocan externalidades negativas son el crimen y la violencia. En la (página rabbit) nos dice que, el concepto económico es que el principal objetivo es estudiar el patrón de concentración industrial geográfica en el lado mexicano de la región de la frontera México-Estados Unidos como un medio para investigar los factores que influyen en la localización de las empresas industriales en la región y los efectos (2022). Bienes y Servicios Como concepto económico uno de los principales sectores es que el sector de los servicios privados no financieros representa un campo de gran relevancia para el crecimiento económico y social de México debido a la cantidad de empleos que genera. Concretamente, el subsector de servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles aporta la mayor cantidad de ingresos para el sector de servicios privados no financieros. Comercio Como concepto económico uno de los principales sectores es que el comercio internacional es un instrumento muy importante para el crecimiento y desarrollo económico de México, es un sector generador de divisas y empleo, y además atrae inversión e impulsa la producción de bienes. Ha tenido altas tasas de crecimiento en los últimos lustros. La ventaja comparativa de los países el principio de la ventaja comparativa Para el autor Paul A. Samuelson nos explica en el su libro titulado Economía quinta edición que es sencillamente de sentido común que los países producen y exportan bienes para

los que están excepcionalmente cualificados. Pero existe un principio más profundo que subyace a todo el comercio al que tiene lugar en el seno de una familia, dentro de un mismo país y entre los países y que va más allá del sentido común. Según el principio de la ventaja comparativa, un país puede beneficiarse del comercio incluso aunque sea, en términos absolutos, más eficiente (o menos eficiente) que otros en la producción de todos los bienes. De hecho, según la ventaja comparativa el comercio reporta muchos beneficios a todos los países uno de los principales análisis del comercio y de los aranceles basados en la oferta y la demanda Para el autor William D. Nordhaus nos comenta en su libro titulado Economía Decimoséptima edición que la teoría de la ventaja comparativa puede aclararse por medio del análisis de la oferta y la demanda de bienes en el comercio exterior. No obstante, Ingreso-Producto, en el libro titulado México, La política del Noveno gobierno escrito por el Banco Nacional De comercio Exterior nos explica que el ingreso- producto se refiere, en principio, a las actividades cuyo fruto es llevado al mercado. Diversas modalidades de producción para autoconsumo son, sin embargo, tomadas en cuenta a través de estimaciones imputaciones de valores, especialmente en el sector agrícola. Tal fenómeno asume gran importancia en las áreas subdesarrolladas, donde una fracción importante de las actividades económicas rurales se da al margen de la economía de mercados. Revolución industrial en E.U Para el profesor Daniel Wren hizo la descripción de que la Revolución Industrial en Estados Unidos se vio impulsada por la máquina de vapor de James Watt, que permitió una mayor eficiencia y energía más barata, lo que a su vez facilitó la producción masiva de productos a precios inferiores. Esto también permitió que las fábricas se ubicaran lejos de los ríos, lo que tuvo un profundo impacto en el desarrollo del país. En cuanto al transporte, comenzó a expandirse con el desarrollo de canales en 1755 y el primer ferrocarril en Norteamérica en 1815, gracias al coronel John Stevens. El auge ferrocarrilero de fines de 1840 llevó a la creación de grandes compañías ferrocarrileras que abarcaron cientos de millas, convirtiéndose en el primer "gran negocio" de Norteamérica y planteando nuevos desafíos en control y comunicación. Desarrollo comercial y concentración urbana Para el autor Arias Galicia Fernando en su libro Administración de los recursos humanos nos explica que, el desarrollo

del sector comercial se ha localizado en las rápidamente crecientes zonas de concentración urbana, donde habita la mayor parte de la población de los estratos medio y superior de ingreso personal Estructura económica Y modelos económicos Para los autores Lesli W. Rue y Byars Lloyd L quienes en su libro titulado Administración, Teoría, Aplicaciones, quienes describen que el estudio de los fenómenos económicos enfrenta desafíos significativos debido a la imposibilidad de realizar experimentos controlados en laboratorios. Los economistas deben utilizar el sistema económico real como su "laboratorio", lo que presenta limitaciones debido a los altos costos y la dificultad para controlar variables y aislar factores específicos. Además, es imposible mantener constantes ciertos factores mientras se varían otros, lo que impide realizar análisis precisos En consecuencia, los economistas no pueden aislar una comunidad dinámica en movimiento constante y someterla a diferentes acciones de políticas económicas para observar sus reacciones y medir sus aciertos o desaciertos. Esto limita la capacidad de los economistas para realizar investigaciones exhaustivas y precisas, lo que hace que el estudio de la economía sea especialmente complejo y desafiante.

Teoría Del ciclo económico real. Para el autor Arias Galicia Fernando en una parte de su libro titulado Administración de los recursos humanos nos hace la menciona de que las fluctuaciones en el PIB real y en el empleo no son ocasionadas por una política monetaria equivocada, sino por impactos reales en la economía, como pueden ser los cambios en gustos y tecnología. La orientación fundamental de la estrategia económica Para el autor William a Mceacherm nos menciona que al reconocer que "no es cierto que exista un dilema inevitable entre la expansión económica y la redistribución del ingreso", sino que "se requiere aumentar el empleo y los rendimientos con mayor celeridad que hasta el presente... compartir el ingreso con equidad y ampliar el mercado interno de consumidores, [siendo] preciso igualmente distribuir: distribuir el bienestar, la educación y la técnica", el Presidente de México anunció la orientación fundamental de la estrategia económica de su gobierno: conseguir, simultáneamente, un acelerado ritmo de expansión económica y una repartición más equitativa de los frutos del progreso económico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó de manera cuantitativa, cualitativa, mixto donde el formulario en la App google forms donde se realizaron 20 preguntas de opción múltiple y 1 abierta en escala Iker (Que está partido en 2). La muestra consistió en 210 personas con un ítem de dos formularios el primero de los bienes y servicios y el segundo de teoría de la localización. De acuerdo a los meses agosto-noviembre del año 2024. Se seleccionaron 3 tópicos. En el primer tópico se analizó los factores positivos y negativos que provocan economías de aglomeración. En el segundo tópico los servicios privados no financieros. Tercer tópico comercio analizando el comercio internacional y las perspectivas del comercio en México, logrando tener un desempeño fuerte de los sectores antes mencionados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 1. Porcentajes de factores de la teoría de la localización

Núm.	Pregunta	Respuesta	%
1.	Carrera	IGE	53%
2.	Edad	19-21	57%
3.	Semestre	3RO	53%
4.	Género	MUJER	71%
5.	Contribucion del desarrollo	NI DE ACUERDO	32%
6.	Crecimiento en las ciudades en México	DE ACUERDO	39%
7.	Centros comerciales y servicios en México	DE ACUERDO	28%
8.	Infraestructura de transporte en méxico	NI DE ACUERDO NI DESACUERDO, DEACUERDO	64%
9.	Acceso mano de obra barata	DE ACUERDO	50%
10.	Proximidad a la frontera de eu	DE ACUERDO	35%
11.	Favorecimiento de la locacion de industrias	NI DE ACUERDO NI DESACUERDO, DEACUERDO	42%
12.	Costos de transporte en la ubicación de fabricas de distribucion en mexico	DE ACUERO	39%
13.	Localizacion de zonas urbanas de Mexico	DE ACUERDO	35%
14.	Proximidad de recursos natuales	NI DE ACUERDO NI DESACUERDO, DEACUERDO	35%

El estudio se realizó de acuerdo a los meses agosto-noviembre del año 2024. Se seleccionaron tres tópicos Teoría de la localización, comercio, bienes y servicios. En el primer tópico se analizó los factores positivos y negativos que provocan economías de aglomeración. En esta tabla se identifican los primeros tópicos que consistieron en explicar las características de la población; las Carreras que fuero la edad entre 19- 21 años, con alumnos de tercer semestre y género mayormente mujeres. La segunda parte se preguntó la contribución y desarrollo, crecimiento de las ciudades hasta la proximidad de recursos naturales.

Cudro 2. Los servicios privados

Núm.	Pregunta	Respuesta las votada	%
1.	Carrera	IGE	51%
2.	Edad	19 Años	41%
3.	Semestre	Tercero	51%
4.	Genero	Mujer	69%
5.	Accesibilidad De Servicios Financiero	Ni De Acuerdo Ni En Desacuerdo	41%
6.	Infraestructura De Distribución De Bienes En México	Ni De Acuerdo Ni En Desacuerdo	28%
7.	Variedad De Bienes Y Servicios En México	De Acuerdo	38%
8.	Calidad De Transportes Públicos En México	Ni De Acuerdo Ni En Desacuerdo	33%
9.	Accesibilidad De Precios De Alimentos En México	Ni De Acuerdo Ni En Desacuerdo	41%
10.	Distribución Equitativa De Servicios Educativos En México	Ni De Acuerdo Ni En Desacuerdo	35%
11.	Acceso De Vienes Tecnológicos En México	De Acuerdo	35%
12.	Calidad De Servicios De Salud Publica En México	De Acuerdo	43%
13.	Precios De Servicios Básicos En México	Ni De Acuerdo Ni En Desacuerdo	46%
14.	Disponibilidad De Bienes De Consumo Básico En México	Ni De Acuerdo Ni En Desacuerdo	35%

En la Cuadro 2, se identifican los segundos tópico de los servicios privados no financieros. Tercer tópico comercio analizando el comercio internacional, las perspectivas del comercio en México. (Tabla tenemos que explicar eso los tópicos o como es que consideran, lleva el tópico en números). Por ende la tabla Para este propósito se procedió a evaluar de manera cuantitativa a través de un formulario en la App google forms donde se realizaron 10 preguntas de opción múltiple en escala likert (Que está partido en 2). La muestra consistió en 210 personas con un ítem de dos formularios el primero de los bienes y servicios y el segundo de teoría de la localización. Para la realización de este estudio se seguirá un enfoque no experimental mixto de investigación que evalúa

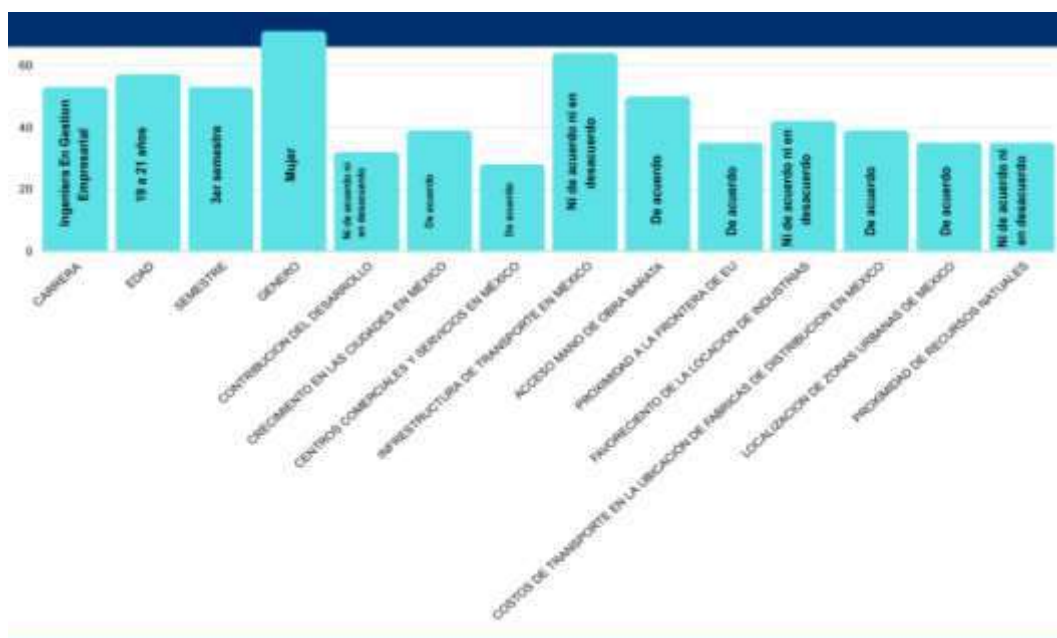


Figura 1. Teoría de la localización

La Figura 1 muestra el análisis sobre la percepción de los estudiantes del TeNM campus Roque en que la mayoría de las respuestas fueron de los estudiantes de la carrera de Gestión empresarial acerca de los factores que influyen en la localización de industrias en México, las personas encuestadas en su mayoría fueron jóvenes de un rango de edad de 19 a 21 años de 3er semestre y predominantemente mujeres, expresaron su nivel de acuerdo con los diferentes aspectos que afectan el

establecimiento de empresas en el país, entre los factores evaluados se encuentra el crecimiento urbano, la infraestructura del transporte. La cercanía a la frontera de EE.UU, la disponibilidad de la mano de obra barata en México. Los estudiantes consideran que una buena infraestructura de los transportes es esencial para facilitar la logística y reducir costos, mientras que la proximidad a EE.UU se percibe como una ventaja competitiva por el fácil acceso al mercado estadounidense, Así mismo la presencia de la mano de obra a bajo costo es vista como un factor relevante para la inversión extranjera, que contribuye a minimizar gastos operativos, en conjunto los resultados reflejan una percepción generalizada de los factores como el desarrollo urbano, la infraestructura, la proximidad al mercado estadounidense y los recursos naturales son elementos que pueden determinar el éxito de la ubicación de industrias en México. La grafica evidencia que aspectos consideran prioritarios los estudiantes para el desarrollo y competitividad industrial en el país.

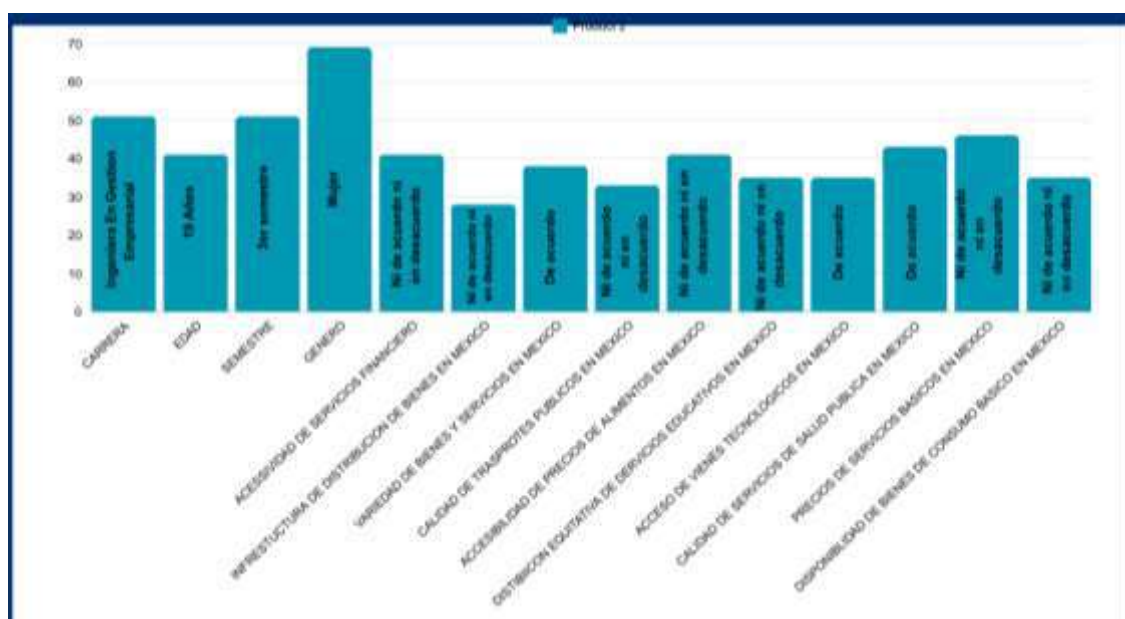


Figura 2. Bienes y servicios comerciales

En la Figura 2 muestra los resultados de una encuesta sobre la percepción de los estudiantes acerca de los factores relacionados con los bienes y servicios comerciales en México y como estos influyen en la toma de decisiones para la localización de industrias, la mayoría de los participantes son estudiantes de la

carrera en gestión empresarial de una edad de 19 años siendo la mayoría de 3er semestre y mayoritariamente mujeres. Los encuestados opinaron diversos aspectos como la accesibilidad de servicios financieros, la infraestructura de la distribución de alimentos. El acceso a servicios educativos y tecnológicos, la calidad de los servicios de salud pública y la disponibilidad de bienes de consumo básico, sus respuestas reflejan el nivel de acuerdo o neutralidad con respecto a la importancia de cada uno de estos factores, los resultados sugieren que los estudiantes consideran crucial la infraestructura y la disponibilidad de servicios básicos (financieros, educativos, de salud) y bienes de consumo para la localización de industrias. La accesibilidad a estos servicios se percibe como fundamental para el desarrollo comercial y para la creación de entornos que apoyen la actividad industrial y el bienestar de la población, en general la gráfica resalta los aspectos que los estudiantes consideran esenciales para establecer un entorno comercial favorable para México.

CONCLUSIÓN

Se ha realizado un estudio en el campus roque TecNM con el objetivo principal de analizar la percepción de los estudiantes sobre los bienes y servicios comerciales en México y su influencia en la localización de industrias. El estudio se dividió en tres tópicos principales: Teoría de la localización, bienes y servicios y comercio. Los estudiantes demostraron comprensión de los desafíos y oportunidades que enfrenta México en el contexto de la globalización y la necesidad de un desarrollo económico sostenible que beneficie a la población. Durante la investigación se evaluaron aspectos como la importancia de los servicios privados no financieros, el comercio internacional y los factores que influyen en la localización de industrias en México. Los resultados muestran que los estudiantes consideran esenciales aspectos como la infraestructura, la disponibilidad de servicios básicos y la proximidad a mercados clave para el éxito de la ubicación de industrias en el país. En resumen, los hallazgos resaltan la importancia de estos factores para establecer un entorno comercial favorable y promover el desarrollo industrial en México.

LITERATURA CITADA

De Anda-Gutiérrez C. (2006). Estructura socioeconómica de México 1940 – 2000.
Editorial Limusa, S.A. De C.V. México.

Garay Argueta R. (1998) Economía una introducción contemporánea. Cuarta
Edición, Editorial Internacional Thomson Editores S.A. De C.V. México

Introducción a la economía: (1973). Un enfoque estructuralista. Tomado de: A.
Castro y C. Lessa, Cap. I, Siglo Veintiuno. México,

POTENCIAL DE ESPECIES DE LEGUMINOSAS COMO MEJORADORAS DE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN REGIONES TROPICALES

Oscar M. Antúnez-Ocampo^{1‡}; Filiberto Anzures Olvera¹; Cristo O. Puente-Valenzuela^{1b}; Martín Solís Martínez²

¹ INIFAP, Campo Experimental Iguala. Carr. Iguala-Tuxpan, km 2.5. Iguala de la Independencia, Guerrero, México. C. P. 40000. ^bCENID-RASPA, km. 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento, Gómez Palacio, Durango, México. C. P. 35140. ² Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Carre. Iguala-Cocula, km 14.5. Iguala de la Independencia, Guerrero, México, C. P. 40000. ‡ Autor de correspondencia: antunez.oscar@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los indicadores de calidad son atributos medibles que revelan la respuesta de la productividad o funcionalidad del suelo al ambiente, e indican si la calidad mejora, permanece constante o decrece; asimismo, brindan información sobre el efecto del cambio en el uso del suelo y el impacto que tienen las prácticas agrícolas en la degradación o su funcionamiento. El objetivo fue evaluar el potencial de especies leguminosas como mejoradoras de la fertilidad del suelo en condiciones agrícolas tropicales, en el estado de Guerrero, México. Se evaluaron cinco leguminosas (Guandul, Guaje, Caupí, Clitoria, Dolicho), utilizando un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. Solo tres indicadores (pH, nitratos, fósforo) mostraron significancia por efecto del tipo leguminosa. El pH (7.55 a 7.69) en todas las leguminosas se ubicó en la categoría de Alcalino, el valor más alto lo registró Caupí. Los suelos cultivados con Dolicho, Caupí y Guaje fueron los que presentaron mayor contenido de N-NO₃⁻ (42.63 a 77.61 mg kg⁻¹). En P, los suelos con Guandul, Guaje y Caupí presentaron los mayores contenidos (8.99 a 10.69 mg kg⁻¹). La CE y MO no fueron afectadas por el tipo de leguminosas, todas presentaron valores estadísticamente similares. Las leguminosas evaluadas representan una alternativa acondicionar y mejorar la fertilidad de los suelos, ya que aportan N fácilmente disponible y reducen el pH.

Palabras clave: fertilidad, leguminosas, indicadores, suelo, nutrimentos.

ABSTRACT

Quality indicators are measurable attributes that reveal the response of the soil's productivity or functionality to the environment, and indicate whether quality improves, remains constant or decreases; They also provide information on the effect of land-use change and the impact of agricultural practices on degradation or functioning. The objective was to evaluate the potential of legume species as soil fertility improvers in tropical agricultural conditions, in the state of Guerrero, Mexico. Five legumes (pigeon pea, guaje, cowpea, clitoria, dolicho) were evaluated, using a completely randomized design, with three replications. Only three indicators (pH, nitrates, phosphorus) showed significance due to the effect of the legume type. The pH (7.55 to 7.69) in all legumes was in the category of Alkaline, the highest value was recorded by cowpeas. Soils cultivated with Dolicho, Cowpea and Guaje were the ones with the highest N-NO₃⁻ content (42.63 to 77.61 mg kg⁻¹). In P, soils with pigeon pea, guaje and cowpea had the highest contents (8.99 to 10.69 mg kg⁻¹). CE and OM were not affected by the type of legumes, all presented statistically similar values. The legumes evaluated represent an alternative to condition and improve soil fertility, since they provide readily available N and reduce pH.

Keywords. *fertility, legumes, indicators, soil, nutrients.*

INTRODUCCIÓN

Las prácticas de manejo que realizan los productores en sus parcelas alteran las propiedades del suelo, sobre todo si las energías asociadas a las entradas (labranza, riego, fertilización química) y las salidas en forma de productos, no son equilibradas. Cuando los cambios se acercan a los límites de tolerancia del sistema suelo (pérdida de la estructura física, materia orgánica, nutrientes y otras salidas no compensadas) se convertirán en un factor limitante para la producción y otras funciones del suelo (Astier *et al.*, 2002). En este sentido, los indicadores de calidad (ICS) son atributos medibles que revelan la respuesta de la productividad o funcionalidad del suelo al ambiente, e indican si la calidad del suelo mejora, permanece constante o decrece (Ghaemi *et al.*, 2014). También, brindan información sobre el efecto del cambio en el uso del suelo y el impacto que tienen

las prácticas agrícolas en la degradación o su funcionamiento (Astier *et al.*, 2002). El uso de cultivos cobertera representan una alternativa para mejorar la fertilidad de los suelos tropicales degradados, al incorporar materia orgánica al suelo (MOS) que mejora sus características (Prager *et al.*, 2012). Las especies más utilizadas para este propósito pertenecen a la familia Leguminosae por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo (Mpai *et al.*, 2016). A pesar de que existe una amplia información sobre el potencial de las leguminosas como mejoradoras de las propiedades del suelo, es necesario recopilar datos sobre especies tropicales que les faciliten a los productores y programas regionales y locales la selección de las más apropiadas para su uso. El objetivo del presente estudio fue evaluar tres especies de leguminosas para mejorar la fertilidad del suelo en condiciones agrícolas tropicales, en el estado de Guerrero, México.

MATERIALES Y METODOS

Se evaluaron cinco leguminosas que fueron i) Guandul (*Cajanus cajan*), ii) Guaje (*Leucaena Leucocephala*), iii) Caupí (*Vigna unguiculata*), iv) Clitoria (*Clitoria ternatea*) y v) Dolicho (*Dolichos lablab*), establecidas en el ciclo PV 2023 al PV 2024 en condiciones de temporal, en el Campo Experimental Iguala del INIFAP en Guerrero. El diseño experimental fue completamente al azar, con tres repeticiones, cada repetición fue una muestra de suelo 500 g. La siembra de leguminosas se realizó el 20 de julio de 2023, en forma manual, en ningún cultivo se realizó fertilización al suelo. Antes del establecimiento de las leguminosas, en julio 2024 se realizó el muestreo del suelo en zig zag, a profundidad de 20 cm, obteniendo al final 20 muestras compuestas. Cada muestra no fue expuesta directamente al sol para su secado, y por último, se enviaron para su análisis físico-químico. En junio del 2024, una vez establecidas las leguminosas se realizó el segundo muestro de suelo; pero en las parcelas de cada uno de los cultivos establecidos. La obtención de suelo se hizo similar al primer muestro, solo que este fue dentro (entre plantas, a 50 cm de la base del tallo) de las parcelas. El análisis químico-físico de las muestras se realizó en el laboratorio del CENID - RASPA del INIFAP, ubicado en Gómez Palacio, Durango, México. Las determinaciones de los parámetros se hicieron con base en

los métodos sugeridos por la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-RECNAT-2000). Para N inorgánico extraíble se usó el método AS-08, con micro-Kjeldahl. El P se cuantificó con el método Olsen (pH alcalino). La materia orgánica se determinó por el método AS-07 (oxidación húmeda). La conductividad eléctrica se cuantificó en un extracto de saturación del suelo y posteriormente se hizo la medición electrolítica. El pH se midió directamente con un potenciómetro en una dilución de una unidad de suelo por dos de agua destilada. La información obtenida se sometió a un análisis de varianza (ANOVA), y a los indicadores que resultaron significativos se les realizó una prueba de comparación de medias (Tukey al 5 %) con el programa Statistical Analysis System (SAS) versión 9.0 (SAS Institute 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza de tres indicadores de la fertilidad del suelo mostraron significancia ($\alpha \leq 0.05$) por efecto del tipo leguminosa (Cuadro 1); mientras que, dos indicadores no presentaron significancia estadística.

Cuadro. ANOVA de Fertilidad de suelo.

Descripción	pH	CE (dS m ⁻¹)	MO (%)	Nitratos (mg kg ⁻¹)	Fosforo (mg kg ⁻¹)
P-value	0.0086*	0.3159ns	0.0803ns	0.0184*	0.0015*
CM	0.01	0.02	0.03	1329.37	4.67
Media	7.64	0.83	2.48	43.98	8.85
CV (%)	0.48	12.81	4.32	37.26	7.65
R ²	0.72	0.35	0.53	0.66	0.80

ns = no significativo ($\alpha > 0.05$). * = significativo ($\alpha \leq 0.05$). CM = cuadrado medio.

El suelo sin leguminosa registró un pH de 8.06 clasificado con muy alcalino, indicando limitaciones en la disponibilidad de nutrientes; situación que cambio con el establecimiento de las cinco leguminosas, ya que el pH disminuyó en su valor llegando a oscilar de 7.55 a 7.69, rango dentro de la categoría de Alcalino (7.4 a 8.0), siendo las leguminosas Caupí (7.66), Clitoria (7.69) y Dolicho (7.66), las que originaron un pH de suelo más alto con relación a Guandul y Guaje, que obtuvieron valores más bajos (7.5 y 7.64). Por otro lado, la conductividad eléctrica (CE) del suelo sin leguminosa fue baja (0.31 dS/m); pero, una vez establecidas las

leguminosas este indicador se modificó, aumentando en más de 151% (hasta 200%). Este indicador varió de 0.75 a 0.93 dS/m, no obstante, entre leguminosas no se observaron diferencias significativas (Figura 1). Es importante señalar que, los suelos con CE menor de 1 dS/m se clasifican como un suelo libre de sales y no presentan restricción para ningún cultivo.

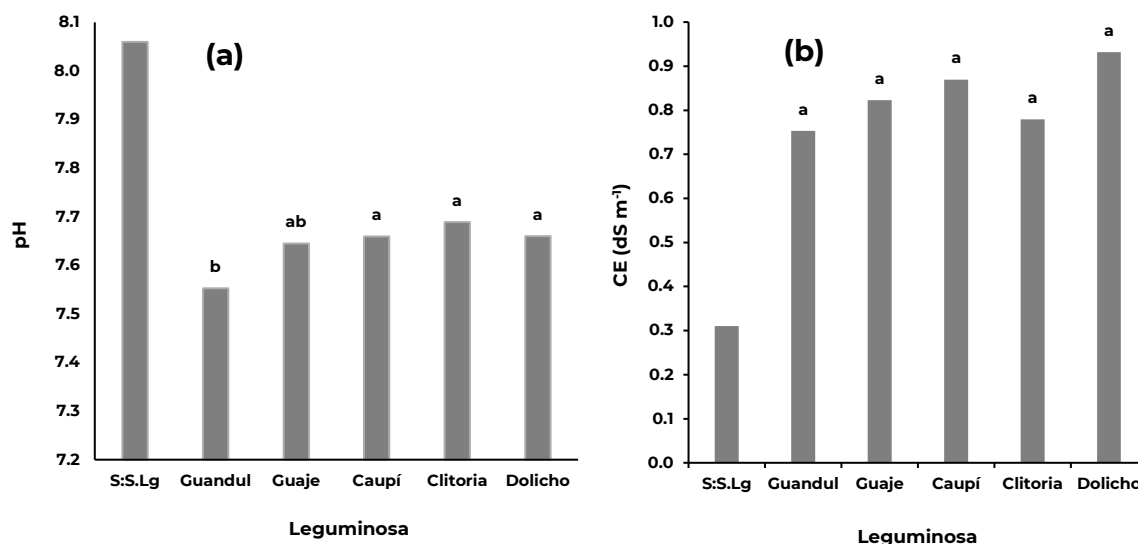


Figura 1. Comportamiento del pH y CE de suelos cultivados por leguminosas. Medias con letras diferentes en cada indicador son estadísticamente diferentes, Tukey $p \leq 0.05$. DMS(a) = 0.099; DMS(b) = 0.286. S.S.Lg = suelo sin leguminosa.

Los resultados en pH indican que el suelo tiene baja disponibilidad de P y micronutrientes (zinc); por el efecto de altos niveles de Ca, Mg, y con presencia de Na (Castellanos, 2000). La importancia de este indicador es que influye directamente en la concentración de iones tóxicos, la CIC y en la disponibilidad de los nutrimentos para las plantas, y la forma en cómo los nutrientes reaccionan entre sí. Por otro lado, se debe evitar el exceso de sales ya que reducen el potencial osmótico de la solución del suelo, reduciendo al mismo tiempo la disponibilidad de agua para las plantas, a pesar de que el suelo muestre niveles razonables de humedad. Cambios en estos indicadores afectarán el crecimiento y desarrollo de las plantas, y en definitiva repercutirán en el rendimiento final del cultivo (Castellanos, 2000).

Las cinco leguminosas mostraron valores estadísticamente similares en materia orgánica (MO), la cual varió de 2.34 a 2.62 %; donde Dolicho y Clitoria mostraron numéricamente los valores más alto (2.62 y 2.51 %) (Figura 2). Estos resultados de MO se encuentran dentro del rango medio (1 a 6 %) reportado en suelos agrícolas; además, el porcentaje de MO obtenido por las cinco leguminosas se puede relacionar con el tipo y tamaño de planta y hoja que desarrollan, ya que son los residuos vegetales los que originan principalmente a la MO. La relevancia de este componente es que los organismos y microorganismo del suelo descomponen los residuos, por lo que liberan nutrientes como N, P, y S, los cuales pueden aprovechar las planta (FAO, 2024).

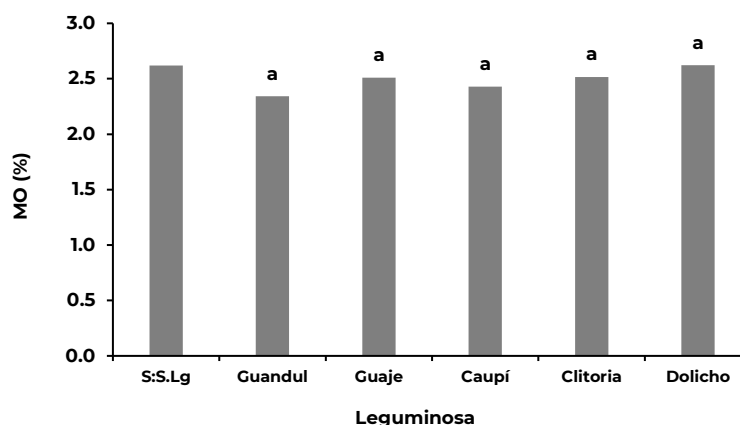


Figura 2. Comportamiento de la MO en suelos cultivados por leguminosas. Medias con letras diferentes en cada indicador son estadísticamente diferentes, Tukey $p \leq 0.05$. DMS = 0.288. S.S.Lg = suelo sin leguminosa.

El contenido de nitratos (N-NO_3^-) y fósforo (P) fueron los indicadores que más fueron alterados por las leguminosas (Figura 3). El suelo no cultivado registró 4.43 mg kg^{-1} de N-NO_3^- ; pero, al ser sembrado este indicador se incrementó considerablemente, donde el suelo con Dolicho presentó el mayor contenido de N-NO_3^- (77.61 mg kg^{-1}), pero estadísticamente fue similar al contenido de los suelos con Caupí y Guaje (45.34 y 42.63 mg kg^{-1}); pero, superiores al contenido obtenido con Guandul (21.15 mg kg^{-1}) y Clitoria (33.18 mg kg^{-1}). Comportamiento diferente se presentó en P, ya que el suelo sin cultivo registró un contenido inicial de 12.93 mg kg^{-1} pero con el establecimiento de las leguminosas este disminuyó de 17 a 42%. En este sentido,

el suelo con Guandul fue el que presentó la menor disminución (10.69 mg kg^{-1}), siendo estadísticamente similar al de Guaje y Caupí (9.13 y 8.99 mg kg^{-1}); en contraste, Clitoria (8.00 mg kg^{-1}) y Dolicho (7.43 mg kg^{-1}) fueron las leguminosas que mayor consumo hicieron de este elemento.

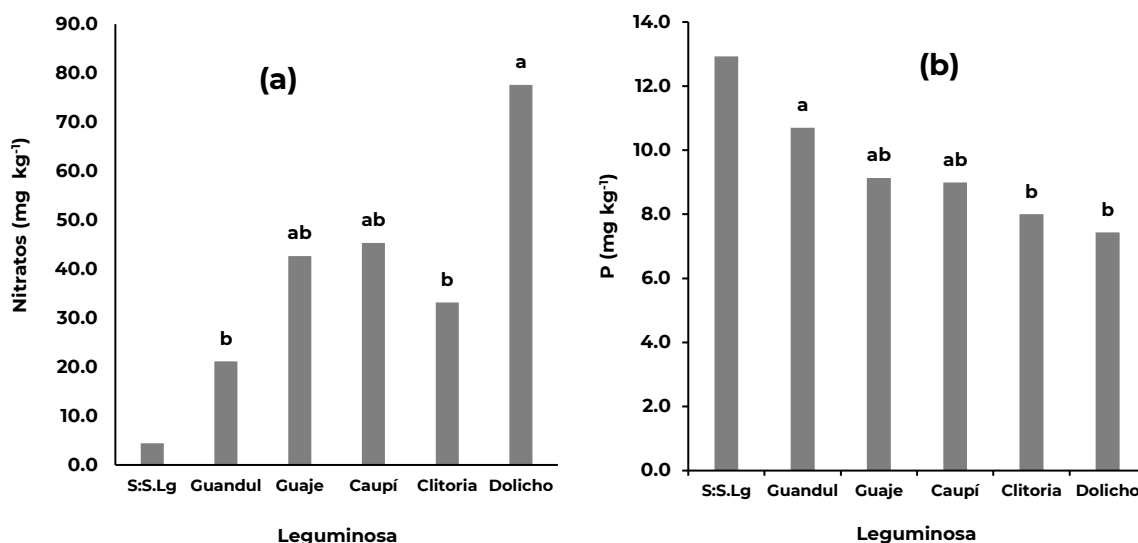


Figura 3. Contenido de N y P de suelos cultivado por leguminosas. Medias con letras diferentes en cada indicador son estadísticamente diferentes, Tukey $p \leq 0.05$. DMS(a) = 44.03; DMS(b) = 1.82. S.S.Lg = suelo sin leguminosa.

La importancia del N en forma de nitrato radica en que es directamente asimilable por las plantas. Esta acumulación de nitratos se relaciona con la capacidad de las leguminosas de fijar N atmosférico (Mpai *et al.*, 2016). Además, las leguminosas incorporan biomasa (carbono) al suelo y nutrientes como P, K, Ca y Mg (Guzmán *et al.*, 2008). En estudios previos se ha reportado que especies como *Leucaena leucocephala* (Lam.) aportan alrededor de 358 kg ha^{-1} de N y 28 kg ha^{-1} de P (Bossa *et al.*, 2005); mientras que, *Centrosema macrocarpum* Benth aporta al suelo 311 kg ha^{-1} de N, 25 kg ha^{-1} de P, 155 kg ha^{-1} de K (Puertas *et al.*, 2008). Por otro lado, en Veracruz, México se indicó que *Clitoria ternatea* L. fijó $26.10 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de N en el suelo (Díaz *et al.*, 2017); mientras que, en tabasco *Cajanus cajan* L. Mill aportó 230 t ha^{-1} de N (Vera-Núñez *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que las leguminosas evaluadas son una alternativa potencial para mejorar la fertilidad de los suelos de regiones tropicales, ya que aportan N fácilmente disponible para las plantas, y disminuyen gradualmente el pH del suelo; además de sus impactos indirectos en las propiedades físicas. Por otro lado, la importancia de las propiedades del suelo, como pH, CE y MO es que proporcionan información básica para conocer el potencial productivo del suelo, ya que tales propiedades definen los procesos fisicoquímicos relacionados con la disponibilidad de nutrientes.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto Caracterización productiva, química y nutrimental de especies arbustivas con uso potencial en alimentación y salud animal en el trópico con No. SIGI 10445535760.

A los estudiantes de servicio social del periodo agosto de 2024 del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro)

LITERATURA CITADA

- Astier M., Maass-Moreno M. y Etchevers-Barra J. 2002. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia* 36: 605-620.
- Bautista-Cruz A. y Etchevers B. J. D. 2014. Una Revisión sobre los Conceptos de la Calidad del Suelo: Sus Indicadores e Índices. Editorial Académica Española. ISBN 978-3-84736509-9.
- Bautista-Cruz A., De León-González F., Carrillo-González R. and Robles C. 2011. Identification of soil quality indicators for maguey mezcalero (*Agave angustifolia* Haw.) plantations in Southern Mexico. *Afr. J. Agric. Res.* 6: 4795-4799.
- Bossa, J. R.; Adams, J. F.; Shannon, D. A. and Mullins, G. L. 2005. Phosphorus and potassium release pattern from leucaena leaves in three environments of Haiti. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 73(1):25-35.

- Castellanos J. Z. 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. Segunda edición. Intagri, S.C. Guanajuato, México. 226 p.
- Cotler A. H. y Cuevas, F. Ma. L. 2017. Estrategias de conservación de suelos en agroecosistemas de México. Fundación Río Arronte, IAP. 1ª Ed. Ciudad de México. 114 p.
- Díaz, P. L. A.; Vázquez, L. D.; Jarquín, S. A.; Velázquez, S. A. y Lara, R. D. A. 2017. Especies tropicales (Fabaceae): inversión asociada al aporte rizosférico de nitrógeno y fósforo al suelo. Agro productividad. 10(12):116-120.
- Estrada-Herrera I. R., Hidalgo-Moreno, C.; Guzmán-Plazola, R.; Almaráz-Suárez, J. J.; Navarro-Garza, H.; Etchevers-Barra, J. D. 2017. Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad. Agrociencia. 51(8):813-831.
- FAO. 2024. Portal de suelos de la FAO. Disponible en: <https://bit.ly/2DOskQv>. Fecha de consulta: 27/11/2024
- FAO-ITPS. 2021. Recarbonizing global soils-A technical manual of recommended management practices. Volume 1: Introduction and methodology. Rome, FAO.
- Ghaemi M., Astaraei A. R., Emami H., Nassiri M. M. and Sanaeinejad S. H. 2014. Determining soil indicators for soil sustainability assessment using principal component analysis of Astan Quds- east of Mashhad- Iran. J. Soil Sci. Plant Nut. 14: 987-1004.
- Guzmán, C. G. I. y Alonso, M. A. M. 2008. Buenas prácticas en producción ecológica. Uso de abonos verdes. Centro de investigación y formación en agricultura ecológica y desarrollo rural. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Camino del Jan, s/n 18320 Santa Fe Granada, España. 22 p.
- Havlin J. L., Tisdale S. L., Nelson W. L. and Beaton J. D. 2014. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient. Pearson. Noida, UP, India. 528 p.
- Mpai T. P., Jaiswal S. K. and Dakora F. D. 2016. Biological nitrogen fixation and molecular diversity of rhizobia isolated from root nodules of wild legumes: Polhilia, Wiborgia and Wiborgiella species of the South African Cape fynbos. South Afr. J. Bot. 103 (1):336.

- Norma Oficial Mexicana, NOM-RECNAT-021-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis.
- Prager M. S., Sanclemente R. O. E., Sánchez P. M., Gallego J. M. y Ángel D. I. 2012. Abonos verdes: tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. *Agroecología* 7(1): 53-62.
- Puertas, R. F.; Arévalo, G. E.; Zúñiga, C. L.; Alegre, J. C.; Loli, F. O.; Soplin, V. H. y Baligar, V. C. 2008. Establecimiento de cultivos de cobertura y extracción total de nutrientes en el suelo de trópico húmedo en la Amazonía peruana. *Ecología Aplicada*. 7(1-2):23-28.
- Seybold C. A., Mausbach M. J., Karlen D. L. and Roger H. H. 1997. Quantification of soil Quality. *In*: Lal, R., J. M. Kimble, R. F. Follet, and B. A. Stewart (eds). *Soil Process and the Carbon Cycle*. CRC Press, Boca Raton. Florida. USA. pp: 387-403.
- Vera-Núñez, J. A.; Infante-Santiago, J. P.; Velasco-Velasco, V.; Salgado-García, S.; Palma-López, D. J.; Grageda-Cabrera, O. A.; Cárdenas-Navarro, R. and Peña-Cabriales, J. J. 2008. Influence of fertilization on biological nitrogen fixation in herbaceous legumes grown in acid savannah soil from the Tabasco state, Mexico. *J. Sustain. Agric.* 3(3):25-42.

POTENCIAL DE HÍBRIDOS DE MAÍZ DE GRANO AMARILLO DURO PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

José Luis Escobar Álvarez¹, María Gricelda Vázquez Carrillo², Dulce María Silva Venancio¹, Ricardo Ernesto Preciado Ortiz^{1*}

¹INIFAP, Campo Experimental Bajío. Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Km. 6.5, Celaya, Gto. C.P. 38010. ²INIFAP, Campo Experimental Valle de México. Carretera Texcoco-Los Reyes Km.13.5, Coatlinchan, Texcoco de Mora, Edo. Méx. C.P. 56250. *Autor de correspondencia:

repreciado@yahoo.com.

RESUMEN

En México, el maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales más importantes; la demanda de maíz de grano amarillo en el área pecuaria es del 76.0 % para la elaboración de alimentos balanceados, forraje y 17.4 % como materia prima en la industria de derivados químicos y en diferentes sectores de la industria alimentaria, para generar productos como: hojuelas, almidón, fructuosa, glucosa, dextrosa y colorantes, entre otros y 6.6 % para autoconsumo. El uso específico que se le da, se atribuye principalmente por el color y la textura del grano. México depende en gran medida de la importación de maíz amarillo proveniente de Estados Unidos; por lo que, uno de los objetivos del Programa de Maíz de INIFAP, con sede en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ), México, es desarrollar germoplasma, a través del mejoramiento genético convencional y la tecnología de doble haploides, para la generación de maíces amarillos de especialidad, con características específicas para la industria; así como, compuestos antioxidantes y funcionales que impacten positivamente en la salud humana y nutrición animal. Entre los maíces de grano amarillo generados por el programa de maíz, fueron identificados tres híbridos de grano duro adecuados para la industria alimentaria, los cuales fueron establecidos en parcelas de validación, durante dos ciclos (P-V 2021 y P-V 2022) con un rendimiento promedio entre 11.1 y 12.7 t ha⁻¹; además, presentaron color amarillo intenso, textura semicristalina; que los hace candidatos potenciales, como alternativa para incrementar la producción y contribuir para satisfacer la demanda en el sector pecuario y la agroindustria, en las regiones subtropicales, para la elaboración de productos alimenticios.

Palabras clave. *Zea mays L., dureza de grano, maíces especializados, pigmentos.*

ABSTRACT

In Mexico, maize (*Zea mays* L.) is one of the most important cereals; the demand for yellow kernel maize in livestock is 76.0 % for the production of balanced feed, fodder and 17.4 % as raw material in the chemical derivatives industry and in different sectors of the food industry, to generate products such as: flakes, starch, fructose, glucose, dextrose and colorants, among others and 6.6 % for self-consumption. The specific use given to it is mainly attributed to the color and texture of the grain. Mexico depends largely on the import of yellow corn from the United States; therefore, one of the objectives of the INIFAP Maize Program, based in the Bajío Experimental Station (CEBAJ), Mexico, is to develop germplasm, through conventional genetic improvement and double haploid technology, for the generation of specialty yellow corn, with specific characteristics for the industry; as well as antioxidant and functional compounds that positively impact human health and animal nutrition. Among the yellow grain corns generated by the corn program, three durum grain hybrids suitable for the food industry were identified, which were established in validation plots, during two cycles (P-V 2021 and P-V 2022) with an average yield between 11.1 and 12.7 t ha⁻¹; In addition, it has an intense yellow color and a semi-flint texture; which makes them potential candidates as an alternative to increase production and contribute to meeting the demand in the livestock and agroindustry sectors, in subtropical regions, as an input of food products.

Keywords. *Zea mays L., grain hardness, pigments, specialty corn.*

INTRODUCCIÓN

En México, la demanda de maíces de grano amarillo se concentra en las regiones del centro y occidente del país -Jalisco, Guanajuato, Querétaro y CDMX- donde existen importantes cuencas lecheras, gran número de granjas porcícolas y avícolas; así como diversas industrias de la transformación. La demanda ha incrementado debido a su utilización como fuente principal en la alimentación humana, el sector pecuario y por la industria agroalimentaria; por su aporte

energético, contenido de tocoferoles, fitoesteroles, carotenoides (xantofilas zeaxantina, luteína, licopeno, astaxantina y violaxantina) y almidón (García-Lara *et al.*, 2023; Gómez-Montiel *et al.*, 2023) que requieren maíces con características físicas y químicas específicas, para la elaboración de diversos productos como sémola, cereales, cerveza y otros productos para alimentación humana (Preciado-Ortiz *et al.*, 2019a); además, de la aportación en la salud de diversos compuestos benéficos, se ha destacado que los carotenoides presentan funciones antioxidantes (Davija *et al.*, 2021) que pueden actuar en la prevención de algunos tipos de cáncer y enfermedades cardiovasculares y degenerativas (Carranco-Jáuregui *et al.*, 2011). Con el fin de reducir las importaciones de maíz de grano amarillo, que son alrededor de 16 millones de toneladas anuales, las regiones subtropicales productoras de maíz pueden jugar un papel estratégico para abastecer de maíz de grano amarillo en las regiones de mayor demanda. Por lo que, en Programa de Mejoramiento Genético de Maíz del INIFAP, en el CEBAJ, a través del método genealógico, está desarrollando germoplasma, para formar híbridos de color amarillo más intenso que sean ricos en provitamina A, β -carotenos y xantofilas; además, que el grano, presente características físicas que van desde cristalinos duros (tipo Flint) a dentados más suaves y con énfasis en la selección para rendimiento (Preciado-Ortiz *et al.*, 2022). La importación de maíz de grano amarillo está restringida, por el decreto gubernamental que insta a eliminar gradualmente el uso del glifosato y el uso de maíz genéticamente modificado (McFadden *et al.*, 2024). Por lo anterior, es imperativo el desarrollo en nuestro país de maíces de grano amarillo con características específicas de dureza e intensidad de color, contenido de carotenoides, antioxidantes; así como, un rendimiento de grano competitivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz del INIFAP en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ), se han desarrollado híbridos de maíz de grano amarillo con las características de calidad y dureza requeridas, buen potencial productivo, adaptados a regiones subtropicales. A través de ensayos de rendimiento en varios ciclos y localidades fueron identificados tres híbridos trilineales: El híbrido comercial

H-394 A y los híbridos experimentales HEBA-1 y HEBA-6, los cuales, en los ciclos P-V 2021 y P-V 2022, fueron establecidos en parcelas demostrativas dentro del CEBAJ, donde se evaluó el rendimiento (t ha^{-1}). Además de otros parámetros de calidad del grano. El material genético involucrado en estos híbridos consiste en líneas Doble haploides y convencionales desarrolladas a través del método genealógico por el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz del INIFAP en el CEBAJ en combinación con líneas del CIMMYT.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento promedio, de los dos ciclos para H-394A fue de 11.13 t ha^{-1} y para los híbridos experimentales HEBA1 y HEBA6 fue de 12.69 y 11.38 t ha^{-1} , respectivamente. Estos rendimientos son similares a híbridos trilineales, adaptados y liberados para regiones subtropicales de México, con rendimiento promedio de 11.9 t ha^{-1} para H-387A (Preciado-Ortiz *et al.*, 2019a) y 9.5 t ha^{-1} para el híbrido de alto contenido de aceite H-327O (Preciado-Ortiz *et al.*, 2019b). Para satisfacer la demanda, el uso de la tecnología de doble haploides para formar líneas endogámicas permite generar híbridos con alto potencial de rendimiento (Caviedes-Cepeda *et al.*, 2022) que permita satisfacer la demanda en el sector pecuario (Gómez-Montiel *et al.*, 2023) y para la producción industrial de alimentos (Kaul *et al.*, 2019). Las muestras de laboratorio de los tres híbridos, en los dos ambientes, mostraron pesos hectolítricos altos superiores a 85 kg hL^{-1} y bajo índice de flotación (IF), entre 1 y 2 %, propios de maíces de endospermo muy duro y con una proporción de endospermo corneo superior al 62 %. La dureza del grano se relaciona con el peso hectolítrico y el índice de flotación (Salinas-Moreno *et al.*, 2010); cuando que el índice de flotación es bajo y se presenta valores altos de peso hectolítrico, es indicativo que el grano es muy duro (Preciado-Ortiz *et al.*, 2019).

Los tres híbridos presentaron color amarillo intenso y una textura semicristalina, muy similares a los requeridos por la industria agroalimentaria para la elaboración de grits y sémola. Salinas-Moreno *et al.* (2008) reportó que el contenido de carotenoides en muestras analizadas es mayor en los maíces duros; más recientemente, Saenz *et al.* (2021) encontraron que genotipos de grano duro tiene

una alta proporción de endospermo vítreo (> 50 % del endospermo total) y está asociado con una mejor capacidad de almacenar mayor cantidad de carotenoides de tipo β (β -caroteno, β -criptoxantina y zeaxantina), provitamina A (García-Lara *et al.*, 2023). Los híbridos HEBA1, HEBA6 y H-394 A, por las características que presentan, es posible incrementar la calidad de los alimentos para consumo humano; en la industria pecuaria, por su mayor contenido proteico, energético y nutricional tendrá efectos benéficos en la producción y salud animal y por la alta dureza, menor índice de flotación y textura semicristalina constituyen una excelente fuente de materia prima para la industria de la transformación, que hará más práctico la elaboración de hojuelas y “grits” (sémola de maíz); así, como un componente de la malta e industria cervecera

CONCLUSIONES

Los híbridos de maíz de grano amarillo H-394 A, HEBA1 y HEBA6, presentan alto potencial productivo y características de calidad que constituyen una alternativa para contribuir a satisfacer la demanda de la agroindustria en la elaboración de productos destinados a la alimentación humana.

LITERATURA CITADA

- Carranco-Jáuregui, M. E., Calvo-Carrillo, M. C., Pérez-Gil Romo, F. (2011). Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 61(3), 233-241.
- Caviedes-Cepeda, M., Carvajal-Larenas, F. E. y Zambrano, J. L. (2022). Tecnologías para el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el Ecuador. ACI Avances En Ciencias E Ingenierías, 14(1), 21. <https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588>
- Dabija, A., Ciocan, M. E., Chetrariu, A. and Codină, G. G. (2021). Maize and sorghum as raw materials for brewing, a review. Applied Sciences. 11(7), 3139. <https://doi.org/10.3390/app11073139>
- García-Lara, S., Rodríguez-Treviño, A., Ortiz-Islas, S., Preciado-Ortiz, R. E. and Serna-Saldívar, S. O. (2023). Increase of tocopherols, phytosterols, and

- carotenoids in high-oil subtropical maize after recurrent selection. *Cereal Chemistry*, 100(6), 1379-1389. <https://doi.org/10.1002/cche.10720>
- Gómez-Montiel, N. O., Hernández-Galeno, C. del Á., Anzures-Olvera, F., Toledo-Aguilar, R., Ramírez-Díaz, J. L., Espinosa-Calderón A., Tadeo-Robledo, M., Santos-Echeverría, R., y Antúnez-Ocampo, O. M. (2023). Variedad mejorada de maíz de grano amarillo para ganaderos en pequeña escala del trópico seco. *Agro-Divulgación*, 3(3), 45-47. <https://doi.org/10.54767/ad.v3i3.186>
- Kaul, J., Jain, K. and Olakh, D. (2019). An overview on role of yellow maize in food, feed and nutrition security. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(2): 3037-3048. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.802.356>
- McFadden, B. R., Nalley, L. L., Durand-Morat, A., Yang, W. and Loethen, K. (2024). Potential response of Mexican consumers to a Ban on genetically modified Maize imports. *Food Security*, 16, 1301-1311. <https://doi.org/10.1007/s12571-024-01483-8>
- Preciado-Ortiz, R. E. y Vázquez-Carrillo, M. G. (2022). Generación de maíces especializados para mejorar la salud y nutrición en México. *ACI Avances En Ciencias E Ingenierías*, 14(1), 13. <https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2489>
- Preciado-Ortiz, R. E., Terrón-Ibarra, A. D., Vázquez-Carrillo, M. G. y Gómez-Montiel, N. O. (2019a). H 387 A, híbrido trilineal de maíz de grano amarillo adaptado a regiones subtropicales de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(1), 67-79. <https://doi.org/10.35196/rfm.2019.1.67>
- Preciado-Ortiz, R. E., Terrón-Ibarra, A. D., Vázquez-Carrillo, M. G. y Gómez-Montiel, N. O. (2019b). H 327 AO, híbrido trilineal de maíz oleoso de grano amarillo para regiones subtropicales de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42 (3), 313-315. <https://doi.org/10.35196/rfm.2019.3.313>
- Saenz, E., Borrás, L. and Gerd, J. A. (2021). Carotenoid profiles in maize genotypes with contrasting kernel hardness. *Journal of Cereal Science*, 103206, <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103206>
- Salinas Moreno, Y., Gómez Montiel, N. O., Cervantes Martínez, J. E., Sierra Macías, M., Palafox Caballero, A., Betanzos Mendoza, E. y Coutiño Estrada, B.

(2010). Calidad nixtamalera y tortillera en maíces del trópico húmedo y sub-húmedo de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 1(4), 509-523.

PREVALENCIA DE COCCIDIOSIS EN CAPRINOS CRIOLLOS DEL MUNICIPIO DE ALCOZAUCA DE GUERRERO, GUERRERO, MÉXICO

Filiberto Anzures-Olvera^{1*}, Oscar Martín Antúnez Ocampo¹, Liliana Aguilar Marcelino², German Román Colmenares Viladomat², y Fernando Edgar Martínez-Silva³.

¹Campo Experimental Iguala-CIRPAS-INIFAP. ²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad. ³Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. *Autor de correspondencia: anzures.filiberto@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del estudio fue estimar la prevalencia y la carga parasitaria promedio de ooquistes de Eimerias en cabras criollas del municipio Alcozauca de Guerrero, Guerrero. Se colectaron 56 muestras de heces, las cuales fueron procesadas mediante la técnica coproparasitológica cualitativa de flotación con solución de Sheather y cuantitativa por el método de McMaster. Se registro una prevalencia de Eimerias fue de 82% del total de muestras analizadas, aunque el promedio de la carga parasitaria fue < 200 ooquistes por gramo de muestra, considerada como una carga leve.

Palabras clave: gastroenteritis, infecciones por nematodos, coccidia, prevalencia.

ABSTRACT

The study aimed to estimate the prevalence and average parasite load of Eimerias oocysts in Creole goats from the Alcozauca municipality of Guerrero, Guerrero. 56 fecal samples were collected and processed using the qualitative copro parasitological flotation technique with Sheather's solution and quantitatively by the McMaster method. A prevalence of Eimerias was recorded at 82% of the total samples analyzed, although the average parasite load was <200 oocysts per gram of sample, considered a slight load.

Keywords: goats, prevalence, gastroenteric nematodes, fecal samples.

INTRODUCCIÓN

La crianza de caprinos en México es una actividad secundaria en el contexto pecuario general por la poca tecnificación y escasez de un plan sanitario. La principal problemática que limita su desarrollo son las enfermedades parasitarias gastrointestinales causadas por *Eimeria spp* (Trejo-Huitrón et al., 2020); la cual puede generar hasta 20% de mortalidad en animales jóvenes y estresados (Alcala-Canto et al., 2020; Reyes-Guerrero et al., 2021).

Es importante señalar que el problema de Eimeriasis caprina se agrava por la carencia de capacitación técnica, instrucción y conocimiento de los productores en el país. En este sentido, los productores enfrentan diversas limitantes, prevaleciendo una crianza extensiva o al pastoreo, cuya alimentación es con base de rastrojos y subproductos naturales, con deficientes estándares de sanidad. Asimismo, las infecciones parasitarias se asocian principalmente a dichos hábitos de pastoreo de los rumiantes, los cuales conforman el hábitat ideal para las formas infectivas de los parásitos en función con sus ciclos biológicos (Ortega-Sánchez et al., 2006; Quijada et al., 2008; Alcala-Canto et al., 2020).

Es por ello, que resalta de la importancia del estudio de la carga parasitaria para establecer un uso adecuado de los antiparasitarios. En este sentido, los ooquistes presentan una distribución muy variable en las heces de los hospedadores; indicativo de que solo algunos animales concentran las cargas más altas (Mendoza-de Gives y Torres-Acosta, 2024). Los estudios referidos a *Eimeria spp* en caprinos en México son escasos, apuntando solo a su frecuencia, sin considerar la magnitud de la carga parasitaria (Ortega-Sánchez et al., 2006; Alcala-Canto et al., 2020).

De acuerdo con lo anterior el objetivo fue determinar la prevalencia y estimar la carga parasitaria promedio de ooquistes de *Eimeria* en cabras criollas (*Capra hircus*) en unidades de producción del municipio de Alcozauca de Guerrero, estado de Guerrero, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en agosto de 2024 en unidades de producción caprina del municipio de Alcozauca de Guerrero, estado de Guerrero, México, situadas entre 900 y 3000 msnm. El clima que prevalece es tropical seco, con temperatura media anual de 22 °C y precipitaciones de junio a septiembre llegando en verano a 1232 mm.

La población muestreada estuvo conformada por cabras criollas manejadas en sistema extensivo. El muestreo de los animales se hizo al azar. Se colectaron 55 muestras de heces directamente del recto de todos los animales con guantes de látex; se refrigeraron en hielera a 4°C hasta ser procesadas dentro de las 24 h posteriores a su recolección en el laboratorio de metabolómica del CENID-Salud Animal e Inocuidad, en Jiutepec, estado de Morelos, México. Se utilizó la técnica de flotación de Sheather para evaluar la presencia de ooquistes de *Eimeria spp* y para estimar el número de ooquistes por gramo de heces (OPG) se utilizó la técnica cuantitativa de McMaster modificado. Asimismo, se consideró como referencia los siguientes valores para su interpretación: 0= negativo; <300= leve; 301 a 1000= ligera; 1001-5000= moderada y mayor a 5000= grave (Figueroa-Castillo et al., 2015).

Los valores de prevalencia y abundancia se definieron y calcularon de acuerdo con Margolis *et al.*, (1982); la prevalencia se definió como el número de animales positivos a la infección entre el total de animales muestreados y la abundancia como la media aritmética del recuento de ooquistes por gramo de heces. Se realizó, el análisis de frecuencia, empleando la herramienta de tablas dinámicas y gráficos del programa Microsoft Office Excel, 2016.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se puede observar que en el municipio de Alcozauca de Guerrero los caprinos criollos tienen una prevalencia del 82%, es decir, la mayoría de los

animales resultaron positivos a *Eimeria*, lo que permite deducir que la mayoría de los productores del municipio no cumplen o implementan un calendario de desparasitación en esta especie, ya que los criadores desconocen de la presencia de dicho parásito en sus animales.

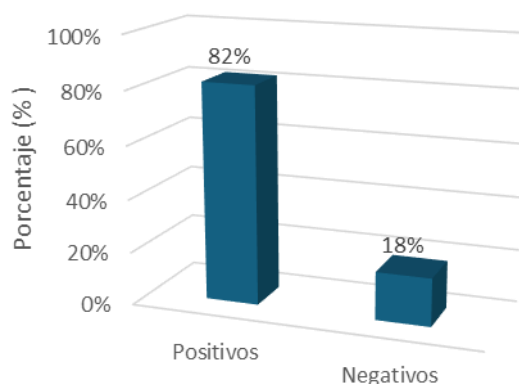


Figura 1.- Prevalencia de coccidiosis en caprinos del municipio de Alcozauca de Guerrero, estado de Guerrero, México.

Los resultados de la investigación tienen similitud a los reportados por Terrones et al., (2020) en cuatro distritos de Ica, Perú, estos autores realizaron una investigación en cabras criollas, donde obtuvieron en total 728 muestras y encontraron que el 99.2% dio positivo y el 0.08% fue negativo a *Eimeria spp.* En otro estudio realizado en caprinos del Corregimiento de Potrerillo, Provincia de Chiriquí, Panamá, Tasón et al., (2021) reportaron una prevalencia del 71% la cual es menor a la encontrada en el presente estudio. En México se ha reportado la prevalencia y distribución en todo el territorio de ocho especies de *Eimeria spp.* El 49.90% (44.22-55.57) del total de cabras del país están infectadas con estas especies (Alcala-Canto et al., 2020).

La elevada prevalencia de *Eimeria* en el rebaño estudiado pudiera explicarse por el tipo de crianza y el manejo inadecuado de los animales, ya que estos son llevados

a pastorear por la mañana y los regresan por la tarde, donde son encerrados en grupos de 100 a 200 animales por corral, sin separación de sexo o edad. Además,

se tienen limitaciones en la crianza o pastoreo de caprinos (hacinamiento, acceso a zonas húmedas), situaciones que proporcionan condiciones óptimas para la supervivencia y evolución de los ooquistes (Mendoza-de Gives y Torres-Acosta, 2024), los cuales necesitan una humedad relativa de 70% y temperaturas de 20 a 33 °C, predisponiendo a la contaminación ambiental (Alcala-Canto et al., 2020). Por otro lado, la mayoría de los productores no llevan un control sanitario adecuado y solo algunos tienen conocimiento sobre el uso de antihelmínticos (ivermectina, albendazol o triclabendazol), los cuales no son específicos contra *Eimerias* (Reyes-Guerrero et al., 2021). Adicionalmente, pareciera haber una respuesta deficiente en el rebaño ante la infección como resultado de una dieta deficiente, ya que la dieta ofrece niveles de energía y proteína inadecuados (Quijada et al., 2008).

En relación al conteo de ooquistes en heces (Cuadro 1), el valor de OPG promedio (abundancia) para el rebaño fue de 198.76 ± 150.75 ooquistes por gramo de heces, indicando un parasitismo de leve a ligero de infección, lo cual se debe a las susceptibilidades individuales ante estas infecciones (Terrones et al., 2020; Tasón et al., 2021). Sin embargo, Ortega-Sánchez et al., (2006) en la comarca Lagunera reportaron una prevalencia moderada de *Eimeria spp.* con rango de 400 a 1200 ooquistes por gramo de heces, la cual es superior a lo encontrado en el presente trabajo. Los estudios realizados en diferentes rebaños de ovinos y caprinos en México muestran que la mayoría de los animales en pastoreo (70 a 80%) tienen muy pocos parásitos, lo cual es consistente con los resultados de este trabajo; mientras que, solo algunos animales son los que tienen muchos parásitos (menos del 30% del hato) (Mendoza-de Gives y Torres-Acosta, 2024).

Las condiciones ambientales y el manejo de la explotación probablemente son determinantes en los altos valores de prevalencia, actuando como factores predisponentes, ya que garantizan el desarrollo exógeno de las formas infectivas. Además, en el caso de la abundancia de ooquistes, siempre están influenciados por sensibilidades individuales (Quijada et al., 2008; Terrones et al., 2020)

Cuadro 1.- Distribución de la carga parasitaria gastrointestinal de *Eimeria spp.* un total de 55 caprinos evaluados, utilizando la técnica de McMaster.

Carga parasitaria	Cantidad de animales	% de infestación
Negativo (0 opg)	10	18.2%
Leve, (< 200 opg)	31	56.4%
Ligera (301 a 1000 opg)	14	25.4%
Moderada (1001 a 5000 opg)	-	-
Grave (> 5000 opg)	-	-

CONCLUSIÓN

La prevalencia de *Eimeria spp* en cabras del municipio de Alcozauca, estado de Guerrero fue alta (82%); sin embargo, la carga parasitaria fue leve en la mayoría de los animales, reflejando que las prácticas de manejo no son inadecuadas o no son suficientes.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados son parte del proyecto “Determinación de la prevalencia de parasitosis gastrointestinales que afectan la producción de caprinos en regiones marginadas del sur de México”, SIGI 1135636514, financiado por el INIFAP.

A los estudiantes de servicio social de la Universidad Autónoma del Estado de Guerrero (UAGro) y del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro).

LITERATURA CITADA

- Alcala-Canto, Y., J. A. Figueroa-Castillo, F. Ibarra-Velarde, Y. Vera-Montenegro, M. E. Cervantes-Valencia, and A. Alberti-Navarro. 2020. First database of the spatial distribution of *Eimeria* species of cattle, sheep and goats in Mexico. *Parasitol. Res.* 119:1057–1074.
- Figueroa-Castillo, J. A., C. Jasso-Villazul, E. Liébano-Hernández, P. Martínez-Labat, R. I. Rodríguez-Vivas, and J. J. Zárate-Ramos. 2015. Examen coproparasitoscopico. In: R. I. Rodríguez-Vivas, editor. *Técnicas para el diagnóstico de parásitos con importancia en salud pública y veterinaria*. AMPAVE-CONASA Mexico, México. p. 78–98.

- Margolis, L., G. W. Esch, J. C. Holmes, A. M. Kuris, and G. A. Schad. 1982. The use of ecological terms in parasitology (Report of an ad hoc committee of the American Society of Parasitologists). *J. Parasitol.* 68:131–133. doi:10.2307/3281335. Available from: <https://www.jstor.org/stable/3281335>
- Mendoza-de Gives, P., and J. F. de J. Torres-Acosta. 2024. Diagnóstico y control sustentable de nematodos gastrointestinales en ovinos y caprinos en la era de la resistencia antihelmíntica. (P. Mendoza-de Gives and J. F. de J. Torres-Acosta, editors.). Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán.
- Ortega-Sánchez, J. L., R. H. Salgado, and P. R. Contreras. 2006. Prevalencia de coccidiosis (*Eimeria* spp) y tricostrongylosis (*Trichostrongylus* spp) caprina en los municipios de Tlahualilo, Gomez Palacio, Lerdo Dgo., Matamoros y San Pedro, Coahuila. *Rev. Chapingo. Ser. Zo. Áridas.* 5:217–223.
- Quijada, J., A. Bethencourt, N. Rosales, A. Pérez, A. Salvador, I. Vivas, and A. Aguirre. 2008. Prevalencia , distribución y abundancia de huevos de estróngilos digestivos y ooquistes de *Eimeria* spp en caprinos estabulados infectados naturalmente. *Zootec. Trop.* 26:475–480.
- Reyes-Guerrero, D. E., A. Olmedo-Juárez, and P. Mendoza-De Gives. 2021. Control and prevention of nematodiasis in small ruminants: Background, challenges and outlook in Mexico. *Rev. Mex. Ciencias Pecu.* 12:186–204. doi:10.22319/rmcp.v12s3.5840.
- Tasón, M., N. Montenegro, and F. Zurdo. 2021. Determinación e identificación de parásitos gastrointestinales de un hato caprino en el Corregimiento de Potrerillo, Provincia de Chiriquí, Panamá. *Rev. Plus Econ.* 9:23–29.
- Terrones, R., A. Chávez, and R. V Pinedo. 2020. Evaluation of caprine eimeriasis in four districts of the department of Ica, Peru. *Rev. Investig. Vet. del Perú.* 31:e19021.
- Trejo-Huitrón, G., L. G. Bautista-Gómez, J. S. Martínez-Castañeda, C. Romero-Núñez, L. Trejo-Castro, and E. Espinosa-Ayala. 2020. Morphological characterization and first molecular identification of the eleven *Eimeria* species that infect sheep from Mexico. *Parasitol. Res.* 119:115–122.

PREVALENCIA DE PARÁSITOS GASTROINTESTINALES EN CAPRINOS CRIOLLOS EN EL MUNICIPIO DE ALCOZAUCA DE GUERRERO

Filiberto Anzures-Olvera^{1*}, Oscar Martín Antúnez Ocampo¹, Liliana Aguilar
Marcelino², German Román Colmenares Viladomat², y Fernando Edgar Martínez-
Silva³.

¹Campo Experimental Iguala-CIRPAS-INIFAP. ²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en
Salud Animal e Inocuidad. ³Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. *Autor de
correspondencia: anzures.filiberto@inifap.gob.mx

RESUMEN

Con el objetivo de identificar la prevalencia de parasitosis gastrointestinales de caprinos criollos en seis unidades de producción del municipio Alcozauca de Guerrero, Guerrero. Se colectaron muestras de heces directamente del recto, estas se transportaron en cajas térmicas con hielo y se realizaron coprocultivos con la finalidad de identificar sus características morfológicas. En todas las unidades de producción se detectaron infecciones mixtas. De las cuales se identificaron los géneros: *Haemonchus* (89%), *Trichostrongylus* (47%), y *Oesophagostomum* (2%).

Palabras clave: caprinos, prevalencia, nematodos gastroentéricos, muestras fecales.

ABSTRACT

To identify the prevalence of gastrointestinal parasitosis of Creole goats in six production units of the municipality of Alcozauca de Guerrero, Guerrero. Stool samples were collected directly from the rectum, and transported in thermal boxes with ice, and stool cultures were performed to identify their morphological characteristics. Mixed infections were detected in all production units. Of these, the following genera were identified: *Haemonchus* (89%), *Trichostrongylus* (47%), and *Oesophagostomum* (2%).

Keywords: goats, prevalence, gastroenteric nematodes, fecal samples.

INTRODUCCIÓN

En México y particularmente en la zona Mixteca la crianza de cabras se realiza por productores rurales en sistema de pastoreo extensivo, donde los animales están expuestos a los nematodos gastrointestinales (NGI), situación que limita gradualmente su desarrollo y productividad (Reyes-Guerrero *et al.*, 2021; de Montellano *et al.*, 2022).

La parasitosis es uno de los factores que limitan la eficiencia productiva de la caprinocultura en México, ya que se presentan en todos los rebaños de caprinos y ocasiona pérdidas económicas muy importantes (Mendoza-de Gives y Torres-Acosta, 2024). Esta problemática sanitaria se ha asociado con las condiciones ambientales en la que se desarrollan la mayoría de las cabras, las cuales son favorables para que adquieran las parasitosis gastroentéricas, ya que son explotaciones de tipo extensivo y rusticas, además los animales tienen una nutrición deficiente con malas prácticas de manejo. Por otro lado, en época de lluvias se encharcan los corrales y se da el medio favorable para el desarrollo de las larvas infectantes, que al contaminar el forraje suministrado en el suelo debido a la falta de comederos se adquiere dicha enfermedad (Camacho-Ronquillo *et al.*, 2021; Vargas-López *et al.*, 2022; Mendoza-de Gives y Torres-Acosta, 2024). Los géneros más frecuentes que se han reportado en caprinos son: *Haemonchus*, *Trichostrongylus*, *Ostertagia*, *Cooperia*, *Nematodirus*, *Oesophagostomum* y las especies *Trichuris ovis* y *Skjabinema caprae* (de Montellano *et al.*, 2022; Mendoza-de Gives y Torres-Acosta, 2024).

En estudios previos han reportado una relación entre la temperatura ambiental y precipitación pluvial con respecto a las condiciones óptimas en las etapas de desarrollo y crecimiento de los NGI, llegando a la conclusión de que la precipitación pluvial favorece la proliferación de vermes gastroentéricos traduciéndose en problemas parasitarios, que originan una mayor carga parasitaria en los meses de Julio, Agosto y Septiembre (Trejo-Huitrón *et al.*, 2020; de Montellano *et al.*, 2022). El diagnóstico de las parasitosis gastrointestinales se ha llevado a cabo de manera cotidiana con estudios de coprología, además de la identificación por técnicas

moleculares de larvas a partir de cultivos larvarios para determinar los géneros y en algunos casos las especies (de Montellano *et al.*, 2022; Mendoza-de Gives y Torres-Acosta, 2024).

Por lo descrito anteriormente, en la presente investigación se planteó el objetivo de determinar la prevalencia de parasitosis gastrointestinales en caprinos criollos del municipio de Alcozauca de Guerrero, Guerrero, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo se realizó en agosto de 2024, en seis unidades de producción, en dos poblados (Ixcuinatoyac y la cabecera municipal) del municipio de Alcozauca de Guerrero, estado de Guerrero, México. Para la selección de las unidades de producción se consideró que en estas no se habían desparasitado a los animales por lo menos en dos meses antes. El número total de caprinos por las seis unidades de producción fue de 122 cabezas, tomando en cuenta cabritos mayores de tres meses, de los cuales solo se muestrearon 56 animales seleccionados al azar, de los cuales cada rebaño aportó un porcentaje de estos, al final del trabajo de campo se procesaron 55 muestras de heces recolectadas.

Las muestras fecales se obtuvieron directamente del recto de los animales, colectando aproximadamente 5 g de heces por animal en bolsas de polietileno, cerrándolas cuidadosamente eliminando la mayor cantidad de aire posible, e identificándola para su posterior procesamiento. Las muestras se trasladaron en termo con material refrigerante al laboratorio de metabolómica del CENID-Salud Animal e Inocuidad, en Jiutepec, Morelos. Inicialmente por muestra se realizó la técnica de flotación para determinar cuáles animales presentan NGI en las heces. Posteriormente las muestras con presencia de NGI se procesaron por la técnica de McMaster para estimar el conteo de huevos por gramos en heces fecales (HPG) (Foreyt, 2013). Se realizó, el análisis de frecuencia, empleando la herramienta de tablas dinámicas y gráficos del programa Microsoft Office Excel, 2016.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del estudio (Cuadro 1) indican una prevalencia total de 90% de parásitos, principalmente del género nematodo *Haemonchus* en las localidades Ixcuinatoyac y la cabecera municipal, cada una con valores de 83% y 96% respectivamente. Estos resultados contrastan con los de Figueroa-Antonio *et al.*, (2018) quienes reportaron menor prevalencia (36.6%) en hatos caprinos de la comunidad de Quechultenango, Guerrero, durante la época de lluvias.

Cuadro 1.- Prevalencia general de infección por helmintos gastrointestinales en cabras del municipio de Alcozauca de Guerrero, Guerrero.

Localidad	No. de muestras fecales	No de infectados	Prevalencia de la infección (%)
Cabecera municipal	25	24	96
Ixcuinatoyac	31	25	83

La identificación de géneros de los nematodos gastrointestinales en caprinos, criados en pastoreo extensivo en la Montaña de Guerrero, evidenció que todos los animales evaluados poseían una infección mixta; los géneros identificados fueron *Haemonchus*, *Trichostrongylus* y *Oesophagostomum*; el primer género fue significativamente más prevalente que el resto.

Al respecto, Reyes-Guerrero *et al.*, (2021) y Mendoza-de Gives y Torres-Acosta, (2024) reportaron que los nematodos que comúnmente parasitan a los pequeños rumiantes son *Haemonchus*, *Trichostrongylus*, *Cooperia*, *Bunostomum*, *Oesophagostomum*, *Chabertia* y *Nematodirus*, y señalaron que estos están relacionados con grandes pérdidas económicas y reproductivas, retardando el crecimiento, disminuyendo la ganancia de peso y aumento de la mortalidad.

Del total de la muestra fecales (n=55) la clase nematodo, 49 animales presentaron infestación por *Haemonchus* con una prevalencia de 89%, mientras que la

prevalencia de *Trichostrongylus* fue del 47% (26/55) y *Oesophagostomum* mostro la menor prevalencia (2%, 1/55). Similares resultados fueron reportados por Paixão *et al.*, (2019) donde igualmente encontraron que el género más prevalente fue *Haemonchus* (70%) en cabras del municipio Waco-Cungo, en la provincia Cuanza Sul, Angola. Figueroa-Antonio *et al.*, (2018) reportaron una prevalencia similar de *Haemonchus* (81%) en hatos caprinos de la comunidad de Quechultenango, Guerrero.

Haemonchus se destaca por ser un estrongílido con elevado potencial biótico, pues las hembras son capaces de ovopositar hasta 15000 huevos por día, además es muy patógeno y fuertemente hematófago (Mendoza-de Gives y Torres-Acosta, 2024). Los caprinos son más sensibles en la infestación por estrongílidos, probablemente por tener menor habilidad para desarrollar una respuesta inmune contra estos parásitos (Reyes-Guerrero *et al.*, 2021).

Respecto a *Trichostrongylus*, fue el segundo género de importancia encontrado en este trabajo, y coinciden con los hallazgos de Paixão *et al.*, (2019) en cabras del municipio Waco-Cungo, donde encontraron una prevalencia de 10%, seguido de *Oesophagostomum* (9%). Adicionalmente Figueroa-Antonio *et al.*, (2018) encontraron 15% de prevalencia en *Trichostrongylus* en cabras de Quechultenango, Guerrero.

CONCLUSIÓN

Las unidades de producción pecuaria de caprinos del municipio de Alcozauca, Guerrero presentan parásitos gastrointestinales de los géneros *Haemonchus*, *Trichostrongylus*, y *Oesophagostomum*. El parásito más frecuente en los animales fue *Haemonchus* y en la mayoría de las ocasiones se encuentra asociada con el nematodo *Trichostrongylus spp.* La parasitosis simple más ordinaria que se encontró fue *Oesophagostomum spp.*

AGRADECIMIENTOS

Los resultados son parte del proyecto “Determinación de la prevalencia de parasitosis gastrointestinales que afectan la producción de caprinos en regiones marginadas del sur de México”, SIGI 1135636514, financiado por el INIFAP.

A los estudiantes de servicio social de la Universidad Autónoma del Estado de Guerrero (UAGro) y del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro).

LITERATURA CITADA

- Camacho-Ronquillo, J. C., F. U. Quintana, J. E. H. Hernández, G. G. A. Espíndola, F. B. Peralta, E. C. F. Meneses, M. Á. Z. González, and A. P. Rosas. 2021. Prevalence of gastrointestinal parasitism in two yearly epochs, in hairy ovines of the mexican southeast. *Brazilian J. Anim. Environ. Res.* 4:4898–4907. doi:10.34188/bjaerv4n4-008.
- Figueroa-Antonio, A., F. Pineda-Rodríguez, S A Godínez-Jaime, D. Vargas-Álvarez, and E. Rodríguez-Bataz. 2018. Gastrointestinal parasites of bovine and caprine livestock in Quechultenango, Guerrero, México. *Agroproductividad.* 11:97–104.
- Mendoza-de Gives, P., and J. F. de J. Torres-Acosta. 2024. Diagnóstico y control sustentable de nematodos gastrointestinales en ovinos y caprinos en la era de la resistencia antihelmíntica. (P. Mendoza-de Gives and J. F. de J. Torres-Acosta, editors.). Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán.
- de Montellano, C. M. O., J. F. de J. Torres-Acosta, N. F. O. Robertos, L. G. Reyes, and S. A. M. Maldonado. 2022. Manejo Integrado de Parásitos en Pequeños Rumiantes. *Bioagrociencias.* 15.
- Paixão, A., C. Simões, A. Ulima, M. Pires, M. D. Lucombo, F. S. Diogo, J. Arece-Garcia, and J. L. Sanabria. 2019. Gastrointestinal strongyles parasitizing goats and sheep from the Wako-Cungu municipality, Angola. *Rev. Salud Anim.* 41:1–6. Available from: <http://opn.to/a/eL0Kr>

- Reyes-Guerrero, D. E., A. Olmedo-Juárez, and P. Mendoza-De Gives. 2021. Control and prevention of nematodiasis in small ruminants: Background, challenges and outlook in Mexico. *Rev. Mex. Ciencias Pecu.* 12:186–204. doi:10.22319/rmcp.v12s3.5840.
- Trejo-Huitrón, G., L. G. Bautista-Gómez, J. S. Martínez-Castañeda, C. Romero-Núñez, L. Trejo-Castro, and E. Espinosa-Ayala. 2020. Morphological characterization and first molecular identification of the eleven *Eimeria* species that infect sheep from Mexico. *Parasitol. Res.* 119:115–122.
- Vargas-López, Samuel Bustamante-González, A., J. E. Ramírez-Bribiesca, A. Torres-Hernández, Glafiro Larbi, J. A. Maldonado-Jáquez, and Z. G. López-Tecpoyotl. 2022. Rescue and participatory conservation of Creole goats in the agro-silvopastoral systems of the Mountains of Guerrero, Mexico. *Rev. la Fac. Ciencias Agrar. Univ. Nac. Cuyo.* 54:153–162.

PRODUCCIÓN APÍCOLA DE GRUPOS GANADEROS DE GUANAJUATO Y SU APORTACIÓN PARA MEJORAR EL ENTORNO AMBIENTAL

América Alejandra Luna Estrada¹; Tomás Arturo González Orozco²; Karla Itzél Alcalá Escamilla¹

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENID FyMA), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). km. 1 Carr. a Colón-Ajuchitlán, Colón, Qro., C.P. 76280, México; ²Campo Experimental Bajío (CEBAJ), INIFAP. km 6.5 Carr. Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Gto. C.P. 38010, México. Autor de correspondencia: aalejandra.lunae@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del estudio fue caracterizar la actividad apícola de apicultores del estado de Guanajuato, que participaron en un programa de asistencia técnica y capacitación en los periodos 2020 (P1), 2021 (P2) y 2022 (P3); así como las prácticas y tecnologías implementadas para mejorar el entorno de sus apiarios y su sistema de producción. Predominó el género masculino (66%); la edad promedio fue de 53 años; 70% de las unidades de producción (UP) utilizaron mano de obra familiar; la apicultura no fue su única actividad económica; los rangos promedio de colmenas por productor fueron P1=17-175, P2=17-191 y P3=22-188. Los principales problemas identificados versaron en temas del manejo general de los apiarios, alimentación y nutrición, aspectos sanitarios y enfermedades, reproducción y genética. Se implementaron estrategias integrales de manejo y buenas prácticas apícolas como el diagnóstico y tratamiento químico contra *V. destructor*; alimentación o suplementación estratégica con jarabe de azúcar y torta proteica. Se gestionaron apoyos para adquirir fructosa y levadura de cerveza desamargada, y la compra de 2755 reinas seleccionadas por sus características deseables para reducir el comportamiento defensivo de las abejas. En la mejora del entorno, se efectuaron campañas de reforestación en algunos apiarios mediante el plantío de mezquites y palo dulce; entre otras acciones. La producción de miel fue la actividad primordial y el principal producto generado, aunque también; en menor escala, cosecharon ceras, polen y propóleo, produjeron reinas y desarrollaron

núcleos para nuevas colonias. La AT ha sido una herramienta eficaz para mejorar las condiciones de los apiarios de los GGG y fortalecer la salud de las colonias; sin embargo, se requiere potenciar el compromiso de cuidar y mejorar el entorno donde realizan la actividad. De igual manera, es necesario fomentar mayor conciencia y compromiso entre los actores clave para promover prácticas de manejo sostenibles.

Palabras clave: Apicultura, Medio ambiente, Tecnología, Producción, Guanajuato.

ABSTRACT

The objective of the study was to characterize the beekeeping activity of beekeepers in the state of Guanajuato who participated in a technical assistance and training program in the periods 2020 (P1), 2021 (P2), and 2022 (P3), as well as the practices and technologies implemented to improve the environment of their apiaries and their production system. The predominant gender was male (66%); the average age was 53 years; 70% of the production units (UP) used family labor; beekeeping was not their only economic activity; the average ranges of hives per producer were P1=17-175, P2=17-191, and P3=22-188. The main problems identified were related to general apiary management, feeding and nutrition, sanitary aspects and diseases, reproduction, and genetics. Comprehensive management strategies and good beekeeping practices were implemented, such as diagnosis and chemical treatment against *V. destructor* and strategic feeding or supplementation with sugar syrup and protein cake. Support was provided to acquire fructose and de-bittered brewer's yeast and purchase 2755 queens selected for their desirable characteristics to reduce the bees' defensive behavior. In order to improve the environment, reforestation campaigns were carried out in some apiaries by planting mezquite and palo dulce, among other actions. Honey production was the main activity, and honey was the main product generated, although they also harvested waxes, pollen, and propolis on a smaller scale, produced queens, and developed nuclei for new colonies. TA has been an effective tool to improve the conditions of the GGG apiaries and strengthen the health of the colonies; however, it is necessary to strengthen the commitment to care for and improve the environment where the activity is carried out. It is also essential to foster greater awareness and responsibility among key stakeholders to promote sustainable management practices.

Keywords: *Beekeeping, Environment, Technology, Production, Guanajuato.*

INTRODUCCIÓN

El estado de Guanajuato posee una notable diversidad climática, edáfica y vegetal, lo que se traduce en una rica gama de ecosistemas Sin embargo, la intensificación de los sistemas de producción agropecuaria ha favorecido que los suelos en todos sus ambientes sufran un deterioro significativo y la pérdida de la cubierta vegetal original, principalmente en las regiones del centro y sur, debido a su destrucción para establecer cultivos y zonas de pastoreo para el ganado; así como el desarrollo de zonas urbanas e industriales y vías de comunicación (Comisión Nacional para el Crecimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2012, pp. 21-23). En el estado la apicultura se realiza con el aprovechamiento de abejas melíferas (*Apis mellifera* L.) con un inventario de 37,750 colmenas en 1228 apiarios y 409 apicultores registrados (Secretaría del Campo, 2024); situándose como el 17° productor nacional de miel con 734.70 t (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2023). Conscientes del invaluable servicio ecosistémico que brindan las abejas a través de la polinización, fundamental para la producción de alimentos y el equilibrio ambiental, las autoridades estatales reconocen la importancia de esta actividad tanto en los ecosistemas naturales como en la economía de diversos sectores poblacionales (SDAyR, 2023). Asimismo, reconocen la problemática que enfrenta debido al cambio climático (CC), uno de los factores asociados al síndrome del colapso de la colonia, al uso indiscriminado de plaguicidas, a la pérdida de hábitats por deforestación o desplazamiento y enfermedades de las colmenas, entre otros (Sosenki y Domínguez, 2018). En 2019, para fomentar apicultura y proteger a las abejas, la SDAyR (2020) publicó la “Ley para la Protección a las Abejas y el Desarrollo Apícola para el Estado de Guanajuato”; que promueve la organización, tecnificación, investigación, y el desarrollo productivo y sustentable de la actividad apícola. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue caracterizar la actividad apícola de apicultores cooperantes del estado de Guanajuato, que participaron en un programa de asistencia técnica y capacitación en los periodos 2020, 2021 y 2022; así como las prácticas y tecnologías implementadas para mejorar el entorno de sus apiarios y sistemas de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un análisis de los datos de los diagnósticos línea base (DLB), registros técnicos y productivos, y programas de trabajo (PT) de 10 grupos de apicultores del estado de Guanajuato durante tres periodos consecutivos: abril-diciembre de 2020 (P1), marzo-septiembre de 2021 (P2) y marzo-agosto de 2022 (P3). Los apicultores cooperantes se organizaron en Grupos Ganaderos de Guanajuato (GGG) y fueron beneficiarios del programa "Mi Ganado Productivo". A través del programa, recibieron asistencia técnica (AT) y capacitación especializada impartida por agentes de cambio (AC). El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) participó en el seguimiento y evaluación de las actividades, utilizando la metodología GGAVATT (Grupos Ganaderos de Validación y Transferencia de Tecnología (Román et al., 2001) para supervisar el cumplimiento de las propuestas de trabajo y el progreso de los productores durante los periodos evaluados.

Análisis de los datos. La información obtenida se sistematizó en una base de datos del programa Excel (Office Microsoft®) para calcular variables descriptivas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los GGG se distribuyeron en 13 municipios del estado: Dolores Hidalgo, San Felipe, Guanajuato, León, Manuel Doblado, Silao, Romita, San Francisco del Rincón, Irapuato, Moroleón, Salamanca, Yuriria y San Luis de la Paz. Si bien, lograron establecerse en los principales municipios productores, como León y San Francisco del Rincón, su presencia fue limitada en otros municipios relevantes como Apaseo el Alto y Celaya, de acuerdo con datos del SIAP (2023).

Características socioeconómicas

Cuadro 1. Número de GGG por periodo, número de productores por GGG, género edad, número de colmenas, dependencia económica a la actividad y uso de mano de obra familiar.

Abril-diciembre de 2020 (P1)							
GGG	No. de productores	Género		Edad (años) Promedio	No. de colmenas	Dependencia económica a la apicultura	Uso de mano de obra familiar
		F	M				
1	18	11	7	61	297	34	83
2	20	4	16	60	2621	40	30
3	20	2	18	49	3493	80	90
Marzo-septiembre de 2021 (P2)							
1	18	11	7	62	303	35	78
2	15	3	12	50	1970	20	27
3	16	1	15	45	3060	90	80
Marzo-agosto de 2022 (P3)							
1	20	13	7	40	717	70	60
2	20	4	16	54	570	70	100
3	20	3	17	49	3758	80	70
4	18	10	8	57	389	10	83
Total	185	62	123	52.7	17,178	52.9	70.1

La principal actividad de los apicultores fue la agricultura. La AT se efectuó mediante visitas de campo programadas con una frecuencia mínima mensual, pero en función de los calendarios apícolas y las necesidades de cada grupo, se realizaron visitas adicionales. En los GGG predominaron los hombres (66%), la edad promedio fue 53 años, 70% de los apiarios utilizaron mano de obra familiar y la apicultura no fue su única fuente de ingresos (Cuadro 1). Nuestros resultados son comparables con los reportados por García et al. (2023) en su estudio sobre UP apícolas de Abasolo, Gto. Ambos trabajos coinciden en la predominancia del género masculino y una edad promedio similar entre los apicultores. No obstante, hay una diferencia significativa en el tamaño de los apiarios, pues en esta investigación los rangos promedio de colmenas por productor fueron para P1=17-175, P2=17-191 y P3=22-188; mientras que, en el estudio de García et al., el rango promedio fue de 4-15.

Problemas en los apiarios y actividades tecnológicas para reducirlos

Cuadro 2. Problemas identificados en los apiarios de los GGG durante los tres periodos y prácticas o actividades tecnológicas realizadas para reducirlos.

Problemas identificados	Prácticas o actividades tecnológicas
Manejo	
- o Falta de soportes en las colmenas. - o Uso reducido de trampas de polen y de cambio de cera en bastidores. - o Falta de esterilización de herramientas de trabajo.	✓ Revisión de colmenas (semanal o quincenal). ✓ Cambio anual de reinas. ✓ Limpieza general de los apiarios. ✓ Uso de guarda piquera. ✓ Cambio anual de bastidores dañados. ✓ Colocación y retiro de alzas. ✓ Reparación de estructuras y materiales en campo.
Sanitarios y enfermedades	
- o Plagas (hormigas y polillas de la cera) en ciertas épocas del año. - o Presencia de <i>Varroa destructor</i>. - o Poco uso de trampas de polen y cambio de cera en bastidores. - o Falta de esterilización de herramientas de trabajo.	✓ Protocolo para diagnóstico y tratamiento químico contra varroasis. ✓ Control de plagas en apiarios. ✓ Uso de ropa de trabajo limpia. ✓ Desinfección de equipos, implementos y vehículos.
Alimentación y nutrición	
- o Colonias débiles por escasez de néctar. - o Limitada o inadecuada suplementación energética y/o proteica. - o Falta de revisión periódica de reservas de alimento.	✓ Alimentación de mantenimiento y estímulo en épocas de escasez de recursos florales en campo, y previo al inicio de la floración. ✓ Alimentación artificial con jarabe de azúcar y torta proteica. ✓ Fuentes de agua limpia.
Reproducción y genética	
o Colonias agresivas y poco productivas.	✓ Cambio anual de reinas.
Mejora del entorno	
- o Escasos recursos florales en campo por falta de lluvias. - o Limitadas actividades de mejora del medio.	✓ Siembra de 1030 árboles de mezquites (<i>Prosopis juliflora</i>) y palo dulce (<i>Eysenhardtia polystachya</i>). ✓ Limpieza de mezquites de plantas parásitas. ✓ Reproducción de estacas de sauce (<i>Salix spp.</i>). ✓ Siembra de magueyes (<i>Agave spp.</i>) y garambullos (<i>Myrtillocactus geometrizans</i>) para aminorar la erosión de los suelos.

Para atender los problemas, los PT incluyeron acciones en el manejo de los apiarios; alimentación y nutrición; reproducción y mejoramiento genético; sanidad y enfermedades; y mejora del entorno (Cuadro 2). **Manejo.** El Cuadro 2 señala los

problemas encontrados en las UP y las prácticas que se implementaron o reforzaron para afrontarlos. **Salud y control de enfermedades.** Se realizaron diagnósticos y tratamientos químicos contra el ácaro *V. destructor*, y diagnósticos y medidas de control de enfermedades en la cría. La implementación de un protocolo para diagnosticar la varroasis permitió conocer el grado de infestación en las colmenas (valores promedio: P1=2.5-3.0%, P2=1.3-2.5% y P3=3.3%); que no deben exceder el 5% para mantener un buen estado de salud. **Nutrición y alimentación.** Una situación recurrente ha sido la presencia de colonias débiles por la escasez de néctar, limitada o inadecuada suplementación (energética, proteica o ambas) y falta de revisión periódica de las reservas de alimento en las colmenas. Según la Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial [SMAOT] (2021, pp. 15-17) el estado sufrió en 2018 y 2019, sequías de moderadas a intensas y elevadas temperaturas (como efecto del CC). Coincidiendo con algunos apicultores, que observaron una disminución significativa de plantas nectapolíníferas como el mezquite (*Prosopis juliflora*) y el palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*). La escasez de recursos florales, principalmente en octubre y noviembre, condujo a una reducción en la producción de miel en ciertas regiones apícolas; por lo que algunas colonias presentan debilitamiento como consecuencia de la disminución de las reservas de miel y polen, comprometiendo su supervivencia durante el invierno. Los temas de capacitación se centraron en estrategias para garantizar la alimentación adecuada de las colonias, particularmente durante los periodos de escasez de recursos florales en campo. Se enfatizó la importancia de proporcionar alimentación de mantenimiento y estímulo en momentos críticos, y previos a la floración. Además, se abordó la suplementación con jarabe de azúcar y torta proteica, y la necesidad de contar con fuentes de agua limpia. Para facilitar la implementación de estas prácticas los apicultores gestionaron subsidios estatales para adquirir 357,077 kg de fructosa y 4058 kg de levadura de cerveza desamargada. **Reproducción y mejoramiento genético.** Se efectuó el recambio anual de reinas, buscando reducir el comportamiento defensivo de las abejas, por lo que compraron (con apoyo del Estado) 2755 reinas seleccionadas por sus características deseables. A lo largo de los periodos se supervisó la aceptación de estas reinas en las colmenas. **Mejora**

del entorno. Al ingresar al programa, los apicultores adquirieron el compromiso de realizar acciones de mejora del medio. En este rubro, se realizaron campañas de reforestación en algunos apiarios mediante el plantío de árboles, principalmente mezquites (*Prosopis juliflora*) y palo dulce o varaduz (*Eysenhardtia polystachya*); limpieza de plantas parásitas en los mezquites como el *Tillandsia recurvata* L. (paxtle o heno) y reproducción de estacas de sauce (*Salix spp.*). También, para aminorar la erosión del suelo, algunas UP sembraron magueyes (*Agave spp.*) y garambullos (*Myrtillocactus geometrizans*) (Cuadro 2).

Producción y diversificación de los apiarios

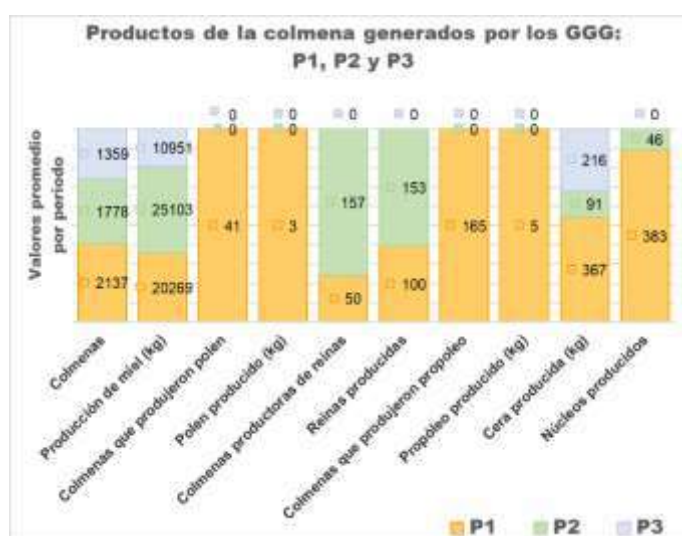


Figura 1. Productos de la colmena generados en los GGG en los tres periodos.

La miel es el producto apícola más conocido, aunque la cría de abejas melíferas ofrece diversidad de productos con potencial comercial, entre los que destacan el polen, propóleo, cera, jalea real y veneno. La diversificación de la actividad apícola, promovida por la obtención de estos productos en diferentes momentos del año, puede ser una fuente adicional de ingresos para los apicultores (USAID-ACCESO, 2013). En los GGG la producción de miel fue la actividad predominante, representando el producto apícola más abundante. En menor escala; también, cosecharon ceras, polen, propóleo, produjeron reinas y desarrollaron núcleos para nuevas colonias (Figura 1). Algunos elaboraron jabones y cosméticos a base de miel. Estos resultados son congruentes con los de Magaña et al. (2016) quienes en

un estudio nacional identificaron que la miel es el producto apícola más importante, siendo comercializado o utilizado para el consumo familiar; además, coincidimos con la producción de ceras, polen y propóleo.

CONCLUSIONES

- La AT a los apicultores de los GGG ha mostrado ser una herramienta eficaz para mejorar las condiciones de los apiarios y fortalecer la salud de las colonias. Las acciones implementadas como la promoción de buenas prácticas apícolas, la alimentación complementaria, el control de *V. destructor* (menor a 5%) y la renovación de reinas, han contribuido significativamente a este logro. No obstante, se requiere potenciar el compromiso de cuidar y mejorar los ecosistemas donde se desarrollan las actividades apícolas, ya que las acciones realizadas aún son reducidas.
- Los desafíos que enfrenta la apicultura en el estado de Guanajuato no son aislados. El cambio climático ejerce una presión creciente sobre la biodiversidad y los sistemas de producción animal, incluyendo al apícola. Es necesario fomentar una mayor conciencia y compromiso entre los actores clave para promover prácticas de manejo sostenibles y proteger los ecosistemas apícolas.

AGRADECIMIENTOS

A la SDAyR, apicultores integrantes de los GGG, AC y a sus coordinadores.

LITERATURA CITADA

Comisión Nacional para el Crecimiento y Uso de la Biodiversidad (2012). *La biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* (1.^a ed.). Vol. II. Comisión Nacional para el Crecimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE). México.

Decreto 105. 25 de noviembre de 2019. P.O. Núm. 235, Segunda Parte. Ley para la Protección a las Abejas y el Desarrollo Apícola para el Estado de Guanajuato, y su Reglamento (14 de julio de 2020). https://sdayr.guanajuato.gob.mx/contenido/adjuntos/publicaciones/2022/Ley_proteccion_Abejas_2020_corr.pdf

- García, MC, Mireles, AA, Isiordia, LP y Hernández, RJ (2023). Tipificación de los apicultores de Abasolo, Guanajuato: un estudio socio económico. *Abanico Agroforestal*, (5), 1-13. <http://dx.doi.org/10.37114/abaagrof/2023.4>
- Magaña, MMA, Tavera, CME, Salazar, BLL y Sanginés GJR (2016). Productividad de la apicultura en México y su impacto sobre la rentabilidad. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 1103-1115. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i5.235>
- Román, PH, Bueno, DHM, Aguilar, BU, *et al.*, (2001). *Manual del Modelo GGAVATT*. [Folleto Técnico Núm. 27]. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro, Campo Experimental La Posta, Veracruz, Ver. México.
- Secretaría de Desarrollo Agroalimentario y Rural del Estado de Guanajuato (20 de junio del 2023). Fortalece Guanajuato actividad apícola en Áreas Naturales Protegidas. <https://boletines.guanajuato.gob.mx/2023/06/20/fortalece-guanajuato-actividad-apicola-en-areas-naturales-protegidas/>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2023). Población Ganadera. https://nube.siap.gob.mx/poblacion_ganadera/
- Secretaría del Campo (22 de octubre de 2024). Se fortalece la apicultura de Guanajuato. <https://boletines.guanajuato.gob.mx/tag/apicultura/>
- Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial (24 de marzo de 2021). Informe Ambiental del Estado de Guanajuato 2020. https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/sites/default/files/documentos/2021_SMAOT_Informe_ambiental_estado_guanajuato_2020_20210324.pdf
- Sosenki, P y Domínguez, CA (2018). El valor de la polinización y los riesgos que enfrenta como servicio ecosistémico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(3), 961-970. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2168>
- USAID-ACCESO (2013). La Diversificación en Apicultura Incrementa Ingresos Familiares. [Snapshot]. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00KNNG.pdf

PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS EN UN SISTEMA INTENSIVO ACUAPÓNICO DE RECIRCULACION

Aurora Isabel Torres Castro¹; Monserrat Elizabeth Pérez Herrera¹; Berenice Rivera Cortez¹; Ofelia Mollinchka Hernández Flores², Mabel Reyes Fuentes², Carlos Alberto Flores Gómez²

¹Ingeniera en Agronomía Egresada del Tecnológico Nacional de México-Roque, ¹Ingeniera en Agronomía Egresada del Tecnológico Nacional de México-Roque. ¹Investigadora, Tecnológico Nacional de México-Roque, ²Ingeniera en Hidrológica Egresada del Tecnológico Nacional de México, ²Investigadora, Tecnológico Nacional de México-Roque, ²Investigador, Tecnológico Nacional de México-Roque * Autor de correspondencia: mabel.rf@roque.tecnm.mx

RESUMEN

En este trabajo de investigación, se realizó el análisis del desarrollo de algunos cultivos implementados en un sistema acuapónico, y de tal forma, conocer qué cultivos son adecuados para este sistema. Se aplicaron dos diferentes tipos de soporte, hule espuma y sustrato. De igual forma, se abordó particularmente el tema de la “Acuaponía”, la cual es una actividad que se encuentra compuesta por las siguientes dos técnicas: acuacultura e hidroponía; es decir, la acuaponía es la técnica para llevar a cabo la producción de peces y plantas simultáneamente. Esta técnica ofrece alimentos más frescos, nutritivos e inocuos, así como obtener dos productos de forma segura y rentable. Así mismo, se evaluaron diferentes parámetros, tales como lo son: temperatura, pH, y CE (Conductividad Eléctrica). Esto con el propósito de conocer las condiciones del sistema, y de esta forma, poder seleccionar los cultivos que más se adecúan a las condiciones presentadas. Finalmente, se analizaron los resultados obtenidos en la cosecha del sistema acuapónico, para poder llegar a una adecuada conclusión.

Palabras clave: *Acuaponía, Gasto, Eficiencia, Hidroponía, Acuacultura.*

ABSTRAC

In research, the development of some crops implemented in an aquaponic system was analyzed, and in this way, to know which crops are suitable for this system. Two different types of support were applied, foam rubber and substrate. Likewise, the topic of "Aquaponics" was particularly addressed, which is an activity that is composed of the following two techniques: aquaculture and hydroponics; that is, aquaponics is the technique to carry out the production of fish and plants simultaneously. This technique offers fresher, more nutritious and safer foods, as well as obtaining two products in a safe and profitable way. Likewise, different parameters were evaluated, such as: temperature, pH, and EC (Electrical Conductivity). This with the purpose of knowing the conditions of the system, and in this way, being able to select the crops that best suit the conditions presented. Finally, the results obtained in the harvest of the aquaponic system were analyzed, in order to reach an adequate conclusion.

Keywords: *Aquaponics, Expenditure, Efficiency, Hydroponics, Aquaculture.*

INTRODUCCIÓN

El objetivo fue Implementar un sistema acuapónico e identificar cuáles son los cultivos que pueden desarrollarse adecuadamente. Elaborar fertilizantes orgánicos para aplicarlos en los cultivos que se van a colocar en el sistema, y de esta manera, evitar que dañen los organismos acuáticos y Reutilizar nutrientes y agua. Con la finalidad de que la acuaponia nos permite ahorrar aproximadamente un 90% de agua en relación a la agricultura convencional y de igual forma, es un método agrícola sostenible que crea un equilibrio y establece una relación simbiótica entre la acuacultura y el cultivo de plantas. Por ello, es de suma importancia implementar nuevas alternativas de producción de alimentos que tengan un desarrollo sustentable para proteger el medio ambiente. Por lo tanto, la acuaponia es el sistema ideal para combatir con los diversos problemas generados por los sistemas tradicionales de producción de alimentos. Ya que este sistema reemplaza el suelo

por una técnica que hace posible la producción de cultivos a gran escala y al mismo tiempo, se obtiene una producción de animales acuáticos comestibles.

MATERIALES Y METODOS

El presente proyecto se realizó dentro de las instalaciones del Tecnológico Nacional de México, Campus Roque es una institución de educación superior localizado en la localidad de Roque, en Celaya, en un área designada al CETAC 06, Celaya, para su unidad acuícola, con dirección en, Carretera, Juventino Rosas - Celaya Km.8, C.P. 38110 Celaya, Guanajuato.

Para el presente proyecto, se realizó un diseño de parcelas divididas completamente al azar.

Como primer paso, se llevó a cabo el lavado de las charolas. Se lavaron con abundante agua y un cepillo para lograr retirar cualquier residuo. Se dejaron secar hasta que estuvieran secas por completo.

Posteriormente, se llenaron las charolas de germinación con sustrato combinado (peat moss y fibra de coco). El sustrato fue previamente humedecido con agua. En este caso, se utilizaron 2 charolas de 240 cavidades, con los siguientes cultivos. La siembra fue el 23 de octubre del 2024.

• Tomate tipo “Saladette” (<i>Solanum lycopersicum</i>)	38
• Tomate Cherry (<i>Solanum lycopersicum cerasiforme</i>)	50
• Chile Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i>)	38
• Lechuga Orejona (<i>Lactuca sativa</i>)	50
• Cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>)	62

Después de 11 días después de la siembra, el día 3 de noviembre de 2023, emergieron las primeras plántulas.

Las charolas de germinación eran regadas cada 2-3 días, y una vez ya recién germinadas, las plantas eran regadas diariamente, cuidando la humedad del sustrato para evitar encharcamientos.

Después de 7 días transcurridos, se observaron las primeras hojas verdaderas en los diferentes cultivos.

El 23 de noviembre de 2023, se tomó la decisión de trasplantar las plántulas de lechuga y tomate, a semilleros con cavidades más grandes. De esta forma, las plantas puedan seguir manteniendo un buen crecimiento, sin problema alguno.

El 6 de diciembre de 2023, las plantas se encontraban listas para ser trasplantadas al sistema acuapónico.

Como primer paso, se cortaron y perforaron los recipientes, en los cuales, se trasplantarán las plantas en el sistema acuapónico. Algunos cultivos tendrán un sustrato combinado, el cual contiene: 25% fibra de coco, 50% tezontle rojo y 25% perlita. Por otro lado, los cultivos restantes, tendrán una esponja para sostenerse y proteger su sistema radical.

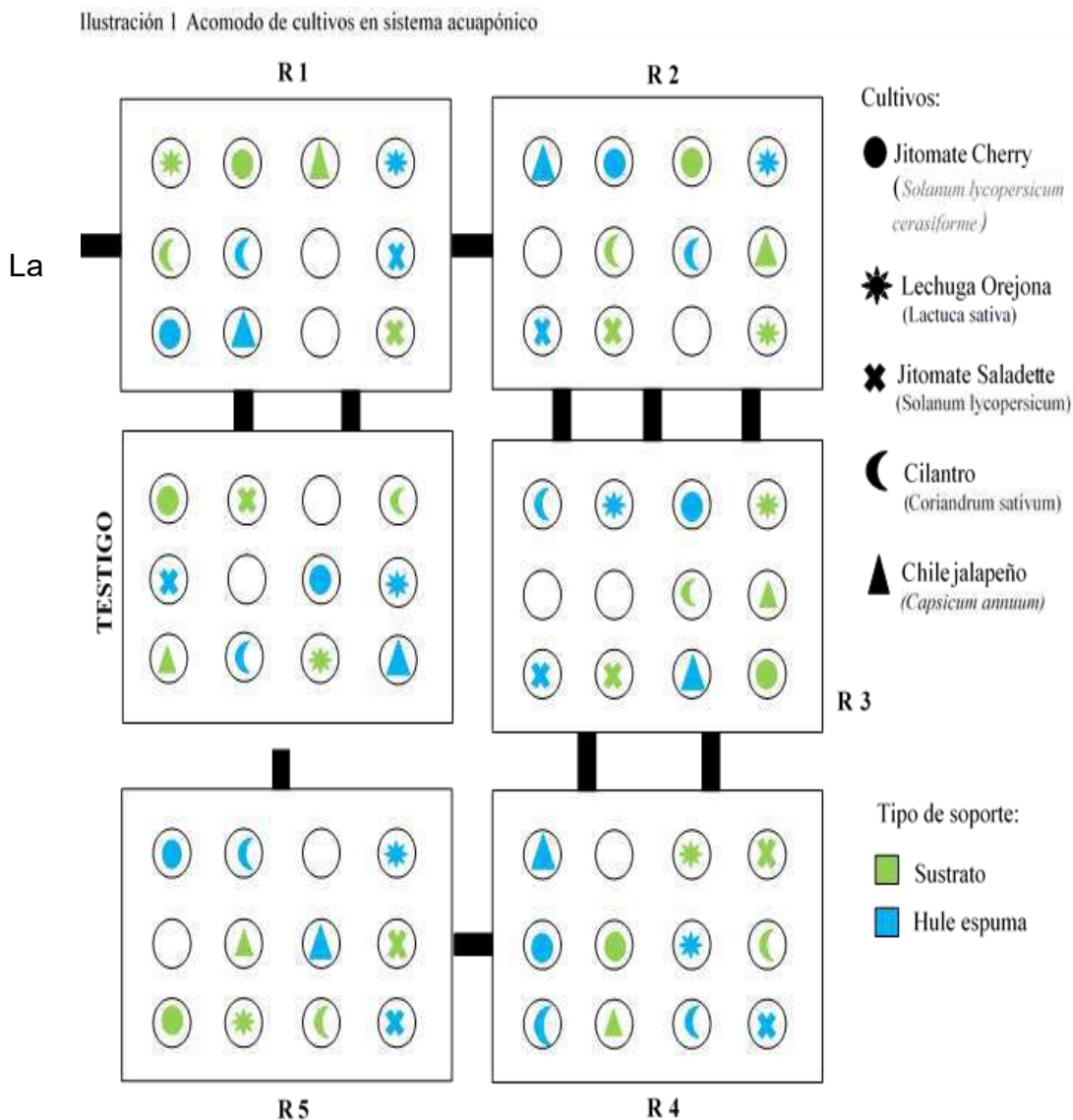
Posteriormente, se perforaron las placas de unicel, con el propósito de que sirvan como una estructura de apoyo para los contenedores.

Se estuvieron tomando los datos de diversos parámetros, tales como lo son: la temperatura, CE y pH. Es de suma importancia mantener un monitoreo constante y cuidadoso de los parámetros de calidad de agua, ya que, de esta forma, se podrá comprender la interacción pez – planta.

Se detectó que el pH del sistema acuapónico no es el adecuado para las plantas. Esto debido a que el rango de pH deseable u óptimo de las plantas es de 6.0 a 7.5, y en el sistema, el pH se encontraba en buenas condiciones para los peces, pero no para las plantas. Los peces soportan un pH de >6.5 - <8.5.

Debido a los altos niveles de pH, se optó por aplicarle cierta cantidad de agua con vinagre al sistema, y de esta forma, poder bajar el pH y sea óptimo tanto para las plantas, como para los peces.

Se realizó el trasplante el día 21 de diciembre de 2023, encontrándose las tilapias (*Oreochromis Niloticus*) en un estadio juvenil; quedando plantas de cada cultivo por caja, una en hule espuma y la segunda en sustrato (tezontle, perlita y fibra de coco).



Elaboración propia

Calidad del agua de acuerdo en el análisis, se observa que los resultados del contenido nutricional del agua, en el caso del potasio (K) es muy poca o nula su presencia. A demás, se empezaron a detectar ciertas sintomatologías en las plantas que indicaban la insuficiencia de nutrientes como lo son el fosforo (P) y Calcio (Ca).

Por ende, se tomaron medidas para satisfacer las necesidades nutricionales de las plantas, elaborando fertilizantes orgánicos para combatir las deficiencias sin perjudicar a los peces.

Se elaboraron tres principales fertilizantes orgánicos, tomando en cuenta los síntomas que presentaban las plantas a lo largo de su desarrollo, entre los cuales pudimos observar falta de potasio (té de plátano), calcio (infusión de cascara de huevo) y fosforo (té de papa).

El Té de papa en un 1L. de agua hervir 6 cascara de papa por un periodo de 5 min, posteriormente filtrar y guardar el agua en un bote de vidrio. Cada semana

El Té de plátano en un 1L. de agua hervir 5 cascara de plátano picadas por 5 min, posteriormente filtrar y guardas en un bote de vidrio. Diluir 2L. de agua por 1L. de té y aplicar cada 15 días

La Infusión de cascara de huevo Triturar 6 cascara de huevo, hervir en 1L. de agua por 5 min, dejar reposar por 24 horas. Aplicar cada 15 días

El día 23 de febrero de 2023, fue la cosecha del sistema acuapónico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la investigación realizada anteriormente, y con base a las actividades que se llevaron a cabo a lo largo de este proyecto, se tienen como resultados los siguientes puntos:

1.-Elaboración de fertilizantes orgánicos.

Se elaboraron 3 fertilizantes orgánicos, los cuales, fueron aplicados en los cultivos del sistema acuapónico para ayudar a combatir la deficiencia de nutrientes que se presentaron a lo largo de la investigación.

2.-Comparación de testigo – repetición.

Cuadro1 Comparación - Jitomate Cherry (*Solanum lycopersicum cerasiforme*)

Testigo	Repetición
	
Se observó la aparición de necrosis en las hojas. De igual forma, se detectó la deficiencia de potasio.	Se presenció la inhibición del crecimiento de las plantas y se detectaron deficiencias de nutrientes. Posteriormente, se aplicaron los fertilizantes orgánicos necesarios.

Cuadro 2 Comparación - Lechuga orejona (*Lactuca sativa*)

Testigo	Repetición
	
Se detectó deficiencia de calcio en las hojas y se vio afectado el crecimiento de la planta.	Se realizó la aplicación del fertilizante orgánico de cascara de huevo, y se observaron mejores resultados.

Cuadro 3 Comparación – Lechuga.

Testigo	Repetición
	
Se encontró que en las hojas se presentaba la deficiencia de fósforo.	En este caso, hubo factores externos (clima frío y pH alto) que provocaron daños severos en la planta en general.

Cuadro 4. Comparación - Cilantro (*Coriandrum sativum*)

Testigo	Repetición
	
Se puede observar una deficiencia de nitrógeno, lo cual genera el amarillamiento en las hojas. También se presentaron factores externos que impidieron un correcto desarrollo.	Se aplicaron dos tipos de fertilizantes (potasio y calcio), se observó una mejoría en la coloración de las hojas. Sin embargo, en cuanto al crecimiento no hubo mejoría.

Cuadro 5. Comparación - Chile Jalapeño (*Capsicum annuum*)

Testigo	Repetición
	
En el testigo se observa una clorosis en la etapa de hojas verdaderas hasta la séptima hoja y comienza a decaer la planta.	En el testigo con la fertilización en esta etapa de hojas verdaderas se puede observar la planta en buen estado, sin embargo, presento más adelante una floración temprana y ya no se desarrollo vegetativamente.

A continuación, se muestran 3 Cuadros donde se resumen los resultados de las pruebas estadísticas de los cultivos en acuaponía

Cuadro 6. Valores promedio, desviación estándar y su comparación por parejas por la prueba de Tukey de Altura de planta (n=5), de los cultivos en acuaponía.

CULTIVO	Altura (cm)			
	HULE ESPUMA		SUSTRATO	
Lechuga orejona	22.5 ^A	± 2.0	26.5 ^B	± 1.1
Tomate cherry	15.6 ^C	± 1.6	18.2 ^C	± 2.1
Tomate Saladette	16.4 ^C	± 1.4	18.0 ^C	± 0.9
Chile jalapeño	10.3 ^{D,E}	± 1.1	12.3 ^D	± 0.9
Cilantro	5.8 ^F	± 1.2	7.9 ^{E,F}	± 0.7

* Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Cuadro 7. Valores promedio, desviación estándar y su comparación por parejas por la prueba de Tukey de Ancho de planta (n=5), de los cultivos en acuaponía.

Ancho (cm)

CULTIVO	HULE ESPUMA		SUSTRATO	
Lechuga orejona	12.9 ^B	± 1.8	23.6 ^A	± 1.5
Tomate cherry	7.9 ^{D,E}	± 0.8	8.9 ^{C,D}	± 0.9
Tomate Saladette	9.8 ^{C,D}	± 0.9	10.7 ^C	± 0.8
Chile jalapeño	6.4 ^E	± 0.7	8.5 ^{D,E}	± 0.6
Cilantro	8.0 ^{D,E}	± 0.7	9.5 ^{C,D}	± 0.7

* Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 8. Valores promedio, desviación estándar y su comparación por parejas por la prueba de Tukey de longitud de raíz (n=5), de los cultivos en acuaponía.

Raíz (cm)

CULTIVO	HULE ESPUMA		SUSTRATO	
Lechuga orejona	26.1 ^A	± 3.8	14.9 ^B	± 2.4
Tomate cherry	13.3 ^{B,C}	± 1.8	13.1 ^{B,C}	± 2.2
Tomate Saladette	11.8 ^{B,C}	± 1.1	12.9 ^{B,C}	± 1.4
Chile jalapeño	9.5 ^{C,D}	± 1.8	9.7 ^{C,D}	± 1.4
Cilantro	7.5 ^D	± 1.6	9.5 ^{C,D}	± 0.9

* Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

El desarrollo de los cultivos chile jalapeño, cilantro, tomate Cherry y Saladette, no fue el esperado. Ya que, no se obtuvo un buen desarrollo del cultivo.

En la lechuga en ambos casos hubo un desarrollo óptimo, las diferencias son mínimas en cuanto al crecimiento vegetativo. Sin embargo, de acuerdo a los resultados obtenidos, las plantas que se encontraban en sustrato lograron un mejor progreso gracias a los beneficios que éste les brinda, tales como: un mejor soporte de las raíces de las plantas, una mejor oxigenación de las raíces por medio de los espacios que se forman entre las partículas (Si las raíces están mal oxigenadas, su capacidad para absorber nutrientes es limitada, lo que puede resultar en

deficiencias nutricionales y un impacto negativo en el desarrollo de las plantas), y la retención de humedad y nutrientes.

CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos anteriormente en el sistema, se comprobó que Sí es posible tener un sistema acuapónico. Observamos que hay nutrientes importantes para el arranque de las plantas y que es necesaria una fertilización después de los primeros 15 días que la planta empiece a desarrollar sus raíces secundarias y que ya tiene un soporte. Por tal motivo, es de suma relevancia comenzar a elaborar los fertilizantes con los diferentes nutrientes que sean requeridos por las plantas. Así mismo, se recomienda analizar cada fertilizante para conocer qué cantidad de nutrientes se le está aplicando a la planta.

Observamos que alrededor de los 30 días, todavía fue posible recuperar el cultivo de la lechuga orejona (*Lactuca sativa*)

Se dedujo que el cultivo que obtuvo un mejor desarrollo tanto en su crecimiento como en su producción, fue la lechuga orejona. Esto debido a su alto rango de tolerancia al pH y por su resistencia y capacidad de adaptabilidad a cualquier clima. En cambio, los demás cultivos (Tomate cherry, Tomate Saladette, cilantro y chile jalapeño) sufrieron graves afectaciones causadas por los altos niveles de pH y las inclemencias climáticas.

Es de importancia conocer los requerimientos básicos (climáticos y nutricionales) de las plantas que se pretendan colocar en un sistema acuapónico para de esta forma obtener mejores resultados.

Este tipo de técnicas juegan un rol importante tanto para el medio ambiente, como para los suelos agrícolas y la piscicultura. En la actualidad, los suelos utilizados para la siembra, se están viendo afectados por la sobreexplotación de éstos y por la falta de responsabilidad ambiental que existe hoy en día. Por ende, la acuaponia es una forma de cuidar nuestros recursos naturales, sin descuidar la seguridad alimentaria

de la población, generando alimento orgánico, libre de químicos que perjudican la salud humana.

LITERATURA CITADA

- COASGROP. (6 de diciembre de 2020). Piscicultura Generalidades. Obtenido de <https://coasgrop.wixsite.com/website/post/piscicultura-generalidades>
- FAO. (2014). Contribución de la pesca y la acuicultura a la seguridad alimentaria y el ingreso familiar en centroamérica. Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/7d1deac2-b385-4db4-8c4c-1a112538099b/content>
- PROAIN. (8 de octubre de 2020). Producción de peces (piscicultura) en México. Obtenido de <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/produccion-de-peces-piscicultura-en-mexico>
- The Nature Conservancy. (2024). Introducción a la acuicultura . Obtenido de <https://reefresilience.org/es/management-strategies/aquaculture/aquaculture-introduction/>
- Cuéllar Lugo, M., Asiain Hoyos, A., Juárez Sánchez, J., Reta Mendiola, J., & Gallardo López, F. (agosto de 2017). Evolución normativa e institucional de la acuicultura en México. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722018000400541#:~:text=En%20M%C3%A9xico%20la%20acuicultura%20ha,pa%C3%ADs%20\(SAGARPA%2C%202017\).](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722018000400541#:~:text=En%20M%C3%A9xico%20la%20acuicultura%20ha,pa%C3%ADs%20(SAGARPA%2C%202017).)
- FAO. (2023). Pesca y acuicultura. Obtenido de Características, estructura y recursos del sector : <https://www.fao.org/fishery/es/countrysector/mx/es>
- Larrazabal, M. (30 de abril de 2020). ¿Qué es la acuicultura? Importancia. Clasificación y tipos de cultivos. Obtenido de <https://www.bialarblog.com/acuicultura/>
- PROAIN. (8 de octubre de 2020). Producción de peces (piscicultura) en México. Obtenido de <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/produccion-de-peces-piscicultura-en-mexico>

SADER. (9 de abril de 2019). Acuicultura, producción y conservación de organismos acuáticos. Obtenido de

[https://www.gob.mx/agricultura/articulos/acuicultura-produccion-y-conservacion-de-organismos-](https://www.gob.mx/agricultura/articulos/acuicultura-produccion-y-conservacion-de-organismos-acuaticos#:~:text=La%20acuicultura%20es%20una%20actividad,de%20agua%20dulce%20o%20salada.&text=Tambi%C3%A9n%20denominada%20acuicultura%2C%20esta%20pr%C3%A1ctica,e)

[acuaticos#:~:text=La%20acuicultura%20es%20una%20actividad,de%20agua%20dulce%20o%20salada.&text=Tambi%C3%A9n%20denominada%20acuicultura%2C%20esta%20pr%C3%A1ctica,e](https://www.gob.mx/agricultura/articulos/acuicultura-produccion-y-conservacion-de-organismos-acuaticos#:~:text=La%20acuicultura%20es%20una%20actividad,de%20agua%20dulce%20o%20salada.&text=Tambi%C3%A9n%20denominada%20acuicultura%2C%20esta%20pr%C3%A1ctica,e)

SADER. (30 de octubre de 2020). Acuicultura, actividad que brinda seguridad alimentaria. Obtenido de

[https://www.gob.mx/agricultura/articulos/acuicultura-actividad-que-brinda-seguridad-](https://www.gob.mx/agricultura/articulos/acuicultura-actividad-que-brinda-seguridad-alimentaria#:~:text=Esta%20actividad%20contribuye%20al%20crecimiento,nutritivo%20para%20el%20consumo%20humano.)

[alimentaria#:~:text=Esta%20actividad%20contribuye%20al%20crecimiento,nutritivo%20para%20el%20consumo%20humano.](https://www.gob.mx/agricultura/articulos/acuicultura-actividad-que-brinda-seguridad-alimentaria#:~:text=Esta%20actividad%20contribuye%20al%20crecimiento,nutritivo%20para%20el%20consumo%20humano.)

SIAP. (29 de abril de 2016). Hidroponía ¿Sabes qué es y cómo funciona? Obtenido de <https://www.>

PRODUCCIÓN DE MÁIZ Y PERCEPCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN PRODUCTORES DE MÁIZ DE HUAMANTLA, TLAXCALA

Venancio Cuevas-Reyes¹, Enrique Buendía Rodríguez¹, Dolores Briones Reyes¹,
Jaime Rangel Quintos¹, José Luis Jolalpa Barrera¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo
Experimental Valle de México, 56250, México. Correo: cuevas.venancio@gmail.com

RESUMEN

La producción agropecuaria está siendo afectada por variables de cambio climático. Estos efectos pueden ser aún más intensos en zonas donde la producción depende de la lluvia, como es el estado de Tlaxcala donde solo el 11 % cuenta tierras con sistemas de riego. El objetivo del presente estudio fue identificar los aspectos productivos y la percepción de los productores sobre los efectos del cambio climático en la producción de maíz en el municipio de Huamantla Tlaxcala. Se entrevistaron 43 pequeños productores de maíz elegidos mediante muestreo no probabilístico, posteriormente, mediante análisis clúster fueron identificados y caracterizados tres grupos de productores. Para la comparación de los grupos se utilizó la *prueba t-student* para grupos independientes y pruebas de Chi-cuadrado para comparación de proporciones. Los análisis fueron realizados con el software SPSS versión 27.0 para Windows. El Clúster1 (C1, n=8) constituye el 18.6 % de las unidades de producción (UP), el Clúster2 (C2, n= 26) representa el 60.5 %, y el Clúster3 (C3, n=9) representa el 20.9 %. Las variables que resultaron significativas ($p<0.05$) fueron: la edad, la escolaridad, la producción total y el rendimiento. Los productores del C1 tienen 38 años de edad, mayor nivel de escolaridad, sin embargo, el C3 cuenta con mayor producción total y rendimiento. Respecto a las variables del cambio climático, los productores lo relacionan con una menor cantidad de lluvia, más calor y cambio en las estaciones climáticas a lo largo del año. La edad avanzada de los productores y los efectos del clima manifiestan la necesidad de una diversidad de estrategias de capacitación y uso de tecnología para enfrentar los problemas actuales de la producción de maíz en la región.

Palabras clave: Sequía, Ambiente, Tecnología, Clima, Tipología.

ABSTRACT

Agricultural production is being affected by climate change variables. These effects can be even more intense in areas where production depends on rainfall, such as the state of Tlaxcala, where only 11% of land has irrigation systems. The aim of this study was to identify the productive aspects and the perception of producers on the effects of climate change on corn production in the municipality of Huamantla, Tlaxcala. 43 small corn producers were interviewed, selected through non-probabilistic sampling. Three groups of producers were subsequently identified and characterized through cluster analysis. To compare the groups, the t-student test was used for independent groups and Chi-square tests for comparing proportions. The analyses were performed with SPSS software version 27.0 for Windows. Cluster 1 (C1, n=8) represents 18.6% of the production units (PU), Cluster 2 (C2, n=26) represents 60.5%, and Cluster 3 (C3, n=9) represents 20.9%. The variables that were significant ($p < 0.05$) were age, education, total production and yield. Producers in C1 are 38 years old, with a higher level of education; however, C3 has a higher total production and yield. Regarding the variables of climate change, producers relate it to less rain, more heat and change in the climatic seasons throughout the year. The advanced age of producers and the effects of climate demonstrate the need for a variety of training strategies and the use of technology to address the current problems of corn production in the region.

Keywords: *Drought, Environment, Technology, Climate, Typology.*

INTRODUCCIÓN

En México se produce un promedio anual de más de 27 millones de toneladas de maíz blanco en una superficie de más de 7 millones de hectáreas y de maíz amarillo más de 15 millones de toneladas en una superficie de 553 mil hectáreas. El cultivo del maíz se producen principalmente dos variedades de maíz: blanco y amarillo. De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2021) durante el periodo 2010 a 2020 se sembraron en promedio 9.9 millones de hectáreas de granos básicos en México (maíz, frijol, trigo y arroz), de los cuales el maíz con un rendimiento promedio de 3.5 t ha^{-1} representa el 76 % del total, dando

como resultado una producción de maíz de 26.3 millones de toneladas, de los cuales el maíz blanco participa con el 82.9%, el amarillo con 10.3% y otros tipos de maíz con el 6.8% del total de la producción.

El estado de Tlaxcala dispone de una superficie de producción de 266 mil hectáreas, de las cuales 210 mil (79.3 %) realizan actividades agropecuarias o forestales. En el estado solo se cuenta con 11 % de tierras con sistemas de riego. El ejido es la principal forma de tenencia de la tierra; el 58 % de tipo de propiedad está registrada bajo este régimen (INEGI, 2017). De esta forma, la producción de maíz en Tlaxcala es básicamente de minifundio temporalero, con escasos grandes productores de riego. El primero oscila entre 100 mil y 120 mil hectáreas anuales y los segundos se han mantenido debajo de las 20 mil. De acuerdo con el SIAP (2021), la superficie de maíz grano de Huamantla fue de 17 285.00 hectáreas sembradas. La participación de cada distrito en la producción de maíz blanco es de 42 % en Huamantla, 23 % Calpulalpan y en todo el estado es 35 % (SIAP, 2021).

En la actualidad, la humanidad enfrenta crisis alimentaria, económica, social, energética y ambiental, esta última provocada por el deterioro del suelo, sobreexplotación y destrucción de bosques y selvas, contaminación del agua, extracción masiva de agua del manto freático y el cambio climático (Banco Mundial, 2010). Estas crisis pueden tener efectos directos en la producción agropecuaria, y son más evidentes en zonas de temporal. Por lo que, un cambio en las condiciones climáticas puede afectar la producción de maíz, incidiendo directamente en los productores. De esta forma, el objetivo del presente estudio fue identificar los aspectos productivos y la percepción de los productores sobre los efectos del cambio climático en la producción de maíz en el municipio de Huamantla Tlaxcala.

MATERIALES Y METODOS

Zona de estudio

Huamantla se encuentra ubicado a los 19° 19' de latitud norte y 97° 55' de longitud oeste, con una altitud media de 2 500 metros. Cuenta con una extensión territorial aproximada de 331.92 km². Limita al norte con el municipio de Terrenate, al este con Alzayanca, Cuapixtla y el estado de Puebla, al sur con Ixtenco, Zitlaltepec de

Trinidad Sánchez Santos y Puebla, y al oeste con San Francisco Tetlanohcan, San José Teacalco, Tzompantepec, Tocatlán y Xaloztoc (INEGI, 2005).

Selección de la muestra

Para seleccionar la muestra, se utilizó muestreo no probabilístico e intencional (Quinn, 2002; Hernández, 2021). Durante el mes de agosto y septiembre fueron entrevistados 43 pequeños productores de maíz del municipio de Huamantla.

Técnicas de recolección de la información

Se elaboró y aplicó un cuestionario en tres secciones o apartados: la primera sección relacionada con las características sociales del productor (edad, escolaridad, número de miembros totales en su familia), la segunda sección estuvo relacionada la producción de maíz (dosis de siembra de maíz, producción, superficie sembrada y rendimientos) y la tercera sobre la percepción que tiene sobre el conocimiento del cambio climático y su percepción sobre la variación en las condiciones de clima que ocasiona.

Análisis de la información

El criterio de agrupación fue el método de vinculación de Ward y la medida de asociación fue la distancia euclídea al cuadrado. En el método de Ward, la distancia entre dos clústeres se calcula como la suma de cuadrados entre grupos, y se busca minimizar la varianza intragrupal y maximizar la homogeneidad dentro de los grupos (Vilà-Baños *et al.*, 2014). Posteriormente fueron identificados los grupos homogéneos y fue realizada la caracterización de los productores. Para la comparación de los grupos se utilizó la prueba *t-student* para grupos independientes y pruebas de Chi-cuadrado para comparación de proporciones. Los análisis fueron realizados con el software SPSS 27.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para realizar el análisis clúster se seleccionaron siete variables cuantitativas relacionadas con los aspectos sociales del productor, recursos agrícolas,

rendimientos agrícolas y producción. Estas variables de acuerdo a la literatura influyen en el uso y adopción de la tecnología (Feder *et al.*, 1985).

Tipología de las Unidades de Producción (UP)

El análisis clúster permitió clasificar las unidades de producción de maíz en tres grupos o clústeres diferenciados: el Clúster1 (C1, n=8) constituye el 18.6 % de UP, el Clúster2 (C2, n= 26) representa el 60.5 %, y finalmente, el Clúster3 (C3, n=9) representa el 20.9 % del total de la muestra analizada (Figura 1).

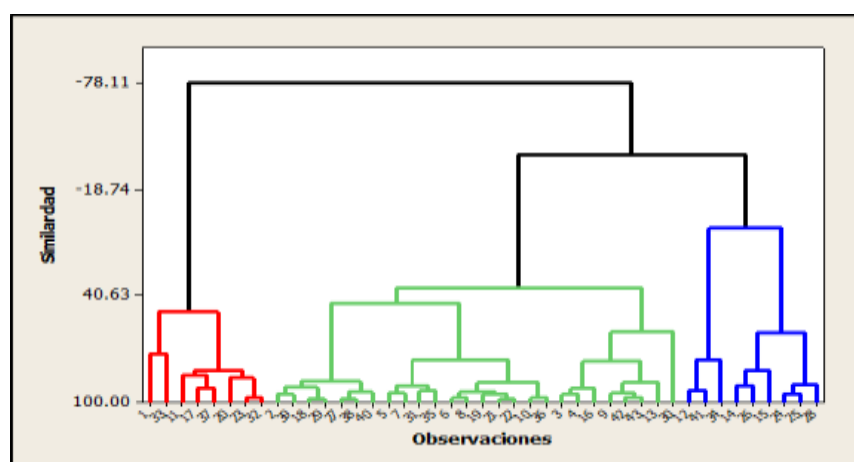


Figura 1. Tipología de las UP de maíz en Huamantla, Tlaxcala.

Aspectos sociales

La variable edad resultó significativa entre los productores del C1 respecto a los productores del C2 y C3. Así, los productores del C1 son relativamente jóvenes ya que cuentan con una edad de 38.1 ± 12.2^a años, en comparación con los productores del C2 y C3 los cuales tienen una edad de 65 y 66 años. Los productores más jóvenes tienen mayor cantidad de hijos que dependen económicamente de ellos en comparación con los productores del C2 y C3 (Cuadro 1).

La mayor proporción de productores se encuentran por arriba de los 65 años de edad, lo cual concuerda con lo encontrado en un estudio realizado en Huamantla por Ayala *et al.* (2022), quienes señalan que los productores en promedio tienen edad de 55 años, las edades se encuentran en un rango de 33 hasta 76 años. El 66 % eran mayores de 60, por lo que se considera que el sector rural del municipio tiene envejecimiento de la población.

En el caso del nivel de educación hubo diferentes estadísticas entre los grupos de productores ($p<0.05$). Los productores del C1 tienen mayor nivel de escolaridad (nivel bachillerato e inclusive carrera técnica) en comparación con los productores del C2 y C3, los cuales tienen estudios a nivel primaria.

Cuadro 1. Edad y número de hijos de en los clústeres (media $\pm$ desviación estándar)

Clúster	Edad (años)	Hijos totales (#)	Escolaridad (años)
C1	38.1 $\pm$ 12.2 ^a	5.5 $\pm$ 2.7 ^a	6.9 $\pm$ 1.5 ^a
C2	66.7 $\pm$ 9.6 ^b	3.2 $\pm$ 2.9 ^{ab}	2.9 $\pm$ 1.1 ^b
C3	65.2 $\pm$ 13.9 ^b	2.2 $\pm$ 2.3 ^{bc}	2.6 $\pm$ 1.6 ^b

Fuente: elaboración propia. Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba *t de Student*

Aspectos productivos

Los productores de los tres grupos analizados cuentan con una superficie y dosis de siembra similar. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas ($p<0.05$) en la producción total de maíz obtenida entre los productores del grupo 3 y los productores del grupo 1 y 2 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Superficie, producción y dosis de siembra de maíz (media $\pm$ desviación estándar)

Clúster	Superficie (ha)	Producción total (t)	Dosis siembra (kg ha ⁻¹)
C1	2.75 $\pm$ 1.0 ^a	2.4 $\pm$ 1.5 ^a	27.1 $\pm$ 5.7 ^a
C2	2.70 $\pm$ 1.6 ^a	1.0 $\pm$ 0.9 ^a	25.7 $\pm$ 4.7 ^a
C3	3.6 $\pm$ 2.9 ^a	4.5 $\pm$ 2.5 ^b	26.3 $\pm$ 6.3 ^a

Fuente: elaboración propia. Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba *t de Student*.

Rendimientos y percepción del cambio climático

Al analizar el rendimiento actual y el que tenían una década atrás, se encontraron diferencias significativas ($p<0.05$) entre el rendimiento de maíz de la actualidad en

cada uno de los tres grupos analizados, En contraste, con los rendimientos obtenidos una década atrás, donde los rendimientos eran de aproximadamente de 3 t ha^{-1} . Es decir, la producción actual de maíz ha disminuido alrededor del 60 % comparado con la producción obtenida una década atrás. Esto pudiera ser ocasionado por aspectos relacionados con el tipo de tecnología utilizada y por variables relacionadas con el cambio climático (Cuadro 3).

Cuadro 3. Rendimiento actual y pasado de maíz (media $\pm$ desviación estándar)

Clúster	Rendimiento actual (t ha^{-1})	Rendimiento 10 años atrás (t ha^{-1})
C1	0.86 ± 0.44^a	2.9 ± 1.2^a
C2	0.46 ± 0.32^b	3.2 ± 1.4^a
C3	1.4 ± 0.48^c	3.3 ± 0.75^a

Fuente: elaboración propia. Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba *t de Student*

El 100 % de los productores del C1, el 81 % del C2 y el 78 % de los productores del C3 señalaron saber lo que es el cambio climático. En relación a lo que es el cambio climático, las respuestas se relacionaron en primer lugar (59.6 % de los productores) con una menor cantidad de lluvia, más calor (24.7 %) y, en tercer lugar, el cambio brusco de las estaciones climatológicas (13 %) a lo largo del año (Figura 2). Al respecto el titular de la Secretaría de Impulso Agropecuario (SIA) del estado de Tlaxcala, señaló que la sequía recurrente, que se prolongó hasta el 20 de junio de 2024, orilló a los productores a cambiar de semillas como avena y maíz forrajero precoz con una cosecha de elote de tres meses. La SIA señala que “Hasta la primera quincena de junio, fecha ya no apta para la siembra de maíz, por los efectos de la sequía, los productores optaron por un cultivo alternativo” (Baños, 2024).

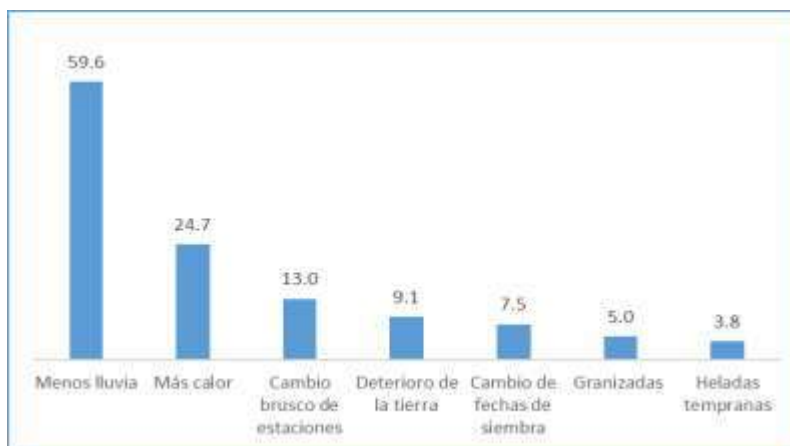


Figura 2. Frecuencia de los principales efectos climatológicos desde la visión de los productores.

Los productores de mayor edad (C2), son los que tienen una mayor percepción de los efectos del clima sobre la producción de maíz; pues el 73.1% señalaron que hay menos lluvia, 26.9 % de este mismo grupo señalaron que hay más calor, y también efecto en el cambio de estaciones (15.4 %) y cambio en las fechas de siembra (11.5 %). En tanto, los productores del C1 tuvieron una mejor percepción de los efectos del cambio climático en la producción de maíz. (Cuadro 4)

Cuadro 4. Percepción de los principales efectos del cambio climático (%)

Clúster	Menos lluvia	Más calor	Cambio de estaciones	Cambio fechas de siembra
C1	50.0 ^a	25.0 ^a	12.5 ^a	0
C2	73.1 ^a	26.9 ^a	15.4 ^a	11.5 ^a
C3	55.6 ^a	22.2 ^a	11.1 ^a	11.1 ^a

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Se logró identificar los aspectos productivos y la percepción de los productores de maíz sobre los efectos del cambio climático donde los productores relacionan el concepto de cambio climático con una menor cantidad de lluvia, más calor y cambio en las estaciones climáticas a lo largo del año. La superficie destinada a la producción de maíz en el municipio de Huamantla es menor a 3.6 hectáreas. Aproximadamente el 80 % de los productores tienen más de 65 años de edad, solo

el 18 % de los productores entrevistados cuentan con menos de 38 años de edad. La producción de maíz actual es menor a 1.4 t ha⁻¹ en comparación con una producción de 3 t ha⁻¹ obtenida una década atrás. La edad avanzada de los productores y los efectos del clima manifiestan la necesidad de una diversidad de estrategias de capacitación y uso de tecnología para enfrentar los problemas actuales de la producción de maíz en la zona de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo financiero del INIFAP al proyecto con número SIGI 1474736477 titulado “La percepción de los productores de Maíz, sobre los efectos del cambio climático y la adopción de semillas mejoradas en tres regiones agroecológicas en los estados de Tlaxcala, Estado de México y Veracruz.”

LITERATURA CITADA

- Almaguer Vargas, G., Ayala Garay, A. V., Sánchez Hernández, M., & Martínez Trejo, G. (2022). La producción de maíz en Huamantla, Tlaxcala. Textual, (80), 157–180. <https://doi.org/10.5154/r.textual.2022.80.06>
- Banco Mundial (BM). (2010). Informe sobre el desarrollo mundial 2010. Desarrollo y cambio climático. Washington DC. Banco Mundial. <https://documents1.worldbank.org/curated/ar/985501468170350669/pdf/530770WDR00SPA00Box0361490B0PUBLIC0.pdf>
- Baños, T. (2024). No se alcanzó la meta de siembra de maíz en Tlaxcala. El Sol de Tlaxcala, jueves 11 de julio de 2024. <https://www.elsoldetlaxcala.com.mx/local/no-se-alcanzo-la-meta-de-siembra-de-maiz-en-tlaxcala-12225355.html>
- Hernández, G.O. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. Revista Cubana de Medicina General Integral, 37(3):e1442. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252021000300002
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2005). Síntesis sociodemográfica municipal de Huamantla.

https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/sint_sociodem/Sint_Huamantla.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). Anuario estadístico geográfico de Tlaxcala 2017. México. https://observatorioturisticodetlaxcala.com.mx/materiales/anuario_estadistico_y_geografico_tlaxcala_2017.pdf

Massieu, Y. (2017). Los productores de maíz en Tlaxcala: cultura, innovación y alimentación. La jornada del campo. <https://www.jornada.com.mx/2017/05/20/cam-maiz.html> (22 de octubre de 2024)

Quinn, M.P. (2002). Qualitative Research & Evaluation Methods. Sage Publications.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2021). Producción agrícola. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>

Vilà-Baños, R. Rubio-Hurtado, M. J., Berlanga-Silvente, V. y Torrado-Fonseca, M. (2014). Cómo aplicar un cluster jerárquico en SPSS. Revista d'Innovació i Recerca en Educació, 7 (1), 113-127. <http://www.ub.edu/ice/reire.htm>

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE DOS MATERIALES DE JITOMATE UVA EN LA ZONA CENTRO SUR DE CHIHUAHUA

Leslie Carnero Avilés¹; Enrique González Pérez^{2*}; Omar Castor Ponce García¹

¹INIFAP-CEDEL-Campo Experimental Delicias, Km. 2 Carr. Delicias-Rosales, 33000. Cd. Delicias, Chihuahua, México. ²INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Bajío, Km. Carretera Celaya-San Miguel Allende. K.m. 6.5 Celaya, Guanajuato, México. *Autor de correspondencia:

gonzalez.enrique@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se realizó una evaluación de dos materiales de jitomate uva, las cuales fueron desarrolladas y obtenidas en el Centro de Investigación del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) - Campo Experimental del Bajío. El estudio se llevó a cabo utilizando un diseño experimental basado en parcelas divididas, establecidas en colaboración con un agricultor cooperante del municipio de Delicias, en el estado de Chihuahua. Durante el experimento, se recolectaron datos sobre el rendimiento de los dos materiales, los cuales fueron sometidos a un análisis estadístico utilizando un ANOVA factorial para identificar diferencias significativas entre los tratamientos, seguido de una prueba de comparación múltiple de medias mediante el método de Tukey. Se evaluaron diversos parámetros como tamaño y contenido de sólidos solubles, atributos relevantes para la comercialización del tomate uva. Los materiales mostraron rendimientos relativamente bajos 1.06 ton ha⁻¹, lo que sugiere la influencia de factores ambientales o agroclimáticos específicos del área de estudio que podrían haber afectado negativamente su productividad. Esto plantea la necesidad de continuar evaluando estos materiales en distintas condiciones agroecológicas y su ajuste a fechas de siembra con el fin de optimizar su rendimiento y adaptabilidad.

Palabras clave. Jitomate, materiales, rendimiento, calidad.

ABSTRACT

An evaluation of two grape tomato materials was carried out, which were developed and obtained at the Research Center of the National Institute of Forestry, Agricultural and Livestock Research (INIFAP) - Bajío Experimental Field. The study was carried out using an experimental design based on split plots, established in collaboration with a cooperating farmer from the municipality of Delicias, in the state of Chihuahua. During the experiment, data were collected on the yield of the two materials, which were subjected to a statistical analysis using a factorial ANOVA to identify significant differences between treatments, followed by a multiple comparison test of means using the Tukey method. Various parameters such as size and soluble solids content, relevant attributes for the marketing of grape tomato, were evaluated. The materials showed relatively low yields 1.06 ton ha⁻¹, suggesting the influence of environmental or agroclimatic factors specific to the study area that could have negatively affected their productivity. This raises the need to continue evaluating these materials in different agroecological conditions and their adjustment to planting dates in order to optimize their performance and adaptability.

Keywords. *Tomato, varieties, yield, quality.*

INTRODUCCIÓN

La expansión de cultivos a nuevas áreas y la introducción de nuevos genotipos en el mercado generan incertidumbre respecto al rendimiento y los parámetros de calidad relacionados (Voltas et al., 2001). Algunos de los parámetros para evaluar la calidad son el tamaño del fruto de tomate (calibre), aunque no determina directamente su calidad, influye significativamente en las expectativas sobre su calidad comercial (Ruiz et al., 2012). En cambio, el color es uno de los atributos más relevantes que afectan la percepción del consumidor acerca de la calidad. Puede usarse tanto como una estimación directa de la calidad como un indicador indirecto, como se observa en tomates, cítricos y arándanos. La medición del color también ayuda a estimar componentes químicos relacionados con los índices de calidad, y su percepción varía según la madurez del fruto (Francis, 1995). Según Zapata

(2007), el color en el tomate es crucial para determinar la madurez y la vida post-cosecha. Asimismo, el contenido de sólidos solubles en el fruto, conocido como °Brix, es un índice práctico que refleja la cantidad de sólidos y está relacionado con los azúcares presentes, principalmente glucosa y fructosa, que representan aproximadamente el 65% de los sólidos solubles totales en el fruto maduro (De la Torre, 1998; Aragüez et al., 2020). El contenido de azúcares varía entre el 1.7% y el 4% del peso fresco del fruto, mientras que los sólidos solubles totales oscilan entre el 4% y el 9% en los cultivares comerciales. Es importante señalar que el contenido de sólidos solubles totales es inversamente proporcional al rendimiento de los frutos. A medida que el fruto crece, el contenido de azúcares reductores aumenta, pasando del 0.1% del peso fresco a un 3.5% en la fase de maduración (Nuez, 1995; Jiménez-Santana et al., 2012). Las variaciones en el ambiente pueden provocar efectos diferentes en los genotipos. Se considera que hay interacción genotipo-ambiente cuando los genotipos muestran expresiones distintas en una variedad de entornos (Voltas et al., 2001), por lo tanto, es importante evaluar materiales en diversas localidades a lo largo del tiempo para obtener información para estimar las respuestas genotípicas a las variaciones en las condiciones ambientales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dos materiales de jitomate uva indeterminado etiquetadas como L-5 y L-6 las cuales fueron generadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias fueron establecidas en el Ejido 92 perteneciente al municipio de Delicias, Chihuahua a una altitud de 1171 msnm, las cuales fueron cultivadas siguiendo el manejo agronómico del productor. Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas, con cuatro repeticiones. La parcela consistió de 25 plantas, y la parcela útil consistió en las cinco plantas centrales. La siembra para plántula se realizó el 19 de febrero de 2024 para posteriormente realizar el trasplante el 8 de abril (49 dds). La cosecha se inició el día 10 de julio de 2024 para ambos materiales hasta el 27 de agosto cuando se detuvo el mantenimiento del cultivo debido a problemas fitosanitarios (190 ddt). Para la estimación del rendimiento por hectárea

se tomó el peso de los frutos por cinco plantas hasta los 190 ddt realizando un total de 5 cortes. De los frutos cosechados se tomaron las medidas de diámetro ecuatorial de 15 frutos, mientras que el porcentaje de sólidos solubles totales (° Brix) se midió el porcentaje de sólidos solubles de 20 frutos por muestra con 4 repeticiones con un refractómetro manual. Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis estadístico de variancia, utilizando la prueba Tukey ($P=0,05$) para la separación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a la producción obtenida correspondiente a 5 cortes se observaron rendimientos de 1060.31 y 756.38 Kg para los materiales L-6 y L-5 respectivamente (Tabla 1), lo cual indica que posiblemente el material L-6 tiene una mayor adaptabilidad al clima. Tomando en cuenta los rendimientos la producción nacional estimada es de 3.05 ton ha^{-1} (Márquez-Hernández et al., 2006) se puede elucidar que su potencial de producción se vio altamente afectado. En los meses de abril a agosto en el Estado de Chihuahua las temperaturas oscilan entre los 38.6 y 41.0 °C según la estación meteorológica Cd. Delicias (DGE) las cuales coincidieron con la época de floración del cultivo. Arana (2016) mencionan que, en el caso de presentarse temperaturas superiores a los 30 °C, la fructificación, el sistema radicular y el desarrollo de la planta se ven afectados. Por lo tanto, las altas temperaturas se convirtieron en un factor limitante en la zona lo cual puede reducir de forma significativa la producción del cultivo de jitomate (Florido y Álvarez, 2015). En cuanto a diámetro ecuatorial y grados Brix no hubo diferencia significativa en cuanto a los valores obtenidos.

Tabla 1. Rendimiento de los materiales L-6 y L-5 evaluadas en la zona centro sur de Chihuahua.

Material	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	Diámetro ecuatorial (cm)	°Brix
L-6	1060.31 a	1.91 a	6.37 a
L-5	756.0 b	1.94 a	6.46 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El ajuste adecuado de las fechas de siembra en el cultivo de tomate es un factor crucial para maximizar la producción y minimizar los riesgos asociados con condiciones climáticas adversas (Patanè et al., 2011). En este sentido, Hossain (2021) recopiló datos de parámetros como la altura de la planta, el número de frutos por planta, el rendimiento, grados Brix, pH y contenido de vitamina C (mg/100 g) en tomate uva evaluado en diferentes fechas de siembra donde sus resultados mostraron que la fecha en la cual fue establecido y desarrollado el cultivo tuvo un efecto significativo en estos parámetros.

CONCLUSIONES

El rendimiento del jitomate uva en Delicias, Chihuahua, se vio afectado por las altas temperaturas durante las etapas críticas de su crecimiento y floración especialmente en el material L-6, que mostró mayor adaptabilidad que L-5. A pesar de que ambos materiales estuvieron por debajo de los rendimientos esperados, las condiciones climáticas adversas limitaron significativamente la producción. No se encontraron diferencias significativas en los parámetros de calidad, como el diámetro y los sólidos solubles (°Brix), entre los materiales evaluados. Estos resultados resaltan la importancia de ajustar las fechas de siembra para mitigar los efectos de las temperaturas extremas y optimizar tanto el rendimiento como la calidad del cultivo.

LITERATURA CITADA

- Alvarez, J. (2011). Plan de negocios para el desarrollo de un proyecto productivo de tomate chonto (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo invernadero en la finca las mercedes municipio de Gómez plata. 16 p.
- Aragüez, L., Colombo, A., Borneo, R., & Aguirre, A. (2020). Active packaging from triticale flour films for prolonging storage life of cherry tomato. *Food Packaging and Shelf Life*, 25, 100520.
- Arana, D. (2016). Evaluación de tres dosis de fertilizante quelatado en tres híbridos de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo condiciones protegidas. Facultad de Ciencias Agrarias. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/13779/1/Arana%20Peralta%20Darwin%20Efra%C3%ADn.pdf>
- De la Torre, R., Gonzales, R. (1998). Parámetros de Calidad en el Tomate para Industria, 157p.
- Florido, M. y Álvarez, M. (2015). Aspectos relacionados con el estrés de calor en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Cultivos Tropicales*, 36(especial), 77-95. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36s1/ctr08s115.pdf>
- Francis, F., 1995. Quality as influenced by color, *Food Quality and Preference*, 6(3):1-7p.
- Hossain, M. F. (2021). Effect of Planting Time on the Yield and Quality of Cherry Tomato (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*). *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 8(2), 123-131. 10.22059/ijhst.2020.314445.421
- Jiménez-Santana, E., Robledo-Torres, V., Benavides-Mendoza, A., Ramírez-Godina, F., Ramírez-Rodríguez, H., & de La Cruz-Lázaro, E. (2012). Calidad de fruto de genotipos tetraploides de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Universidad y ciencia*, 28(2), 153-161.
- Márquez-Hernández, C., Cano-Ríos, P., Chew-Madinaveitia, Y. I., Moreno-Reséndez, A., & Rodríguez-Dimas, N. (2006). Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(2), 183-188.

- Nuez, F. (1995). Desarrollo de nuevos cultivares. En: Nuez, V. F. (ed.). El Cultivo del tomate. Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 626 - 669.
http://books.google.hn/books?id=EMXnooykTQC&printsec=frontcover&dq=cultivo+de+tomate&hl=es419&sa=X&ei=DOJ_Upn_FljC4AOho4CQAg&ved=0CCsQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false
- Patanè, C., Tringali, S., y Sortino, O. (2011). Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. *Scientia Horticulturae*, 129(4), 590-596.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.04.030>
- Ruiz, J.; Vicente, A.; Montáñez, J.; Rodríguez, R. y Aguilar, C., (2012). Un tesoro perecedero en México: el tomate, tecnologías para prolongar su vida de anaquel, 54, 42-48 p
- Voltas J, van Eeuwijk, García del Moral LF, Molina-Cano JL, Romagosa I, (2001). Genotype by Environment Interaction and Adaptation in Barley Breeding: Basic Concepts and Methods of Analysis. En: Barley: Recent advances from molecular biology to agronomy of yield and quality. Slafer GA, Molina-Cano JL, Araus JL, Savin R, Romagosa I (eds.). Journal of Crop Production. Food Product Press N.Y. pp. 205-241.
- Zapata, L., Gerard, L., Davies, C., Oliva, L., Schvab, M., (2007). Correlación matemática de índices de color del tomate con parámetros texturales y concentración de carotenoides. Ciencias exactas y naturales. Ingenierías y tecnologías. 18(34) 209 - 219 p.
https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-17162007000100007&lng=es&tlng=es.

PROPENSIÓN AL RIESGO Y DECISIONES DE PRODUCCIÓN EN PEQUEÑOS PRODUCTORES AGRÍCOLAS

Erick Baltazar-Brenes¹, Mercedes Borja-Bravo²

¹INIFAP - Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, ²INIFAP - Campo

Experimental Pabellón. Contacto: baltazar.erick@inifap.gob.mx

RESUMEN

Este estudio examina la relación entre la propensión al riesgo y la adopción de prácticas agrícolas en pequeños productores de maíz en Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. Dada la vulnerabilidad de estos productores a factores externos como el clima y las fluctuaciones de precios, los métodos de gestión de riesgos, como los seguros agrícolas, son inalcanzables para muchos de ellos. En consecuencia, recurren a alternativas como la diversificación de actividades y el ajuste de prácticas para mitigar los riesgos. A través de un análisis de correspondencias, el estudio evaluó una muestra de 67 productores beneficiarios del programa PROCAMPO 2021, encontrando una relación significativa entre la propensión al riesgo y la cantidad de prácticas agrícolas implementadas. Los resultados muestran que los productores con mayor tolerancia al riesgo adoptan más prácticas, incluidas aquellas adicionales a las mínimas recomendadas. Este hallazgo sugiere que el nivel de riesgo percibido influye en las decisiones productivas de los agricultores, con implicaciones en la sostenibilidad y eficiencia de sus sistemas. Los resultados pueden orientar programas de intervención que promuevan la adopción de prácticas agrícolas en productores menos dispuestos a asumir riesgos, fortaleciendo su resiliencia y adaptabilidad.

Palabras clave: Aversión al riesgo, Pequeños productores, Incertidumbre, Gestión de riesgo, Economía conductual.

ABSTRACT

This study examines the relationship between risk propensity and the adoption of agricultural practices among small corn farmers in Tepatitlán de Morelos, Jalisco, Mexico. Given the vulnerability of these producers to external factors such as weather and price fluctuations, risk management methods such as agricultural insurance are unaffordable for many of them. Consequently, they resort to alternatives such as diversification of activities and adjustment of practices to mitigate risks. Through a correspondence analysis, the study evaluated a sample of 67 producers who are beneficiaries of the PROCAMPO 2021 program, finding a significant relationship between risk propensity and the number of agricultural practices implemented. The results show that producers with higher risk tolerance adopt more practices, including those in addition to the minimum recommended practices. This finding suggests that the level of perceived risk influences farmers' production decisions, with implications for the sustainability and efficiency of their systems. The results can guide intervention programs that promote the adoption of agricultural practices in producers less willing to assume risks, strengthening their resilience and adaptability.

Keywords: Risk aversion, Smallholders, Uncertainty, Risk management, Behavioral economics.

INTRODUCCIÓN

El sector agrícola enfrenta un entorno de alta incertidumbre y volatilidad, debido principalmente a su dependencia de factores externos impredecibles, como el clima, las plagas, las fluctuaciones en los precios de los productos, y las variaciones en la disponibilidad de recursos. Esta complejidad genera un entorno de riesgo que exige a los agricultores tomar decisiones estratégicas para mitigar el impacto de eventos adversos. En particular, los pequeños productores son especialmente vulnerables debido a sus limitados recursos financieros y tecnológicos, lo que restringe su capacidad para implementar estrategias de mitigación eficaces (Ward & Singh, 2014).

La gestión del riesgo en la agricultura es esencial para mejorar la resiliencia de los productores y asegurar la estabilidad de su producción y sus ingresos. Sin embargo, los métodos formales de gestión de riesgos, como los seguros agrícolas, suelen ser inaccesibles o poco rentables para muchos pequeños productores. Esto se debe, en parte, a que los costos de los seguros son altos en relación con los ingresos de estos agricultores, lo que los lleva a buscar alternativas para reducir su exposición a riesgos (Vigani & Kathage, 2019). En lugar de depender de seguros, muchos productores optan por diversificar sus actividades productivas, ajustar sus prácticas de cultivo o incluso reducir su inversión en tecnología avanzada, lo cual puede limitar sus posibilidades de mejorar la productividad a largo plazo.

La percepción del riesgo y la actitud hacia el riesgo son factores psicológicos que influyen en la toma de decisiones de los agricultores. La percepción del riesgo se refiere a la manera en que los productores evalúan la probabilidad de eventos negativos y su potencial impacto en su producción y sus ingresos. Esta percepción, a su vez, afecta la disposición de los agricultores a asumir o evitar riesgos. Estudios previos indican que los agricultores con mayor aversión al riesgo tienden a adoptar estrategias más conservadoras, mientras que aquellos con mayor tolerancia al riesgo pueden estar dispuestos a implementar prácticas más intensivas y experimentales que podrían mejorar la productividad, pero también implican una mayor exposición a la incertidumbre (van der Linder, 2017).

La propensión al riesgo es, por tanto, un factor clave en la toma de decisiones de los agricultores, especialmente en cuanto a la adopción de prácticas agrícolas. Investigaciones recientes sugieren que los agricultores con alta tolerancia al riesgo suelen adoptar un mayor número de prácticas agrícolas recomendadas, mientras que aquellos con baja tolerancia tienden a limitarse a un conjunto reducido de prácticas, generalmente aquellas que perciben como menos riesgosas (Zeweld et al., 2019; Jin et al., 2020). La adopción de prácticas agrícolas tiene implicaciones directas sobre la eficiencia, la sostenibilidad y la rentabilidad de los sistemas productivos.

En este estudio, exploramos la relación entre el nivel de propensión al riesgo de pequeños productores de maíz y las prácticas agrícolas que implementan. A través de un análisis de correspondencias, buscamos identificar patrones entre el nivel de riesgo percibido y la adopción de prácticas, contribuyendo al conocimiento sobre cómo la percepción del riesgo influye en las estrategias de producción en un sector caracterizado por su alta vulnerabilidad y dependencia de factores externos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se centró en pequeños productores de maíz beneficiarios del programa PROCAMPO 2021, en el municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. La muestra estuvo conformada por 67 productores, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico. La selección de Tepatitlán de Morelos como área de estudio se debió a la relevancia de la agricultura de subsistencia en esta región y la alta vulnerabilidad de sus productores ante factores de riesgo. La muestra incluyó a agricultores de diversas edades, niveles de experiencia y contextos económicos, proporcionando un panorama representativo de las condiciones y desafíos que enfrentan los pequeños productores en esta región.

La recolección de datos se llevó a cabo en el año 2023, mediante un cuestionario estructurado que incluyó preguntas cerradas y escalas de respuesta. Este cuestionario fue diseñado para capturar información específica sobre las prácticas agrícolas, los factores de riesgo percibidos y las características de los agricultores, así como sus decisiones de producción. Las preguntas se agruparon en categorías que abarcaban aspectos como la experiencia previa del productor, la situación financiera, la percepción y la actitud hacia el riesgo, la resiliencia frente a la incertidumbre y el nivel de diversificación de actividades.

Para definir la variable "nivel de propensión al riesgo" se consideraron cinco elementos clave: (a) el acceso al financiamiento para la producción, (b) la selección del sistema de producción basado en la inversión, (c) el método de venta de los productos, (d) la resiliencia o capacidad de adaptación del productor, y (e) la tolerancia a la incertidumbre. Estos elementos fueron seleccionados con base en

estudios previos que destacan su relevancia para medir la predisposición de los productores a asumir riesgos. Por ejemplo, Molla et al. (2020) encontraron que los productores con acceso a crédito suelen mostrar una mayor propensión al riesgo, mientras que Alvarado et al. (2022) señalaron que aquellos con menos conocimientos financieros tienden a evitar decisiones arriesgadas.

Se identificaron tres niveles de propensión al riesgo: bajo, medio y alto, de acuerdo con la clasificación de Zeweld et al. (2019), quien propuso una categorización de agentes económicos basada en su actitud hacia el riesgo: adversos al riesgo, neutrales y propensos al riesgo. Esta clasificación permitió analizar la variabilidad en las decisiones de producción y el nivel de adopción de prácticas agrícolas entre productores con diferentes perfiles de riesgo.

Para medir la variable "prácticas agrícolas", se registraron las prácticas implementadas por los productores, agrupándolas en tres categorías: (i) inferior a las prácticas mínimas recomendadas, (ii) prácticas mínimas recomendadas y (iii) prácticas mínimas recomendadas más prácticas adicionales. Las prácticas consideradas incluyeron actividades como rastreo, siembra mecanizada, uso de semilla híbrida, aplicación de abono orgánico, fertilización con urea y fosfato diamónico, y aplicación de herbicidas e insecticidas. Esta clasificación permitió evaluar la relación entre el nivel de propensión al riesgo y la intensidad en la adopción de prácticas agrícolas.

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante un análisis de correspondencias, utilizando el software R. Este método permitió identificar relaciones entre las variables categóricas y analizar cómo se agrupan o separan las categorías en función de sus características. El análisis de correspondencias reduce la complejidad de los datos, simplificándolos en dimensiones que capturan la mayor variabilidad posible sin perder información significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos a partir del análisis de correspondencias se presentan en la Tabla 1 y en la Figura 1.

Tabla 1. Resultados del análisis de correspondencias

CA(X = tabla_contingencia, graph = FALSE)
The chi square of independence between the two variables is equal to 9.757398 (p-value = 0.04471871).

Eigenvalues		Dim.1	Dim.2				
Variance		0.134	0.012				
% of var.		92.090	7.910				
Cumulative % of var.		92.090	100.000				
Rows	Iner*1000	Dim.1	ctr	cos2	Dim.2	ctr	cos2
A	14.077	-0.127	9.379	0.894	-0.044	13.009	0.106
B	26.573	-0.537	12.840	0.648	0.396	81.189	0.352
C	104.983	0.797	77.781	0.994	0.064	5.801	0.006
Columns	Iner*1000	Dim.1	ctr	cos2	Dim.2	ctr	cos2
Bajo	59.453	-0.497	41.203	0.929	0.137	36.409	0.071
Medio	10.196	0.103	6.073	0.799	-0.052	17.807	0.201
Alto	75.984	2.177	52.724	0.931	0.594	45.784	0.069

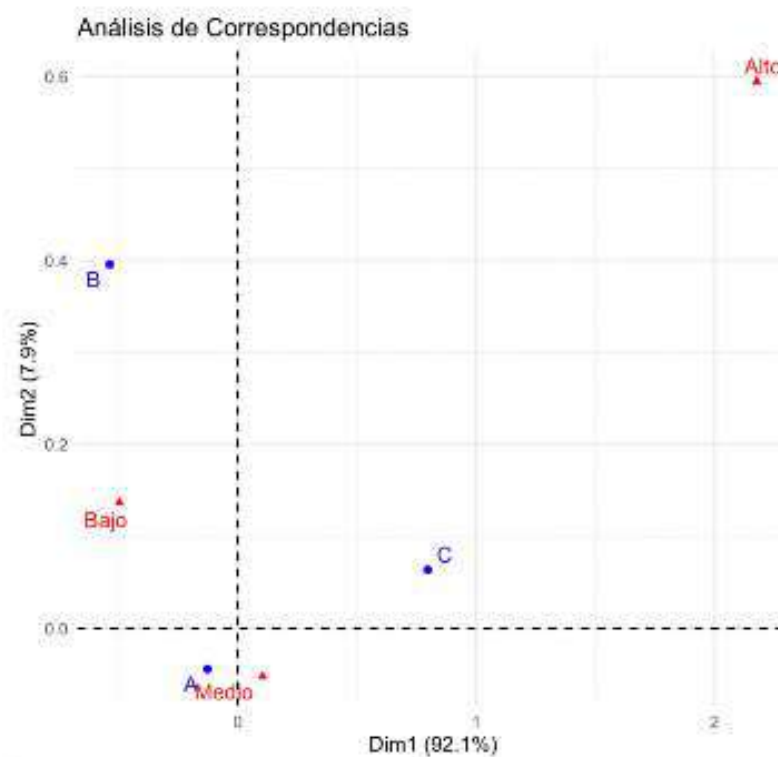


Figura 1. Gráfico del análisis de correspondencias

El análisis mostró un valor de chi-cuadrado de 9.757 con un valor de p de 0.045, indicando una asociación estadísticamente significativa entre estas dos variables, dado que el valor de p es menor al nivel de significancia de 0.05. Este hallazgo respalda la hipótesis inicial, sugiriendo que las decisiones de los productores respecto a la cantidad de prácticas agrícolas implementadas están influenciadas por su nivel de propensión al riesgo.

En cuanto a la variabilidad explicada, la Dimensión 1 (con un 92.1% de la varianza) fue la más representativa, lo cual sugiere que las diferencias en las prácticas agrícolas están fuertemente asociadas con el nivel de propensión al riesgo. La ubicación de la categoría "A" en el espacio de la Dimensión 1 indica que los productores con baja propensión al riesgo tienden a aplicar una cantidad mínima de prácticas agrícolas, probablemente debido a su aversión a los riesgos que pueden conllevar inversiones adicionales o el uso de tecnologías nuevas. Por otro lado, la

categoría "B" se asocia con un nivel intermedio de prácticas y un nivel moderado de propensión al riesgo, mientras que la categoría "C" se encuentra relacionada con una propensión al riesgo más alta y una mayor adopción de prácticas agrícolas, incluyendo algunas adicionales a las recomendadas.

Estos resultados son consistentes con los estudios de Sarker et al. (2022), quienes argumentan que los agricultores con una mayor disposición al riesgo tienden a experimentar con nuevas prácticas y tecnologías, lo cual puede mejorar su producción a largo plazo. Asimismo, Girma et al. (2023) destacan que los insumos agrícolas y el nivel de inversión en prácticas tecnológicas pueden influir en la variabilidad de la producción, lo que también se refleja en los resultados de este estudio. En resumen, el nivel de propensión al riesgo es un factor determinante en la adopción de prácticas agrícolas entre los pequeños productores.

CONCLUSIONES

Este estudio demuestra que el nivel de propensión al riesgo influye significativamente en las decisiones de producción agrícola, particularmente en la cantidad y el tipo de prácticas agrícolas que los pequeños productores deciden implementar. Los resultados sugieren que los productores con mayor propensión al riesgo tienden a adoptar una mayor cantidad de prácticas agrícolas, incluyendo algunas adicionales a las recomendadas, en comparación con aquellos productores que muestran una menor disposición a asumir riesgos y aplican únicamente las prácticas mínimas o incluso menos. Este hallazgo es relevante porque indica que la percepción y tolerancia al riesgo pueden ser factores clave para promover la adopción de prácticas tecnológicas o innovaciones agrícolas, lo que a su vez podría contribuir a mejorar la productividad y sostenibilidad del sector agrícola.

Desde una perspectiva práctica, estos resultados pueden ser útiles para diseñar programas de intervención que consideren los distintos perfiles de propensión al riesgo entre los productores. Por ejemplo, se podrían desarrollar programas de capacitación específicos para los agricultores menos propensos al riesgo, abordando las barreras psicológicas y económicas que enfrentan y promoviendo

una gradual adopción de prácticas agrícolas que consideren menos riesgosas. Además, políticas de acceso a financiamiento, seguros o sistemas de garantías podrían ayudar a reducir la aversión al riesgo de estos productores, motivándolos a adoptar un mayor número de prácticas beneficiosas.

Entender y abordar las diferencias en la propensión al riesgo entre los productores agrícolas es esencial para fomentar una mayor adopción de prácticas que puedan contribuir a la resiliencia y rentabilidad del sector.

Para futuros estudios sobre este tema, se sugieren las siguientes recomendaciones:

- 1) Incorporar muestras más grandes y diversas que abarquen diferentes regiones, tipos de cultivos y contextos socioeconómicos, para generalizar los hallazgos y entender patrones específicos de comportamiento frente al riesgo en distintos ambientes;
- 2) Investigar el efecto de programas de capacitación y asistencia técnica sobre las actitudes de riesgo, midiendo su influencia en la adopción de prácticas agrícolas innovadoras.
- 3) Profundizar en el papel de los seguros como herramienta de mitigación de riesgos, incentivando a los agricultores a asumir prácticas productivas sin temor a pérdidas;
- 4) Examinar cómo la percepción del riesgo afecta la disposición a adoptar nuevas tecnologías agrícolas, con el fin de reducir las barreras al cambio.
- 5) Desarrollar investigaciones a largo plazo que analicen cómo cambia la propensión al riesgo en los productores con el tiempo, considerando variaciones en las condiciones económicas y climáticas.
- 6) Evaluar la influencia de la inflación, políticas gubernamentales y otras variables económicas en las decisiones de riesgo de los productores.

LITERATURA CITADA

Alvarado Morales, O., Martínez Huerta, R., & Vega Osuna, L. A. (2022). Sesgos conductuales en la decisión sobre la producción en agricultores del municipio

de Guasave, Sinaloa. Región y sociedad, 34.
<https://doi.org/10.22198/rys2022/34/1488>

Girma, Y., Kuma, B., & Bedemo, A. (2023). Risk aversion and perception of farmers about endogenous risks: An empirical study for maize producers in Awi Zone, Amhara Region of Ethiopia. *Journal of risk and financial management*, 16(2), 87. <https://doi.org/10.3390/jrfm16020087>

Jin, J., Xuhong, T., Wan, X., He, R., Kuang, F., & Ning, J. (2020). Farmers' risk aversion, loss aversion and climate change adaptation strategies in Wushen Banner, China. *Journal of Environmental Planning and Management*, 63(14), 2593-2606. <https://doi.org/10.1080/09640568.2020.1742098>

Molla, A., Beuving, J., & Ruben, R. (2020). Risk aversion, cooperative membership, and path dependences of smallholder farmers in Ethiopia. *Review of Development Economics*, 24(1), 167-187. <https://doi.org/10.1111/rode.12628>

Sarker, Aba R., John Rolfe, and Jayanath Ananda. 2022. Analysis of Technical Efficiency of Dry Season Rice Production in Saline and Non-Saline Areas of Bangladesh. *Journal of Environmental Management* 316: 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115256>

van der Linden, S. (2017). Determinants and Measurement of Climate Change Risk Perception, Worry, and Concern (SSRN Scholarly Paper ID 2953631). Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2953631>

Vigani, M., & Kathage, J. (2019). To risk or not to risk? Risk management and farm productivity. *American Journal of Agricultural Economics*, 101(5), 1432-1454. <https://doi.org/10.1093/ajae/aaz020>

Ward, P. S., & Singh, V. (2014). Risk and ambiguity preferences and the adoption of new agricultural technologies: evidence from field experiments in rural India (Vol.

1324). Intl Food Policy Res Inst. <https://ifpri.on.worldcat.org/oclc/850952420>

Zeweld, W., Van Huylenbroeck, G., Tesfay, G., & Speelman, S. (2019). Impacts of socio-psychological factors on smallholder farmers' risk attitudes: empirical evidence and implications. *Agrekon*, 58(2), 253-279. <https://doi.org/10.1080/03031853.2019.1570284>

RAZA CÓNICO NORTEÑO MAÍCES NATIVOS DE XICHÚ DE GRANO BLANCO Y NEGRO, ESTABLECIDAS EN EL TeCNM-ROQUE

Maria Elizabeth Cruz Tinajero¹, J. Guadalupe García Rodríguez², Francisco Cervantes Ortiz², Enrique Andrio Enriquez², Davino Pérez Mendoza², Francisco Chablé Moreno²

Estudiante de agronomía¹, Prof-Investigador del TecNM/Instituto Tecnológico de Roque² e-mail de correspondencia: francisco.cm@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El maíz es un cultivo básico en México, especialmente en comunidades rurales, en el ejido Puerto de Pilon del municipio de Xichú, Guanajuato, se ha conservado la raza cónico norteño, en los granos blancos, negros y colores. Su conservación es importante para mantener la diversidad genética y cultural de la región, existe un esfuerzo para su conservación del maíz nativo. Las colectas realizadas en el norte de Guanajuato, se trasladaron y se establecieron en los terrenos experimentales del TecNM-Roque en el ciclo (P-V, 2024). Se consideró la evaluación de granos blanco y negro con tallos verdes, morados y ligeramente pigmentados en ambos casos. El diseño experimental fue en bloques completos azar, Las variables evaluadas: altura de planta, número de hojas, longitud de espigas, número de espiguillas y en la etapa de producción: longitud de mazorca, número y granos por hileras, granos totales, peso de mazorca y peso de 1000 granos. El ANAVA en la etapa vegetativa no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos, mientras que el etapa de producción las variables presentaron diferencias altamente significativas, a pesar de su variabilidad, son plantas con alta frecuencia de asincronía floral, las plantas más altas y de mayor peso de mazorca fueron las de tallo morado, el peso de 1000 granos corresponde a las plantas de coloración verde y antocianinas.

Palabras clave: maíz nativo, raza, cónico norteño, Xichú Guanajuato

ABSTRACT

Corn is a basic crop in Mexico, especially in rural communities, in the Puerto de Pilon ejido in the municipality of Xichú, Guanajuato, the northern conical race has been preserved, in white, black and colored grains. Its conservation is important to maintain the genetic and cultural diversity of the region; there is an effort to conserve native corn. The collections made in the north of Guanajuato were moved and established in the experimental lands of TecNM-Roque in the cycle (S-S, 2024). The evaluation of black and white grains with green, purple and slightly pigmented stems in both cases was considered. The experimental design was in complete random blocks, after pollination, it was completely random at harvest. The variables evaluated: plant height and number of leaves, length of spikes, number of spikelets and in the production stage: length of cob, number and grains per row, total grains, cob weight and weight of 100 grains. The ANAVA in the vegetative stage did not present statistical differences between the treatments, while in the production stage the variables presented highly significant differences, despite their variability, they are plants with a high frequency of floral asynchrony, the tallest and heaviest plants of the cob were those with a purple stem, the weight of 1000 grains corresponds to the plants with green color and anthocyanins.

Keywords: *native corn, race, northern conical, Xichú Guanajuato*

INTRODUCCIÓN

El maíz es un cultivo básico para la alimentación humana, se consume desde época prehispánicas (Cabrera-Ramírez *et al.*, 2018; Killian *et al.*, 2021), se cultiva desde el nivel del mar hasta los 4000 m, su conservación es un reto que enfrentan los productores custodios, e investigadores. El maíz aporta proteínas y vitaminas, es ingrediente esencial de cerca de 4000 productos (Food Tech, 2022). Los maíces nativos presentan características agronómicas indeseables tales como: porte alto de planta y mazorca, susceptibilidad al acame, a las plagas y enfermedades o ciclo largo de madurez cuando se siembran fuera de su área de adaptación (Ramírez-Díaz *et al.*, 2015).

Hay una gran variedad de razas de maíz, de maduración de 85 hasta 200 días, con diferentes colores y texturas (SADER, 2023). Ocupa un 24% entre los cereales, con un tercer lugar en superficie, con el 7° lugar en producción, con un 88.2% del consumo nacional; los principales estados productores son Sinaloa, Jalisco, Estado de México, Guanajuato y Michoacán. México aporta 27 millones de t anuales (Sharma, 2017). El maíz en México se cultiva en una gran variedad de ambientes, en ocasiones con serias limitaciones de agua, fertilidad y pronunciadas pendientes (Preciado *et al.*, 2009); los agricultores custodios de maíz nativo, han logrado en el Centro de México 13 razas, destacando el cónico, elotes cónicos y cónico norteño (CONAGUA, 2017, Preciado *et al.*, 2009).

El maíz cónico es una raza dominante en la Mesa Central, con altitud de 2,200 a 2,800 metros en áreas agrícolas de temporal, en los estados de México, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo y parte de Michoacán: Valle de México, Valle de Toluca, Sierra Norte de Puebla, Meseta Purépecha en Michoacán, Mixteca Alta en Oaxaca (SADER, 2023). El maíz cónico norteño es una adaptación de la raza Cónico a las condiciones del norte de Guanajuato, es una planta baja, de mazorcas cónicas de color blanco, amarillo y morado de textura de grano semidentada, estos de color blanco, pero ocasionalmente se encuentran diferentes tonalidades del amarillo al morado, números altos de hileras de grano, entre 14 y 20, granos de 4 a 8 mm de ancho con textura variable, número reducido de ramas por espiga, raíces débiles, hojas caídas y vainas de las hojas fuertemente pubescentes con la presencia de antocianina (CONABIO 2020, SADER, 2022). Los maíces nativos mal denominados criollos (Kato *et al.*, 2009), a pesar de ello (CONABIO, 2020) posee un programa de conservación de maíces criollos en México, pretende conservar la diversidad mediante una agricultura tradicional (Killian *et al.*, 2021); resguardadas por custodios rurales a lo largo y ancho del país. En Guanajuato se cultivan en 27 municipios maíces nativos, con alto nivel de siniestralidad, con rendimientos de 1.2 t ha^{-1} (Preciado *et al.*, 2009); en la región de Xichú, los rendimientos van de los 40 a 500 kg ha^{-1} . Un serio problema de los maíces nativos son la escasa y errática precipitación pluvial, pendientes irregulares, la comercialización solo es local, provocando intercambio de semillas a zonas siniestradas, la migración de

pobladores, edad de los custodios de maíces nativos que a mediano plazo, no tendrán a quien transferir su conocimiento del cultivo (Preciado *et al.*, 2009; García y Giraldo, 2021).

Los razas nativos pueden ser afectados por selección natural, migración, deriva genética y mutación, provocando pérdida de identidad en razas, equilibrados por los propios agricultores. México en su programa de gobierno actual pretende asegurar la soberanía alimentaria; se requiere conservar los maíces nativos *in situ* (INIFAP, 2024) por su riqueza genética. En Guanajuato se colectaron 222 muestras y se clasificaron 16 razas (Preciado *et al.*, 2009), siendo necesario validar estudios y conservar los maíces nativos, donde identificaron maíces de color (rojo, amarillo, morados, negros y pintos), pigmentos naturales e inocuos de uso potencial en alimentos, en la industria farmacéutica; tienen mayor precio que los granos blancos (Preciado *et al.*, 2009). El objetivo de este estudio consistió en evaluar la adaptación del maíz blanco y negro en el TecNM-Roque.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el campo experimental agrícola del TecNM-Roque ubicado en el kilómetro 8 carretera Celaya-J.Rosas, con las coordenadas 20° 34' 49.0''N de latitud norte y 10° 49' 29.1'' W de longitud oeste (Google Maps, 2024). Con una altitud de 1775 msnm en Celaya, Guanajuato, la temperatura media es de 21°C y precipitación pluvial que varía de 600 hasta 1000 mm anual (García, 1973). Los suelos predominantes en la región son vertizol Pélico crómico, son de textura arcillosa planos de reacción ligeramente alcalina, fértiles y aptos para una gran variedad de cultivos.

Los maíces nativos evaluados fueron dos: 1) Maíz cónico norteño de color blanco y 2) color negro provenientes del ejido puerto de Pílon, municipio de Xichú. Dentro de las características generales agronómicas, son asincrónicos en la antesis (baja frecuencia), con altura promedio entre 250- 310 cm, longitud de espiga 27-31 cm, con número de espiguillas 3-5, pero del tipo blanco ocasionalmente hasta 8 espiguillas. La preparación del suelo se realizó de acuerdo a las indicaciones

técnicas de la (Agenda Técnica Agrícola de Guanajuato, SAGARPA 2015), mismas recomendaciones de fertilización, el control de maleza fue químico con el empleo de Sansón (i.a. Nicosulfuron) 1 Lha^{-1} , y dos aplicaciones de 2,4-D amina (i.a. Sal dimetilamina) con dosis de 1.5 Lha^{-1} , dos aplicaciones de Sunfix 300 (i.a. Paraquat), en dosis de 1.5 Lha^{-1} , finalmente se realizó dos deshierbes manuales, para el control de Trips se aplicó Cipermetrina (($\pm$) α -ciano-3-fenoxibencil ($\pm$) cis, trans-3-(2,2-diclorociclopropano carboxilato) 0.75 Lha^{-1} , y una segunda aplicación de malatión (i.a. Dietil (dimetoxitiofosforilto) succinato) 1.0 Lha^{-1} .

Las plantas de maíces nativos de color de grano blanco y negro, consistieron en la selección al azar de plantas: 1) granos blancos con tallos verdes, 2) con tallos pigmentados de color morado (antocianinas), 3) tallos con ligeras tonalidades de pigmentación; 4) granos negros con tallos verdes, 5) 2) con tallos pigmentados de color morado (antocianinas), 6) tallos con ligeras tonalidades de pigmentación. Las actividades durante la polinización consistieron en la selección del Jilote, con una longitud de 15 a 20 cm, previamente se eliminó el ápice del totomostle (5-8 cm) para incidir en la coincidencia de la antesis y se procedió a la polinización. Se realizó el englasinado del maíz tipo blanco 120 jilotes y del negro 100 jilotes. La obtención del polen consistió recolectarlo en plantas en sincronía floral, las plantas donadoras de polen se embolsaron de 30-40 minutos antes de retirar las bolsas con polen. El polen se agregó sobre los estigmas que deben tener una longitud de 7-10 cm, esta se asegura con grapas Pilot y se identifica con la fecha y el tipo de polinización realizada. Las variables evaluadas fueron en la vegetativa: Altura de planta, número de hojas, longitud de espigas, número de espiguillas y en la etapa de producción longitud de mazorca, número y granos por hileras, granos totales, peso de mazorca y peso de 100 granos (7 repeticiones). Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SAS (v 9.1). Los tratamientos con diferencias estadísticas se les aplicó una prueba de comparación de medias (Duncan α 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del ANAVA de las variables agronómicas tanto de las plantas de granos blancos y negros en ninguno de las variables evaluadas presentaron

diferencias estadísticas en la etapa vegetativa ($P \geq 0.05$), en las plantas de granos blancos y negros: altura de planta, número de hojas abajo y arriba de las mazorcas, hojas totales, longitud de espiga y el número de espiguillas. Durante el muestreo se observó que las plantas de tallo morado presentaron mayor altura, mayor longitud de espiga.

En la prueba de comparación de medias (Duncan α 0.05), al no presentar diferencias entre los grupos estadísticos se obtuvo que las plantas de granos blancos de tallo verde con mayor valor numérico, en la altura de planta con un valor promedio de 276.38 cm y la menor altura las plantas presentaron granos negros con tallo de presencia ligeramente con antocianinas con valor 261.41 cm, para las hojas abajo y arriba de la mazorca presentaron un comportamiento similar. Generalmente en cuanto al número de hojas totales se observó que existe una tendencia uniforme entre 11 a 12 hojas por plantas. En la longitud de espiga el desarrollo fue limitado y de poca longitud, aunque en las plantas no presentaban un bajo crecimiento, el número de espiguillas es reducido, dando una percepción como de una planta altamente endogámica (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación de medias de variables agronómicas en plantas de granos blancos y negros establecidos en el TecNM-Roque, ciclo (P-V, 2024).

Trat	AltPI	NoHjAMz	HjArrMz	HjTotal	LonEsp	NoEsp
1	276.38 a	5.43 a	4.75 a	12.08 a	32.12 a	4.62 a
4	271.08 a	5.16 a	5.08 a	11.25 a	28.41 a	3.75 a
3	266.91 a	5.25 a	4.58 a	10.83 a	30.08 a	4.00 a
2	265.66 a	5.25 a	4.75 a	11.00 a	29.25 a	4.16 a
5	264.58 a	5.33 a	4.75 a	11.08 a	31.66 a	4.00 a
6	261.41 a	5.33 a	4.66 a	11.00 a	29.41 a	4.31 a

Los valores de la misma columna son estadísticamente iguales, AltPI = Altura de planta, NoHjAMz = Número de hojas debajo de la mazorca, NoHjArrMz = Número de hojas arriba de la mazorca, HjTotal = Hojas totales de la planta, LonEsp = Longitud de espiga, NoEsp = Número de espiguillas.

El ANAVA en la etapa de producción, las plantas de granos blancos y negros se obtuvieron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$) en las variables de longitud de mazorca, número y granos por hileras, peso de mazorca y peso de 100 granos. Durante la toma de muestras se observó un contraste pronunciado entre las mazorcas originadas por endogamia y obtenidas por polinización planta a planta (fraternal), donde se observaron en el tamaño y peso de las semillas de maíz de color blanco y negro son de mayor peso y longitud las de polinización.

La prueba de comparación de medias se obtuvo que la longitud de mazorca las provenientes de plantas con grano de color blanco y negro con tallos ligeramente pigmentadas (Antocianinas y color verde), y los negros con tallos morados (antocianinas dominantes) presentaron el mayor valor numérico con promedio de 15.27 a 15.54 cm, las mazorcas cosechadas de granos blancos con pigmentación ligera de antocianina fueron la de menor longitud. En número de hileras no presento diferencia estadística, mientras que en granos por hilera se obtuvieron dos grupos estadísticos, y el peso de 100 granos (valor promedio de 7 repeticiones) se comportaron de la misma manera que la longitud de la mazorca.

Cuadro 4. Comparación de medias de una etapa de producción en plantas de granos blancos y negros establecidos en el TecNM-Roque, ciclo (P-V, 2024).

Genotipo	Trat	LonMz	NoHil	GraHil	NoGraTot	PeMz	Pe100
N Tallo Mix	5	15.54 a	13.1 a	30.9 a	443.6 a	69.5 a	19.6 a
N Tallo Mor	6	15.44 a	14.0 a	29.1 a	399.7 b	69.7 a	20.3 a
B Tallo Mor	2	15.27 a	13.0 a	28.7 a	301.1 c	69.9 a	19.9 a
N Tallo Ver	4	14.12 b	13.4 a	19.5 b	285.9 c	60.5 a	20.2 a
B Tallo Ver	1	11.82 c	13.5 a	17.8 b	104.4 d	25.7 c	16.7 b
B Tallo Mix	3	9.00 d	13.4 a	17.4 b	49.80 e	23.5 c	12.8 c

Los valores de la misma columna son estadísticamente iguales, LonMz = Longitud de mazorca, NoHil = Número de hileras por mazorca, GraHil = Granos por hilera, NoGraTot = Número de granos totales por mazorca, PeMz = Peso de mazorca, NoGraTot = Número de granos totales, Pe Mz = Peso de mazorca, Pe100 = Peso de 100 granos, Pe100 = Peso de repeticiones de 100 granos (7 repeticiones).

En la figura 1 y 2 se observó tanto la polinización de plantas y las mazorcas cosechadas de la endogamia y de cruza fraternales, la dificultad más severa en esta etapa fue la asincronía de la antesis entre las plantas, además que cada planta se observaron la presencia de mazorcas múltiples entre 2 y 3 mazorcas en la posición de la primera mazorca, otro serio problema fue la presencia de hongos después de la polinización, alta frecuencia (30%), lo que dificultó la colecta al momento de la cosecha.



Figura 1. Proceso de endogamia y cruza fraternales entre plantas de granos blancos y negros nativo de Xichú: a) Recolecta de polen, b) Englasinado, c) identificación de endogamia.



Figura 2. Mazorcas cosechadas de endogamia y cruza fraternales entre plantas de granos blancos y negros nativos de Xichú: a) Mazorca de granos blancos, b) endogamia mazorcas negras.

CONCLUSIONES

Los maíces nativos de Xichú presentan serios problemas de rendimiento, tanto *in situ* como *ex situ*.

A pesar de su variabilidad, son plantas con alta frecuencia de asincronía floral.

En general son plantas altas, aunque en este experimento el acame fue menor al 10%, existe un alto potencial de sufrir pérdidas por su débil enraizamiento.

La cosecha presentó un alto grado de infección por *Ustilago maidis* L.

Las mazorcas cosechadas fueron pequeñas y de bajo peso.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo al SADER-SAGARPA el financiamiento para el desarrollo del proyecto.

LITERATURA CITADA

Cabrera-Ramírez A.H., Calvo-López A.D., Gaytán-Martínez M., Morales-Sánchez E. (2018). El maíz un cultivo fundamental para México a lo largo de los tiempos. IPN, CICATA - IPN Querétaro. Posgrado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, School of Chemistry, UAQ. Innovate, 10, 12-23.

CONABIO. (2020). *Cónico*. Biodiversidad Mexicana. Retrieved November 7, 2024, from <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas/grupo-conico/conico>

CONAGUA. (2017). from <https://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/SGIH-3-18>.

Estados productores de maíz en México. (s.a.). from https://www.google.com/search?q=estados+productores+de+maiz+en+mexico&oq=estados+productores+de+maiz+en+mexico&gs_lcrp

García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (adaptación a las condiciones de la república mexicana. Instituto de geografía de UNAM, D.F. México 264 p.

Killian G.K.A., Seldes V., Otero C., Rivolta M.C. Nielsen A.E. (2021). Tendencias en el consumo de alimentos en las sociedades prehispánicas de quebrada de

- humahuaca (Jujuy, argentina). Chungara Revista de Antropología Chilena. 53, (4): 595-611.
- La importancia del maíz y su impacto en la economía y la cultura mundial. (2022). The food tech - Medio de noticias líder en la Industria de Alimentos y Bebidas; <https://thefoodtech.com/seguridad-alimentaria/la-importancia-del-maiz-y-su-impacto-en-la-economia-y-la-cultura-mundial/>
- México: Principales cultivos cíclicos por superficie sembrada. (2023). From <https://es.statista.com/estadisticas/591595/superficie-de-cultivos-eleccionados-del-ciclo-otono-invierno-mexico/>
- Preciado O.R.E., Terrón I.A.D., Aguirre G.A., Noriega G.L.A. Cruz M.A.S. (2009) Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México, segunda etapa 2008-2009. Informe final de los estados de Guanajuato, Querétaro y Michoacán. CONABIO, INIFAP, Ine. 34 p.
- Ramírez-Díaz J.L., Ledesma-Miramontes A., Vidal-Martínez V.A., Gómez-Montiel N.O., Ruiz-Corral J.A., Velázquez-Cardelas G.A., Ron-Parra J., Salinas-Moreno Y. y Nájera-Calvo J.A. (2015). Selección de maíces nativos como donadores de características Agronómicas útiles en híbridos comerciales.
- SAS Institute. (2004) SAS/STAT 9.1. User's Guide. SAS Institute. Cary, North Carolina, USA.
- SADER (2018). Maíz grano: La importancia de llamarse maíz. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/maiz-grano-la-importancia-de-llamarse-maiz>
- SADER. (2023). Maíces nativos, patrimonio biológico, agrícola, cultural y económico. from <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/un-apoyo-para-agricultores-de-maices-nativos>
- SADER. (2022). Maíces cónicos: lo que debes conocer. From <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maices-conicos-lo-que-debes-conocer>
- SADER. (2023). Maíces cónicos: lo que debes conocer. From <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maices-conicos-lo-que-debes-conocer>

- SAGARPA-INIFAP. (2015). Centro de investigación regional del noreste, campo experimental de Rio Bravo,1 (1): p1
- Sharma A. (2017). Maíz y su importancia en el mundo y en México. <https://pacifex.com.mx/blogs/maiz-y-su-importancia-en-el-mundo-y-en-mexico>
- Wellhausen, E. J., & Roberts, L. M. (n.d.). *Razas de Maíz en México, su origen, características y distribución*. From https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/50301000/Races_of_Maize/Raza_Mexico_0_Book.pdf
- INIFAP. (2024) Campo Experimental Santiago Ixcuintla. From https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/3247/6291#content/citation_reference_29

RENDIMIENTO DE LECHUGA ROMANA (*Lactuca sativa* L.) VARIEDADES ACTIANA Y PATRONA A CAMPO ABIERTO

José Eduardo Ruíz Escobar¹, J. Guadalupe García Rodríguez¹, Davino Pérez
Mendoza, Jesús Frías Pizano¹, Juan Pablo González Morales¹, José Luis
Camargo¹

¹Docentes del ITR, ²Egresada del ITR Email: davino.pm@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el Rendimiento de lechuga romana (*Lactuca sativa*), Variedades Actiana y Patrona a campo abierto. El experimento se realizó en Estación de Lourdes, San Luis de la Paz Guanajuato. En agrícola la palma del monte S de PR de RL de CV. El experimento se estableció bajo un diseño en bloques al azar con dos tratamientos, cinco repeticiones obteniendo un total de 10 unidades experimentales (UE). Los tratamientos evaluados fueron: variedad Actina (T1) y la variedad Patrona (T2). Las variables evaluadas fueron: Altura de planta (AltPta), Número de hojas (NrHj), Longitud (LgHj) y Ancho de hojas (AchHj), Área foliar e Índice de área foliar, Diámetro de cabeza (DmCza) y Peso de lechugas (PsLch). En cuanto a los resultados obtenidos, se observó que el tratamiento que presentó los mejores resultados o valores promedios más altos, fue tratamiento 2, Variedad Patrona. El análisis del ANOVA se realizó mediante el paquete estadístico SAS Versión 9.4.

Palabras clave: Variedad, lechuga, Índice área foliar, campo abierto

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the yield of romaine lettuce (*Lactuca sativa*), Actiana and Patrona varieties in the open field. The experiment was carried out in Lourdes Station, San Luis de la Paz, Guanajuato. In agricultural farming, the palm of the mountain S de PR de RL de CV. The experiment was established under a randomized block design with two treatments, five replications obtaining a total of 10 experimental units (UE). The treatments evaluated were: Actin variety (T1) and the Patrona variety (T2). The variables evaluated were: Plant height (AltPta),

Number of leaves (NrHj), Length (LgHj) and Width of leaves (AchHj), Leaf area and leaf area index, Head diameter (DmCza) and Lettuce weight (PsLch). Regarding the results obtained, it was observed that the treatment that presented the best results or highest average values, was treatment 2, Patrona Variety. The analysis of ANOVA was performed using the SAS Version 9.4 statistical package.

Keywords: *Variety, lettuce, Leaf area index, open field*

INTRODUCCIÓN

La lechuga (*Lactuca sativa* L.), en sus diferentes formas y colores, es una de las hortalizas más comunes y consumidas en todo el mundo, aunque su principal producción se concentra en zonas más templadas y subtropicales. En la actualidad se cultiva al aire libre e invernaderos, en suelo o en forma hidropónica; esta última evita las limitaciones que provocan las condiciones climáticas, luminosas y de suelo. La lechuga presenta una gran diversidad de variedades, dada principalmente por diferentes tipos de hojas y hábitos de crecimientos de las plantas (INIA, 2017).

En los últimos años la producción de hortalizas ha experimentado un significativo progreso en cuanto a rendimiento y calidad, dentro de ello la superficie cultivada de lechuga ha ido incrementándose, debido en parte a la introducción de nuevos cultivares y el aumento de su consumo. Es por ello que es importante determinar la producción y rendimiento (Muñoz-Galo, 2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente proyecto se realizó en la empresa: Agrícola La Palma Del Monte, S. de P.R. de R.L. de C.V. en Lourdes (Estación de Lourdes) se localiza en el Municipio San Luis de la Paz del Estado de Guanajuato México y cuyas coordenadas geográficas son GPS: Longitud (dec): -100.703056, Latitud (dec): 21.290000, La localidad se encuentra a una mediana altura de 1990 metros sobre el nivel del mar (Google, 2023). El experimento se desarrolló bajo un diseño experimental en bloques al azar, el cual los tratamientos fueron dos variedades de lechuga romana: Tratamiento 1 Variedad Actiana y Tratamiento 2. Variedad Patrona, y cinco

repeticiones, dando un total de 10 unidades. Las variables que se evaluaron fueron: altura de planta, número de hojas, área foliar e índice de área foliar.

Para establecer el cultivo se tomaron las medidas de terreno para determinar la densidad de plantadas establecidas, teniendo como resultado que la tabla 13, en 49 surcos se tiene superficie plantada de 1.16 ha de lechuga Romana variedad actiana, los 140 surcos restantes de la tabla 13 tienen una superficie de 2.53 ha con variedad de lechuga patrona, en la tabla 14 donde se plantaron 24 surcos con planta restante de la variedad patrona tiene una superficie de 0.35 ha.

Para el acondicionamiento y reparación del suelo se realizó en un rastreo, después de Se realizó un subsolado para mejorar las condiciones de aireación y drenaje del suelo, se continuó con el corte de surco. posteriormente se realizaron las camas para la plantación y la colocación de la cintilla de riego, la distancia que hay de centro a centro de la cama es de 100 a 115 cm, el lomillo en la parte superior oscila entre los 50 y 60 cm. La cosecha se realizó de forma manual, pero antes se retiró la cintilla de riego de la parcela para llevar a cabo la cosecha, la cosecha se realizó durante 2 días, se realizó utilizando cuchillos para garantizar un corte rápido y eficiente, para cortar la planta desde el tallo se coloca una mano alrededor de la planta y luego con el cuchillo se realiza un corte limpio desde la base.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base a los resultados obtenidos podemos observar que la prueba de comparación de medias (Duncan $\alpha=0.05$) para las variables de altura de planta en lechuga. Presentan diferencias significativas en los tratamientos de estudio, se observa que el tratamiento 2 presento la mayor altura en los días con una media de 10.22 cm, 17.43 cm y 30.52 cm respectivamente. Los valores más bajos obtenidos fueron el tratamiento 1 en los días muestreados con una media de 9.52 cm, 15.56 cm y 28.31 cm respectivamente, Cuadro 2.

Cuadro 1. Comparación de medias de altura de planta de lechuga, Ciclo P-V 2022.

Trat	AltPta15ddt	AltPta34ddt	AltPta70ddt
2. Var. Pat.	10.22a	17.43a	30.52a
1. Var. Act.	9.52a	15.56b	28.31a

Trat= Tratamiento, AltPta= Altura de Planta, 1. Var. Act.=1. Variedad Actiana, Var. Act.=2. Variedad Patrona, ddt=días después de trasplante.

En un trabajo realizado en un proyecto de investigación se evaluó la aplicación foliar de fosfonato de potasio en lechuga (*Lactuca sativa*) con fertirriego a campo abierto, se obtuvieron los valores promedio de 25.29 cm, 23.96 cm, 21.44 cm y 21.08 cm de altura de planta (Campos-Valencia, 2023). Estos resultados son inferiores a los obtenidos en la presente investigación, aunque son valores promedio cercanos en los que se obtuvieron valores promedio de 30.52 cm, y 28.31 cm respectivamente a cada tratamiento evaluado.

En otro trabajo realizado en donde se evaluó la aplicación de Megafol Forte® se obtuvieron los valores promedio de 16.20 cm, 17.60 cm, 17.79 cm, 18.60 cm, 18.60 cm de altura de planta (Miranda-Ramírez, 2019). Estos resultados son inferiores a los obtenidos en la presente investigación, donde se obtuvieron valores promedio de 30.52 cm, y 28.31 cm respectivamente a cada tratamiento evaluado.

Con base a los resultados obtenidos podemos observar que la prueba de comparación de medias (Duncan $\alpha=0.05$) para las variables de número de hojas (NrHj) de lechuga. Presentan diferencias significativas en los tratamientos de estudio, se observa que el tratamiento 2 presentó el mayor número de hojas (NrHj) en los muestreos uno y dos con una media de 10.36, 20.28 hojas, seguida del tratamiento 1 con una media de 38.08 hojas respectivamente. Los valores más bajos obtenidos fueron el tratamiento 1 en los muestreos uno y dos con una media de 7.84 hojas, 19.08 hojas y el tratamiento 2 con una media de 36.12 cm respectivamente, cuadro 2.

Cuadro 2. Comparación de medias de número de hojas de lechuga, Ciclo P-V 2022.

Trat	NrHj15ddt	NrHj34ddt	Trat	NrHj70ddt
2. Var. Pat.	10.36a	20.28a	1. Var. Act.	38.08a
1. Var. Act.	7.84b	19.08a	2. Var. Pat.	36.12a

Trat= Tratamiento, NrHj = número de hojas, ddt=días después de trasplante, 1. Var. Act. =1. Variedad Actiana, Var. Act. =2. Variedad Patrona

La prueba de comparación de medias (Duncan $\alpha=0.05$) para las variables de longitud de hoja (LgHj) y ancho de hojas (AchHj) de lechuga. Presentan diferencias significativas en los tratamientos de estudio, se observa que el tratamiento 2 presento la mayor longitud de hoja (LgHj) en los tres muestreos con una media de 6.5 cm, 11.48 cm y 23.41 cm, con los valores promedios más bajos está el tratamiento 1 en los tres muestreos realizados con medias de 6.43 cm, 10.05 cm y 22.33 cm. Para la variable de ancho de hoja el tratamiento 2 presento ancho de hoja (LgHj) en los tres muestreos con una media de 3.72 cm, 8.44 cm y 13.89 cm, con los valores promedios más bajos está el tratamiento 1 en los tres muestreos realizados con medias de 3.08 cm, 6.17 cm y 13.68 cm. Cuadro 3.

Cuadro 3. Comparación de medias de longitud de hoja (LgHj) y ancho de hojas (AchHj) de lechuga, Ciclo P-V 2022.

Trat	LgHj15ddt	LgHj34 ddt	LgHj70ddt	AchHj15ddt	AchHj34ddt	AchHj70ddt
2. Var. Pat.	6.54a	11.48a	23.41a	3.72a	8.44a	13.89a
1. Var. Act.	6.43a	10.05b	22.33b	3.08b	6.17b	13.68a

Trat= Tratamiento, Longitud de hoja (LgHj) y Ancho de hojas (AchHj), ddt=días despues de trasplante, 1. Var. Act=1. Variedad Actiana, Var. Act=2. Variedad Patrona

La prueba de comparación de medias (Duncan $\alpha=0.05$) para las variables de área foliar (ArFol) e índice de área foliar (InArFol) de lechuga. Presentan diferencias significativas en los tratamientos de estudio, se observa que el tratamiento 2 presento la mayor área foliar (ArFol) en los tres muestreos con una media de 18.22 m², 73.18 m² y 243.73 m², con los valores promedios más bajos está el tratamiento 1 en los tres muestreos realizados con medias de 15.08 m², 46.94 m² y 229.03 m². Para la variable de índice de área foliar (InArFol) el tratamiento 2 presento el mayor índice de área foliar en los dos primeros muestreos con una media de 0.46 m² y 0.44 m² y en el tercer muestreo el tratamiento 1 presento el mayor índice a de área foliar con una media de 0.39 m², con los valores promedios más bajos está el tratamiento 1 en los dos muestreos realizados con medias de 40 m² y 0.44 m², y el tratamiento 2 con una media de 0.38 m²., cuadro 4.

Cuadro 4. Comparación de medias área foliar (ArFol) e índice de área foliar (InArFol) de lechuga, Ciclo P-V 2022.

Trat	InArFol 15ddt	InArFol 34ddt	ArFol 70ddt	InArFol 15ddt	InArFol 34ddt	Trat	InArFol 70ddt
2. V. Pat	18.22a	73.18a	243.73a	0.46a	0.444a	1.	0.39a
1. V.		46.94b	229.03a	0.40a	0.442a	2.	0.38a
Act.	15.08a						

Trat= Tratamiento, ArFol= Área Foliar, InArFol= Índice de Área Foliar, ddt=días después de trasplante, 1. Var. Act=1. Variedad Actiana, Var. Act=2. Variedad Patrona

La prueba de comparación de medias (Duncan $\alpha=0.05$) para las variables de Diámetro de cabeza (DmCza) y Peso de lechugas PsLch) de lechuga. Presentan diferencias significativas en los tratamientos de estudio, se observa que el tratamiento 2 presentó el Diámetro de cabeza (DmCza) en todas las fechas de muestreo medias de 19.95 cm, 82.58 y 322.82 cm respectivamente, los valores más bajos obtenidos fueron el tratamiento 1 en los muestreos uno, dos y tres con una media de 18.54 cm, 53.12 cm y 290.24 cm. En la variable de Peso de lechugas o rendimiento total (PsLchRenTotal), el tratamiento 2 presentó el mayor rendimiento con una media de 1.38 kg y el rendimiento más bajo el tratamiento 1 con una media de 1.25 kg respectivamente, cuadro 5

Cuadro 5. Comparación de medias de Diámetro de cabeza (DmCza) y Peso de lechugas (PsLch) de lechuga, Ciclo P-V 2022.

Trat	DmCza15ddt	DmCza34ddt	DmCza70ddt	PsLch(RenTotal)
2. Var. Pat.	19.95a	82.58a	322.82a	1.37a
1. Var. Act.	18.54a	53.12b	290.24b	1.25a

Trat= Tratamiento, Diámetro de cabeza (DmCza) y Peso de lechugas PsLch), ddt=días después de trasplante, 1. Var. Act. =1. Variedad Actiana, Var. Act. =2. Variedad Patrona

En un trabajo de investigación, donde se evaluó la aplicación foliar de fosfonato de potasio en lechuga (*Lactuca sativa*) con fertirriego a campo abierto, se obtuvieron resultados similares a los obtenidos en la presente investigación, donde se obtuvieron valores promedio fue de 42.16 cm, 37.22 cm, 33.10 cm y 31.58 cm.

(Campos-Valencia, 2023). Los resultados promedio obtenidos al final de la cosecha son de 322.82 mm (32.28 cm) y 290.24 mm (29.024 cm) respectivamente.

En el mismo trabajo de investigación, donde se evaluó la aplicación foliar de fosfonato de potasio en lechuga (*Lactuca sativa*) con fertirriego a campo abierto, se obtuvieron resultados inferiores a los obtenidos en la presente investigación con una media de 563.21g y 452.43 g respectivamente (Campos-Valencia, 2023). Los valores promedio fueron de 1.37 y 1.25 kg, (cuadro 10).

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos dentro de las variables agronómicas, se observó que el tratamiento 2 presento la mayor altura al final del ciclo del cultivo con una media de 30.52 cm. y para la variable número de hojas el tratamiento 1 fue el que presento la mayor cantidad con una media de 38.08 hojas. Para las variables largo y ancho de hojas el tratamiento 2 fue el que presento los mejores resultados, con medias de 23.41 cm y 13.89 cm respectivamente.

Para la variable de Área e índice de área foliar el tratamiento 2 presento la mayor área foliar con una media de 243.73 m². Para la variable de índice de área foliar el tratamiento 2 presento el mayor índice de área foliar con una media de 0.44 m².

Para las variables de diámetro de cabeza el tratamiento 2 presento el mayor diámetro de cabeza 322.82 cm. En la variable de Peso de lechugas (rendimiento total) el tratamiento 2 presento el mayor rendimiento con una media de 1.38 kg.

Como se puede observar en la mayoría de las variables evaluadas el tratamiento 2 Variedad Patrona presento los mejores resultados.

LITERATURA CITADA

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. y Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration — guidelines for computing crop water requirements.
- Ayers, R. S. y Westcot, D. W. (1987). La calidad del agua para agricultura. Estudios FAO: Riegos y Drenajes N° 29. Roma: FAO. (Ayers, R. S. y Westcot, D. W. 1987).
- Campos-Valencia. (2023). Aplicación foliar de fosfonato de potasio en lechuga (*Lactuca sativa*) con fertirriego a campo abierto. Celaya: Instituto Tecnológico de Roque.

- De Vries, I. M. (1997). Origin and domestication of *Lactuca sativa* L. Genet. Resour. Crop Evol.
- FAO Irrigation and drainage paper N° 56. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. y Smith, M. 1998)
- Google. (2023). Google Maps. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/21%C2%B017'38.2%22N+100%C2%B042'08.7%22W/@21.293932,-100.7049904,17z/data=!3m1!4b1!4m4!3m3!8m2!3d21.293932!4d-100.7024155?hl=es&entry=ttu>
- INIA. (2017). Manual de producción de lechuga. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/324702958_BOLETIN_INIA_N_09
- Jackson, L. E. (1995). Root architecture in cultivated and wild lettuce (*Lactuca* spp.). Plant, Cell and Environ. Vol. 18 (N° 8).
- Miranda-Ramirez. (2019). Efecto de diferentes dosis del aminoácido megafol forte en la producción de lechuga (*Lactuca Sativa* L.). Celaya: Instituto Tecnológico de Roque.
- Mou, B. (2008). Lettuce. En Prohens, J. y Nuez, F. Vegetables I: Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae. Nueva York, EE.UU.: Springer Science Business Media, LLC.
- Mou, B. y Ryder, E. (2004). Relationship between the nutritional value and the head structure of lettuce.
- Ryder, E. (1999). Lettuce, Endive and Chicory. Wallingford, Oxon, Reino Unido: CABI Publishing. USDA-ARS (2016).
- Vries, I. M. 1997 Instituto Nacional de Estadísticas (2010). Información Hortícola. Publicación Especial, 2008-2009.

RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FRUTO DE MELÓN EN RESPUESTA A LA POLINIZACIÓN Y APLICACIÓN DE FITOHORMONAS

Víctor Eladio Castizo García¹; Juan Antonio Chamú Baranda¹; Martín Solís Martínez¹; Oscar Martin Antúnez Ocampo^{2†}

¹Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro). Km 14.5 Carr. Iguala-Cocula, Iguala, Guerrero, México. C. P. 40000. ²Campo Experimental Iguala. Km 2.5 Carr. Iguala-Tuxpan, Iguala, Guerrero, México. C. P. 40000. †Correo-e: antunez.oscar@inifap.gob.mx

RESUMEN

En México, el melón es un cultivo hortícola de importancia económica y social ya que genera fuentes de empleo e ingresos para los agricultores; sin embargo, su potencial productivo está limitado a su manejo y tipo de polinización. En este sentido, las hormonas vegetales son moléculas sintetizadas por la planta que controlan la mayoría de los procesos fisiológicos y bioquímicos como la división celular, el crecimiento, la diferenciación de los órganos aéreos y de las raíces. Se utilizó la variedad de melón Top Mark, tipo Cantaloupe, en total se evaluaron En 12 tratamientos es estudio. El diseño experimental fue bloques completos al azar, cada tratamiento contó con 4 repeticiones. Los análisis de varianza de las variables número de frutos cuajados por planta (NFCP), número de frutos acumulado (NFA), rendimiento (REN), diámetro polar (DPF) y ecuatorial del fruto (DEF) de melón mostraron significancia ($\alpha \leq 0.05$) por efecto de los tipos de polinización y fitohormonas aplicadas. La aplicación exógena de giberelinas es una alternativa para favorecer el amarre de frutos, y por ende el número de frutos por planta y el rendimiento acumulado del cultivo de melón cultivado en condiciones protegidas.

Palabras clave: fitohormonas, fruto, melón, polinización.

ABSTRACT

In Mexico, melon is a horticultural crop of economic and social importance since it generates sources of employment and income for farmers; however, its productive potential is limited to its management and type of pollination. In this sense, plant

hormones are molecules synthesized by the plant that control most physiological and biochemical processes such as cell division, growth, differentiation of air organs and roots. The Top Mark melon variety, Cantaloupe type, was used, in total they were evaluated in 12 treatments in this study. The experimental design was randomized complete blocks, each treatment had 4 replications. The analysis of variance of the variables number of fruits set per plant (NFCP), cumulative number of fruits (NFA), yield (REN), polar diameter (DPF) and equatorial diameter of the fruit (DEF) of melon showed significance ($\alpha \leq 0.05$) due to the effect of the types of pollination and phytohormones applied. The exogenous application of gibberellins is an alternative to promote fruit tying, and therefore the number of fruits per plant and the cumulative yield of the melon crop grown under protected conditions.

Keywords: phytohormones, fruit, melon, pollination.

INTRODUCCIÓN

En México, el melón es un cultivo hortícola de importancia económica y social ya que genera fuentes de empleo e ingresos para los agricultores; así como, divisas para el país. La producción nacional es de 572 468 t, siendo Coahuila (región Lagunera 114 979 t) el estado más sobresaliente (SIAP, 2024). El melón aporta antioxidantes, los cuales actúan sobre enfermedades crónicas y retrasan el envejecimiento, y contiene vitamina C, E y minerales como K, P, Mg, Ca, y Fe (Zamora y Loredó, 2020). Las variedades más cultivadas son Cantaloupe y Honeydew (SADER, 2022).

Las hormonas vegetales son moléculas sintetizadas por la planta que controlan la mayoría de los procesos fisiológicos y bioquímicos como la división celular, el crecimiento, la diferenciación de los órganos aéreos y de las raíces. También, regulan la embriogénesis, la germinación de las semillas, la floración, la formación del fruto, la caída de las hojas y la senescencia. Hasta el momento, se han descrito 11 tipos de hormonas vegetales de las cuales seis de ellas se relacionan con la autofagia: ácido abscísico (ABA), etileno, giberelina (GA), auxina (IAA, ácido indol-3-acético), citoquinina y el ácido salicílico (Porta y Jiménez, 2019). Tras la fecundación del óvulo, las semillas en desarrollo se comunican con el fruto que las

envuelve para coordinar su desarrollo simultáneo. Generalmente, el desarrollo del fruto sólo se inicia si tiene lugar la fecundación, si los óvulos no son fecundados, el desarrollo del gineceo se detiene, y la flor entra en senescencia. Desde hace mucho tiempo se ha sugerido que el desarrollo del fruto después de la fertilización sería impulsado por las hormonas sintetizadas en las semillas en desarrollo. El desarrollo de frutos partenocárpicos suele tener lugar, por tanto, en ausencia de polinización, o tras una polinización que no culmine con la fecundación (e.g., con polen muerto o procedente de especies incompatibles) (Eavan, 2007). El objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento y calidad del fruto de melón en respuesta a los tipos de polinización y aplicación de fitohormonas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental. Se utilizó la variedad de melón Top Mark, tipo Cantaloupe, que produce frutos redondos con enmallado (peso: 1.60 kg; tamaño: 16.5 x 14 cm). Las plantas se establecieron en condiciones de malla (30% sombra) en los terrenos agrícolas del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO), ubicado a 640 m de altitud (18° 19' LN y 99° 39' LO), con clima tropical seco [Awo (w) (i) g], con lluvias en verano (García, 1988).

Manejo del cultivo. El trasplante se hizo de forma manual a doble hilera en camas (0.8 m de ancho; distancia entre plantas de 0.5 m y entre hileras de 0.40 m), se utilizó fertirriego para la fertilización de las plantas, que dependiendo de la etapa fenológica se modificó la solución nutritiva, y para el tutorado se colocaron espalderas de plástico. La polinización fue manual y con la aplicación de las hormonas; el control de plagas (minador de la hoja, mosquita blanca y grillos) y enfermedades (cenicilla, mildiu y Botrytis) se hizo con aplicaciones foliares de productos químicos. Se hicieron dos podas de formación y una poda de crecimiento. La cosecha inició a los 88 días después del trasplante, cuando los frutos llegaron a madurez fisiológica.

Factor en estudio y diseño experimental. Los factores en estudio fueron a) Fitohormonas (niveles: testigo, Giberelinas con Biogib; Auxinas con Rotindool 3000; Citoquininas con Agromil plus), y b) Dosis de aplicación (niveles: dosis base; recomendada por el fabricante; dosis duplicada; dosis reducida a la mitad de la recomendada). En el caso del testigo-sin fitohormona, se consideró tres niveles de

polinización que fueron i) sin polinización; ii) polinización manual; iii) polinización mecánica (se procedió a mover el tutor donde se encontraban creciendo las plantas, para desprender el polen y se depositara en el estigma de la flor femenina). En total se generaron 12 tratamientos es estudio. La aplicación foliar de las fitohormonas inició cuando se presentó el mayor número de plantas en etapa de floración (38 ddt) hasta la cosecha, a intervalos de 8 días. El diseño experimental fue bloques completos al azar, cada tratamiento contó con 4 repeticiones. Cada unidad experimental fue de 3.75 m² (3 m de largo y 1.25 m de ancho).

Variables en estudio y análisis de la información. Se determinaron los componentes del rendimiento y calidad del fruto, como i) número de frutos cuajados por planta, considerando el crecimiento del ovario para clasificarlo como fruto cuajado; ii) número de frutos acumulados m⁻², contabilizando los frutos de ocho plantas centrales de la parcela útil; iii) rendimiento (kg m⁻²), que se obtuvo al dividir el peso acumulado de los frutos entre el área total de la parcela útil; iv) sólidos solubles totales (°Brix), colocando jugo en un refractómetro portátil ATAGO; v) tamaño del fruto (diámetro polar, cm; diámetro ecuatorial, mm), con una cintra métrica y vernier digital marca Truper; vi) peso individual del fruto (g), con una báscula digital con precisión de 1 g. La información obtenida de cada variable se sometió a un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de medias (Tukey al 5 %) con el programa Statistical Analysis System (SAS) versión 9.1 (SAS, Institute, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza de las variables número de frutos cuajados por planta (NFCP), número de frutos acumulado (NFA), rendimiento (REN), diámetro polar (DPF) y ecuatorial del fruto (DEF) de melón mostraron significancia ($\alpha \leq 0.05$) por efecto de los tipos de polinización y fitohormonas aplicados en condiciones protegidas (Cuadro1).

La aplicación de giberelina favoreció el amarre del fruto (NFCP), número de frutos acumulados (NFA) y el rendimiento (REN). En la variable NFCP, la aplicación de giberelina a DD (0.4 g L⁻¹) superó en 233.33% al tratamiento sin polinización (Testigo) quien registró el menor número de frutos cuajados. No obstante, G-DD fue estadísticamente similar a los valores de polinización manual y mecánica, auxina a

DR, pero superior a los registrados con citoquininas a DM, DR, DD. Por otro lado, el mayor NFA se obtuvo con la polinización manual y la aplicación de G-DD, valores que fueron estadísticamente iguales, pero superiores en 66.6 al testigo, mientras que, la aplicación de auxinas y citoquininas incrementaron esta variable de 36 a 60%. Mientras que, el rendimiento de frutos (kg m^{-2}) se incrementó de 98 a 169% con cualquier dosis de giberelina, destacando más la de DD; no obstante, dichos resultados son estadísticamente similares al de polinización manual que aumentó en 155% el rendimiento.

La importancia de las giberelinas en la planta se debe a que son responsables del cuajado del fruto, ya que se encuentran comúnmente en el óvulo fecundado, y al presentarse un inhibidor de esta hormona se provoca la abscisión de los frutos. Por lo descrito anteriormente, las giberelinas endógenas son empleadas en la agricultura para inducir el cuajado del fruto en cultivos de importancia económica (chile, tomate) (Porta y Jiménez, 2019).

Las variables peso individual y sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$) del jugo del fruto no fueron afectados significativamente por los tratamientos. En este sentido, el peso osciló de 1.04 a 1.20 g, y los $^{\circ}\text{Brix}$ del jugo de 9.98 a 11.63. Comportamiento diferente se observó en el tamaño del fruto, donde los análisis de varianza del diámetro polar y ecuatorial mostraron significancia. Los mayores diámetros polares (13.69 a 15.35 cm) se registraron en frutos provenientes de plantas tratadas con auxinas, sobresaliendo la aplicación de DD; además estos valores son estadísticamente similares a los obtenidos en frutos de plantas sin polinización (testigo) (13.73 cm), es importante resaltar que este parámetro del tamaño se vio afectado negativamente por la aplicación de cualquier dosis de giberelinas y citoquininas, y del tipo polinización (manual y mecánica) ya que redujeron de 1.9 a 13.0%, con respecto al testigo. En el caso del diámetro ecuatorial del fruto, estadísticamente los mejores tratamientos fueron auxinas a DD (10 mL L^{-1}) y la aplicación de citoquininas a DR (1 mL L^{-1}) ya que provocaron un incremento del 17.87%, con respecto a la aplicación de citoquininas a DD (2 mL L^{-1}), el cual provocó el menor grosor del fruto, con un promedio de 10.63 cm. El resto de los tratamientos se comportaron de manera similar a los mejores tratamientos.

Cuadro 1. Significancia y promedios de los componentes del rendimiento y calidad de fruto de melón por efecto de la aplicación de fitohormonas y tipos de polinización.

Tratamiento	NFCP (24 dda)	NFA (m ⁻²)	REN (kg m ⁻²)	PIF (g)	SST (°Brix)	DPF (cm)	DEF (mm)
Significancia <i>P</i>	0.0013*	0.0001*	0.0001*	0.5012 ns	0.7583 ns	0.0001*	0.0048*
Testigo	0.75 b	1.50 c	1.55 d	1.04 a	9.98 a	13.73 ac	11.86 ab
Po-Ma	1.75 ab	3.50 a	3.96 a	1.13 a	11.63 a	13.16 bc	11.88 ab
Po-Me	1.50 ab	2.10 bc	2.43 bc	1.16 a	10.15 a	13.42 bd	12.13 ab
Gib-DM	1.75 ab	3.20 ab	3.60 ab	1.13 a	10.20 a	12.68 bd	11.81 ab
Gib-DR	1.75 ab	2.70 ab	3.07 ac	1.17 a	10.60 a	13.47 bc	11.73 ab
Gib-DD	2.5 a	3.50 a	4.18 a	1.20 a	10.60 a	12.79 bc	11.48 ab
Aux-DM	1.25 b	2.30 bc	2.51 bc	1.09 a	10.88 a	13.69 ac	11.80 ab
Aux-DR	1.50 ab	2.10 bc	2.50 bc	1.18 a	10.88 a	14.05 ab	12.13 ab
Aux-DD	1.25 b	2.40 ac	2.49 bc	1.11 a	10.60 a	15.35 a	12.78 a
Cit -DM	0.75 b	2.10 bc	2.13 cd	1.01 a	11.15 a	12.18 dc	11.24 ab
Cit -DR	1.25 b	2.20 bc	2.39 cd	1.15 a	10.30 a	11.91 d	12.53 a
Cit -DD	1.25 b	2.10 bc	2.28 cd	1.09 a	10.55 a	12.85 bd	10.63 b
C.V. (%)	90.26	17.94	20.00	10.53	10.63 a	5.28	5.33
Media	1.06	2.47	2.75	1.12	10.62 a	13.27	11.83

NFC= Número de frutos cuajados por planta. NFA = Número de frutos acumulados. REN = Rendimiento. PIF = Peso individual del fruto. SST = Sólidos solubles totales. DPF = Diámetro polar del fruto. DEF = Diámetro ecuatorial del fruto. * = Significativo, $\alpha \leq 0.05$. ns= No significativo, $\alpha > 0.05$. DD = Dosis duplicada. DR = Dosis reducida. DM = Dosis media. Promedios con letras diferentes en cada columna son estadísticamente diferentes, Tukey $\alpha \geq 0.05$. Gib = Giberelinas (Biogib). Aux = Auxinas (Rootindo). Cito = Citoquininas (Agromil Plus).

Los resultados obtenidos en la producción de frutos se relacionan con lo reportado por Gómez (2023) en melón variedad Top Mark. Este autor evaluó los productos Biozyme TF® (citoquinina 0.0094%; auxinas 0.0036%; giberelinas 0.0036%) a dosis de 3.33 mL L⁻¹ y Biogib®10 PS (ácido giberélico 10%) a dosis de 0.8 g L⁻¹ en diferentes fechas después de la siembra (22, 35 y 48 dds) y reportó que la aplicación de Biozyme TF® a los 35 dds aumentó en 123.07% la acumulación de frutos m⁻², siendo éste el mejor tratamiento, seguido de la aplicación de Biogib®10 PS aplicado a los 48 dds, el cual generó 115% mayor producción respecto al testigo (sin aplicación de fitohormona) con 3.5 frutos m⁻².

En mango Ataulfo (*Mangifera indica* L.), Pérez *et al.* (2009) aplicaron productos comerciales a base de giberelina (ácido giberélico) y citoquininas (Agromil plus) en diferentes concentraciones para determinar la dosis que favorece el amarre y desarrollo de frutos partenocárpicos. Los autores indicaron que el tratamiento testigo obtuvo un promedio de un fruto por inflorescencia; mientras que, al aplicar ácido giberélico a dosis de 50 mg L⁻¹ generó un incremento del 226% en el amarre de frutos por inflorescencia. También es importante resaltar que la interacción de los dos productos de fitohormonas presentó diferencia significativa en comparación con el tratamiento testigo.

El efecto positivo de las fitohormonas en el tamaño del fruto también se ha documentado en *Opuntia* spp., donde Livera *et al.* (2020) reportaron un incremento del 11.82% en el diámetro polar y 18.29% en el diámetro ecuatorial del fruto con aplicación de 200 ppm de ácido giberélico (AG3), con respecto a la polinización tradicional con 9.39 y 6.23 cm, respectivamente, para cada característica.

Es importante señalar que la calidad del fruto va ser influencia por diversos factores como la polinización, condiciones climáticas durante la etapa inicial del desarrollo del fruto, relación hoja-fruto y las prácticas culturales. En el caso del tamaño definitivo del fruto, va depender del número de células presente en el fruto cuajado, número de divisiones celulares que ocurren posteriormente, y la extensión que las células alcanzan (Montaño y Méndez, 2009).

CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que la aplicación exógena de giberelinas es una alternativa para favorecer el amarre de frutos, y por ende el número de frutos por planta y el rendimiento acumulado del cultivo de melón cultivado en condiciones protegidas. Otra alternativa que se puede implementar en el cultivo es la polinización manual; sin embargo, se deben de considerar los gastos que se generan por superficie cultivada. Por otro lado, cualquier tipo de polinización (manual o mecánica) y aplicación de fitohormona no altera el peso individual y dulzura del fruto. En cuanto al tamaño del fruto, la aplicación de auxinas a dosis

recomendada favoreció el diámetro polar y ecuatorial; mientras que, la aplicación de citoquininas tuvo un efecto negativo en estos dos parámetros.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO), por brindarme todas las facilidades para la realizar la investigación.

Al Programa de Investigación Agricultura Protegida, por brindarme las facilidades (materiales y equipos) para el desarrollo de este trabajo de investigación.

LITERATURA CITADA

- Eavan D. 2007. Regulación hormonal del desarrollo temprano del fruto en *Arabidopsis thaliana*. Disponible: <https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/15108/dorcey.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado: 14/10/2024.
- García M. E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gómez R. I. 2023. Efecto de las fitohormonas sobre el crecimiento y rendimiento de melón bajo malla 30% sombra. Tesis de licenciatura. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Guerrero, México. pp. 52-65
- Livera M. M., Valera, D. O. E., Muratalla. L. A. y Carrillo, S. J. A. 2020. Inducción de partenocarpia en *Opuntia* sp. Revista Fitotecnia Mexicana. 41(1) Chapingo ene./mar. 2018 Epub 21-Sep-2020.
- Montaño, M. N. J. y Méndez N. J. R. 2009. Efecto de reguladores de crecimiento sobre el epicarpo, mesocarpo y sólidos solubles totales del fruto de melón (*Cucumis melo* L.). Revista UDO Agrícola 9(2):295-303.
- Pérez B. M. H., Vazquez, V. V., Osuna, G. J. A. y Urías, L. M. A. 2009. Incremento del amarre y tamaño de frutos partenocárpicos en mango 'Ataulfo' con reguladores de crecimiento. Revista Chapingo Serie Horticultura 15(2):183-18.

- Porta H. y Jiménez N. G. 2019. Papel de las hormonas vegetales en la regulación de la autofagia en plantas. TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas 22, e160.
- SADER. 2022. Melón mexicano: rico, nutritivo, sabroso y productivo. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/melon-mexicano-rico-nutritivosabroso-y-productivo?idiom=es>.
- SAS Institute. 2002. SAS/STAT User's Guide. Version 9.1. Volumes 1-7. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- SIAP. 2024. Producción de melón. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/. Fecha de consulta: 28/10/2024.
- Zamora G. L. L. y Loredo, T. A. 2020. Importancia del melón (*Cucumis melo*) y técnicas para su conservación. Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila 12 (24).

RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL FRUTO DE SEIS CULTIVARES DE LITCHI (*Litchi chinensis* Sonn)

Juan Vargas Hernández^{1*}; José Luis Salinas Morales²; Tochiuitl Martiñón Guillermina Areli³; Francisco Paúl Gámez Vázquez⁴; Juan José García Rodríguez⁴

¹Campo Experimental San Luis-INIFAP. Ejido Palma de la Cruz Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. México. C.P. 78431. ²Programa de Postgrado en Botánica. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México. ³Campo Experimental General Terán-INIFAP. Km 31 Carretera Montemorelos-China. C.P. 67400. General Terán, Nuevo León, México. ⁴Campo Experimental Bajío-INIFAP. Km 6.5 Carr. Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato, México, C.P. 38010, AP. 112. *Autor de correspondencia: vargas.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar las características físicas externas e internas de los frutos de seis cultivares de litchi (*Litchi chinensis* Sonn.), con el fin de proporcionar información útil para la selección y mejora de variedades para la producción comercial. Los cultivares evaluados fueron: Mauritius, Brewster, Groff, Hak Yip, Yu He Bao y Kway My Pink, procedentes del Sitio Experimental Huichihuayan del Campo Experimental San Luis del INIFAP, San Luis Potosí. Se determinaron el número de frutos por racimo y se midieron diversos atributos físicos, como la biomasa total del fruto, la pulpa, la semilla y el pericarpo, así como las dimensiones del fruto (longitud, diámetro y espesor del pericarpo) y la longitud y anchura de la semilla. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.05$) entre los cultivares en cuanto a sus características físicas. El cultivar Yu He Bao presentó el mayor número de frutos por racimo, lo que sugiere un alto rendimiento en términos de cantidad. Sin embargo, los cultivares Brewster y Mauritius se destacaron por tener la mayor biomasa de fruto (20.5 g), pulpa (14.4 g) y semilla (3.4 g), así como semillas significativamente más grandes (longitud y anchura) en comparación con los demás cultivares. En términos de calidad física, Mauritius y Brewster fueron los mejores, destacándose en las dimensiones del fruto y la pulpa. Por otro lado, Yu He Bao mostró un buen rendimiento en la cantidad de

frutos por racimo, pero no destacó por la calidad física de los mismos. En conclusión, los cultivares Mauritius y Brewster presentaron la mejor calidad física del fruto, mientras que Yu He Bao resultó prometedor en términos de rendimiento, aunque con una calidad física inferior. Estos hallazgos ofrecen información valiosa para la mejora genética y la selección de cultivares con mejores características para la producción comercial de litchi.

Palabras clave: Fruto, semilla, cultivar, pulpa, dimensiones.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the external and internal physical characteristics of the fruits of six lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) cultivars, in order to provide useful information for the selection and improvement of varieties for commercial production. The cultivars evaluated were: Mauritius, Brewster, Groff, Hak Yip, Yu He Bao, and Kway My Pink, from the Huichihuayan Experimental Site at the San Luis Experimental Field of INIFAP, San Luis Potosí. The number of fruits per bunch was determined, and various physical attributes were measured, including total fruit biomass, pulp, seed, and pericarp, as well as fruit dimensions (length, diameter, and pericarp thickness) and seed length and width. The results showed highly significant differences ($P \leq 0.05$) among the cultivars in terms of their physical characteristics. The Yu He Bao cultivar had the highest number of fruits per bunch, suggesting high yield in terms of quantity. However, the Brewster and Mauritius cultivars stood out for having the greatest fruit biomass (20.5 g), pulp (14.4 g), and seed (3.4 g), as well as significantly larger seeds (length and width) compared to the other cultivars. In terms of physical quality, Mauritius and Brewster were the best, excelling in fruit and pulp dimensions. On the other hand, Yu He Bao showed good performance in terms of the number of fruits per bunch but did not stand out in terms of the physical quality of the fruits. In conclusion, the Mauritius and Brewster cultivars exhibited the best physical fruit quality, while Yu He Bao proved promising in terms of yield, though with inferior physical quality. These findings provide valuable information for genetic improvement and the selection of cultivars with better characteristics for the commercial production of lychee.

Keywords: Fruit, seed, crop, pulp, dimensions.

INTRODUCCIÓN

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) es una fruta tropical altamente apreciada por su sabor único, textura jugosa y perfil aromático, lo que la ha convertido en un producto valioso en los mercados internacionales. Su popularidad no solo se debe a sus características organolépticas, sino también a las variadas aplicaciones que tiene en la industria alimentaria y la creciente demanda global. La calidad de los frutos de litchi, que depende en gran medida de sus características físicas, juega un papel crucial en su aceptación comercial. Diferentes cultivares de litchi, cultivados en diversas regiones tropicales, exhiben variaciones significativas en cuanto a tamaño, forma, color y características organolépticas, lo que influye directamente en su rendimiento y en la calidad del producto final (Mitra y Pathak, 2010; Orwa *et al.*, 2009).

El litchi es un fruto no climatérico, lo que significa que su madurez comercial se alcanza en el momento de la cosecha, sin un proceso posterior de maduración en poscosecha (Hajare *et al.*, 2010). Los rendimientos de este cultivo pueden verse afectados por factores ambientales, como las temperaturas inferiores a 20 °C durante el periodo previo a la floración, lo cual estimula la formación de brotes florales y contribuye a una mayor producción de frutos (Mitra y Pathak, 2010). A nivel físico, el litchi se caracteriza por una cáscara áspera y coriácea, que varía en colores que van del rosa al rojo fresa. Su forma es generalmente ovalada o redonda, y el arilo, que es la parte comestible, es firme, translúcido, jugoso y de sabor dulce y fragante. El presente estudio se centra en la evaluación de seis cultivares de litchi: Mauritius, Brewster, Hap Yip, Groff, Yu He Bao y Kway My Pink. Sus características físicas, en longitud, ancho, peso del fruto, así como cáscara y el arilo, con el fin de determinar las variaciones entre las diferentes variedades. Estos parámetros son fundamentales, no solo para la comercialización de la fruta, sino también para su percepción por parte del consumidor. El análisis de estas características permitirá identificar las variedades más adecuadas para la producción y mejora de la calidad del litchi, contribuyendo a la optimización del rendimiento del cultivo y a la selección de las variedades con mayor potencial comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se realizó en el Sitio Experimental Huichihuayán, en el municipio de Huehuetlán, San Luis Potosí, entre las coordenadas geográficas 21° 28' 21" N 98° 58' 37" W, a una altitud de 95 msnm (figura 1). De acuerdo con la clasificación de Köppen (García, 2004.) el clima es subhúmedo (Cfa), con una temperatura media anual de 23 °C, máxima 38 °C y con precipitación de 1,659 mm.

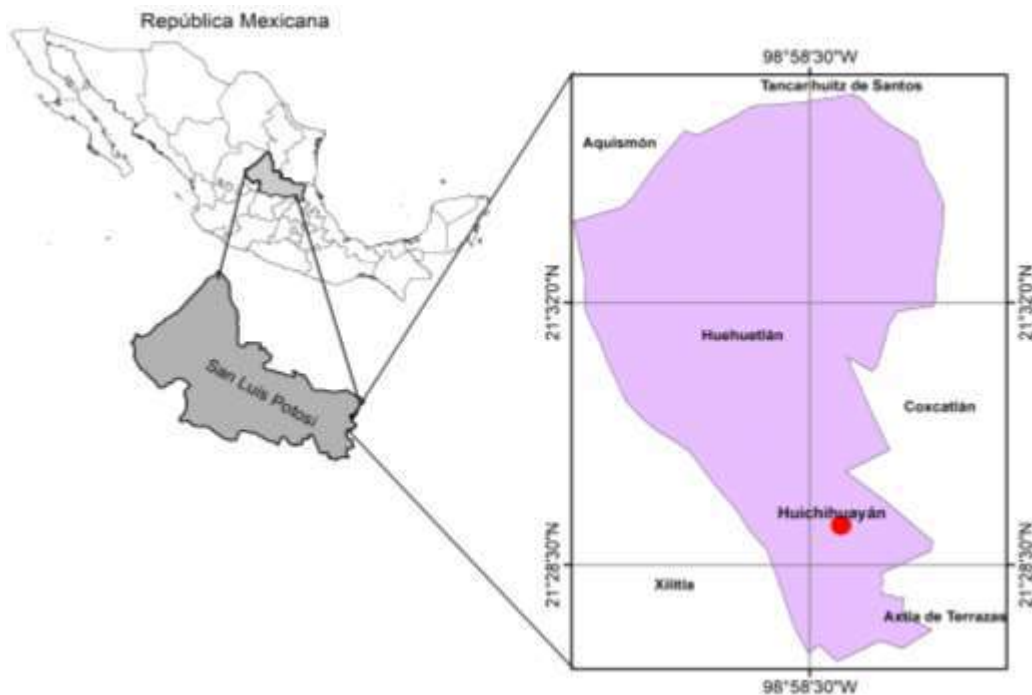


Figura 1. Ubicación del área de estudio, Sitio Experimental Huichihuayán, municipio de Huehuetlán, San Luis Potosí.

Material vegetal. Se utilizaron frutos de las variedades de litchi (Mauritius, Brewster, Groff, Hak Yip, Yu He Bao y Kway My Pink) de 20 años de edad, con un marco de plantación de 7 m entre plantas, sin manejo agronómico (sin riego y sin fertilización), procedentes del Sitio Experimental Huichihuayán del INIFAP.

Diseño de muestreo. En junio de 2024, se cosecharon 50 racimos con frutos en estado de madurez fisiológica idóneo para consumo, de cada variedad y fueron transportados en cajas a las oficinas del INIFAP para su evaluación, se tuvieron en cuenta tres árboles de cada cultivar.

Variables evaluadas. Se determinó el número de frutos por racimos de cada cultivar. También se evaluaron atributos físicos: biomasa del fruto, el arilo, semilla y el pericarpio, en gramos (g), que se registró con una balanza de precisión (Precisa, XB-2200C, precisión 0.01 g). Sus dimensiones del fruto: longitud, diámetro y espesor del pericarpio, así como longitud y anchura de la semilla, se determinó con un vernier digital (Truper, CALDI-6MP; 14388). Se utilizaron 50 frutos de cada variedad.

Análisis estadístico. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA), seguido por una prueba de Tukey. También se aplicó el análisis de correlación de Pearson y de componentes principales (CP) con el programa estadístico R (R Core Team 2022). Rstudio 4.2.1. La representación gráfica de los resultados se obtuvo con el programa SigmaPlot de Jandel Scientific Ver. 15.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de frutos por racimos difirió considerablemente entre los cultivares; el mayor número se registró en Hak Yip y Yu He Bao (19.3) y el menor en Brewster y Kway My Pink (8.7) (Figura 2A). Los resultados de este estudio coincidieron parcialmente con los de Aguas Atlahua *et al.* (2017), reportaron entre 7 a 8 frutos por racimos Mauritius, Lal *et al.* (2023) y Kumar *et al.* (2024) encontraron de uno a 14 frutos por racimo en cultivares proveniente de la India. La diferencia en la cantidad de frutos en los distintos cultivares es heterogéneo y se mantienen en la madurez de la cosecha y este puede ser un indicador de su capacidad diferencial para manejar la carga del cultivo.

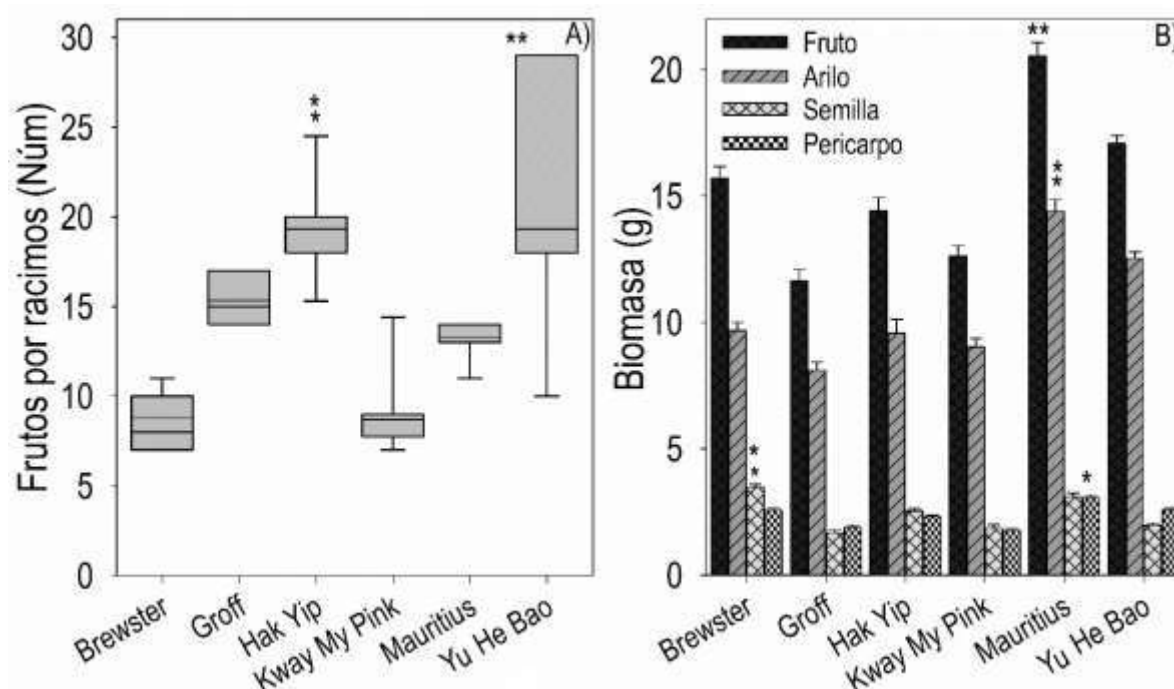


Figura 2. Número de frutos por racimos (A), biomasa de los componentes del fruto del litchi (arilo, semilla y pericarpio) (B).

La biomasa de los componentes del fruto varió significativamente (Figura 2B), siendo Mauritius y Brewster con el mayor peso del fruto (20.55 g/fruto), en el arilo (14.4 g) y en semilla (3.4 g) mientras que el cultivar Groff presentó los menores pesos. Los resultados del cultivar Mauritius coinciden a lo descrito por Lal *et al.* (2023) en cultivares Mandaraji, Rose Scented y Seedless Late, ellos reportan hasta 21.1 g/fruto y 12 g de pulpa, pero el 31 % es menor a lo obtenido en los demás cultivares.

En este estudio, las semillas más largas (24.4 mm) y anchas (13 mm) se encontraron en los cultivares Brewster y Mauritius, mientras que las semillas más cortas (18.4 mm) fueron observadas en los cultivares Kway My Pink y Groff (figura 3B). La variabilidad en las dimensiones de la semilla refleja no solo las diferencias genéticas entre los cultivares, sino también factores que afectan el desarrollo normal del fruto. La semilla alcanzó su tamaño máximo cuando tanto el fruto como la semilla crecieron de manera óptima (figura 2B), lo que resalta la relación estrecha entre el desarrollo del fruto y el tamaño de la semilla.

Este patrón de variabilidad en el tamaño de la semilla se alinea con los resultados de Lal *et al.* (2023), quienes reportaron una amplitud en la longitud de la semilla que va de 16.36 mm a 23.42 mm, y en la anchura de 8.18 mm a 13.84 mm, dependiendo del cultivar. Las diferencias observadas entre los cultivares en términos de tamaño de la semilla están en línea con la hipótesis de que la genética del cultivar juega un papel crucial en la determinación del tamaño final de la semilla. Sin embargo, también es importante considerar otros factores que pueden influir en esta variabilidad, como el aborto temprano de la semilla. En este sentido, estudios previos han sugerido que factores como el estrés hídrico, la deficiencia de nutrientes o la polinización insuficiente pueden provocar abortos de semillas en etapas tempranas de desarrollo, lo que resulta en semillas más pequeñas (Ruan *et al.*, 2019).

Además, investigaciones sobre la fisiología del litchi indican que las semillas son particularmente sensibles a las condiciones ambientales durante la floración y la fecundación, lo que podría explicar las diferencias en el tamaño de la semilla observadas entre los cultivares. Según Zhang *et al.* (2018), el desarrollo de las semillas de litchi depende en gran medida de un ambiente equilibrado durante las fases críticas de crecimiento del fruto, siendo particularmente sensible a la disponibilidad de nutrientes y al clima durante la floración. De manera similar, Li *et al.* (2017) observaron que en algunas variedades de litchi, como Hong He, las condiciones de alta temperatura durante la fase de floración contribuyen al aborto de las semillas, lo que resulta en frutos con semillas más pequeñas.

Por otro lado, el cultivar Hak Yip mostró la menor anchura de la semilla (10.94 mm), mientras que Brewster presentó la mayor (13.51 mm), lo que también puede estar relacionado con la diferencia en la estructura genética de cada cultivar, así como con sus diferentes hábitos de crecimiento. La variabilidad en la morfología de la semilla podría ser indicativa de diferentes mecanismos de adaptación evolutiva, como una mayor eficiencia en la germinación o en la dispersión de semillas en

algunas variedades, lo que podría conferir ventajas en ciertos entornos de cultivo (Kishor *et al.*, 2020).

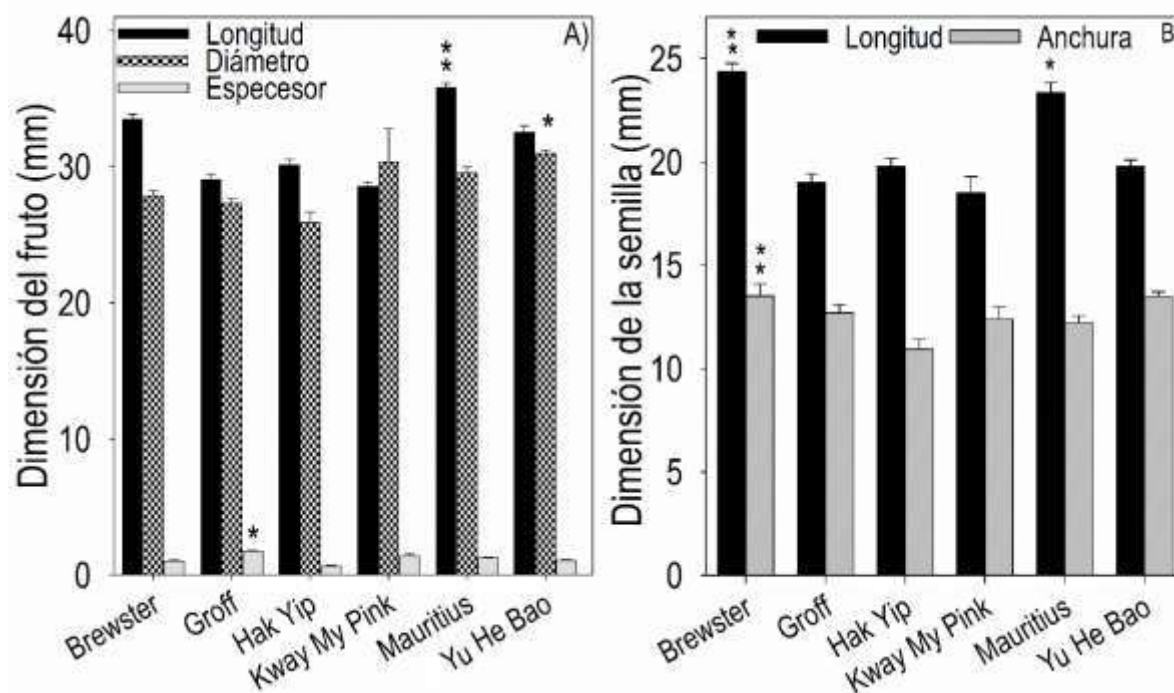


Figura 3. Dimensiones del fruto (A) y de las semillas (B) de seis cultivares de litchi.

Por lo que el peso del fruto, la pulpa y la semilla en los cultivares de litchi depende de factores genéticos, de la nutrición y de la orientación del fruto, esto genera variaciones entre diferentes cultivares. Estas diferencias en las características físicas entre cultivares podrían atribuirse a características genéticas varietales.

Cuadro 1. Valores propios y proporción de la varianza para los primeros componentes principales de las características físicas del fruto de litchi.

	Componente principal		
	1	2	3
Frutos/racimos	0.014	0.457	-0.085
Peso del fruto	0.45	-0.21	0.104
Peso del Arilo	0.382	-0.326	0.27
Peso de semilla	0.337	0.379	-0.347
Peso del pericarpio	0.388	-0.249	-0.166
Longitud de Fruto	0.433	-0.075	0.009
Diámetro de Fruto	0.172	-0.009	0.546
Espesor de fruto	-0.078	0.199	0.606
Longitud de semilla	0.357	0.39	-0.188
Anchura de semilla	0.19	0.487	0.246
Varianza acumulada	0.43	0.58	0.71

El Análisis de componentes (ACP) permitió cuantificar el efecto de las variables sobre aspectos físicos y la calidad del fruto de litchi entre plantas. Los tres primeros PC acumularon el 71.6 % de la variabilidad total.

El PC1 y PC2 tuvo una correlación alta y positiva con el peso del fruto, arilo y semilla, la longitud del fruto y frutos por racimos. El PC3 tuvo correlación con dos características (diámetro y espesor del fruto). (cuadro 1). Esto indica que las características físicas del fruto, principalmente las relacionadas con su biomasa del fruto total y sus componentes, son las variables más adecuadas para describir los biotipos.

La representación gráfica del CP2 en función de CP1 mostró que cada una de las variables evaluadas tiene efectos equivalentes. Las variables con mayor importancia en el cultivar Brewster son las dimensiones y peso de la semilla,

mientras que en Mauritius son el peso y la longitud del fruto. Sin embargo, Yu He Bao hay más retención de frutos por racimos (figura 4).

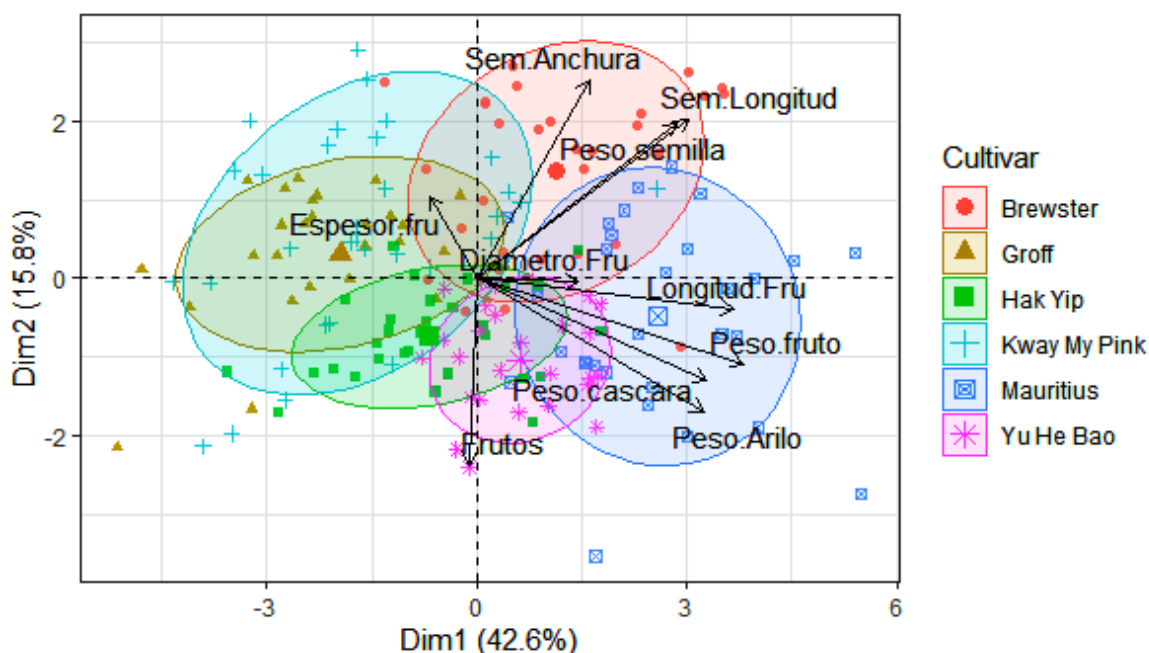


Figura 4. Análisis de componentes principales y comportamiento de los parámetros físicos en frutos de litchi.

CONCLUSIONES

Entre los cultivares de litchi que han sido investigados, existe una considerable variedad genética que puede ser utilizada en programas de mejoramiento para incrementar la calidad del fruto y su rendimiento. Los cultivares Mauritius y Brewster presentan mejor calidad física del fruto, la pulpa y sus dimensiones. Sin embargo, Yu He Bao desempeñó un papel importante en el rendimiento de frutos, pero no en la calidad física. La caracterización de litchi basada en las características del fruto ofrece información útil para elegir cultivares y tipos prometedores para la mejora y la producción comercial.

LITERATURA CITADA

Aguas-Atlahua, A., García-Pérez, E., Ruiz-Rosado, O., and Trinidad-Santos, A. (2014). Calidad de fruto de Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) producido en el estado de Veracruz, México. *Revista fitotecnia mexicana*, 37(4), 373-380.

- Hajare S. N., S. Saxena, S. Kumar, S. Wadhawan, V. More, B. B. Mishra, M. Narayan P., S. Gautam and A. Sharma (2010) Quality profile of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) cultivars from India and effect of radiation processing. *Radiation Physics and Chemistry* 79:994-1004.
- Kishor, P. B. K., et al. (2020). "Genetic diversity and morphological traits of litchi seed development." *Tree Genetics & Genomes*, 16(2), 45-58.
- Lal, N., Pandey, S. K., Pandey, S. D., & Nath, V. (2023). Genetic diversity and grouping of litchi genotypes based on 83 qualitative and quantitative traits. *Erwerbs-Obstbau*, 65(4), 1003-1012.
- Li, Y., et al. (2017). "Temperature stress during flowering affects seed development in litchi." *Environmental and Experimental Botany*, 136, 1-9.
- Mitra, S. K. and Pathak, P. K. 2010. Litchi production in the Asia-Pacific region. *Acta Hortic.* 863:29-36.
- Orwa C, A Mutua, Kindt R, Jamnadass R, S Anthony. (2009). «Litchi chinensis». *Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0* (en inglés). Consultado el 20 de octubre de 2024.
- Ruan, X., et al. (2019). "Effects of water stress and nutritional management on seed abortion in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.)." *Scientia Horticulturae*, 247, 153-160.
- Zhang, Q., et al. (2018). "The role of environmental factors in seed development and abortion in litchi." *Agricultural Science & Technology*, 19(4), 72-80.

RESIDUALIDAD DE APLICACIONES FOLIARES DE SILICE EN LA RESISTENCIA DE FRESA A *Tetranychus urticae* Koch

Luis Mariano Valdez Rivas¹, Christian U. Hernández Montoya²; Luis P. Guevara Acevedo^{2†}; Fernando G. Flores Guillen²; Berenice Rivera Cortez²; Ricardo Yáñez Lopez¹

¹Estudiante de Séptimo Semestre en Ingeniería en Agronomía. Tecnológico Nacional de México-Roque, Km 8 Carretera J. Rosa-Celaya, CP 38110 Celaya, Gto. ²Tecnológico Nacional de México-Roque, Km 8 Carretera J. Rosa-Celaya, CP 38110 Celaya, Gto. [†]Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación donde se realizó para evaluar la residualidad de aplicaciones foliares de sílice en la antixenosis y antibiosis de araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) en hojas de fresa, para ello se realizaron aplicaciones de Sílice Diatomix® (Organic Technology) a dosis de 10 g L⁻¹, primeramente en hojas sin aplicación se cortaron cuadros de 2cm x 2cm de la cuarta hoja de plantas de fresa variedad Sayulita de 6 meses de edad y trasplantadas en bolsas de 25cm x 25cm de diámetro y 30 cm de alto en donde se llevaron a cabo 6 tratamientos en total, un testigo sin aplicación y a las 24, 48, 72, 96 h y 7 d de residualidad de aplicación de Sílice Diatomix®; de acuerdo a cada periodo de residualidad se tomaron 10 cuadros de 2 cm x 2 cm de la hoja de fresa y se colocaron con el envés hacia arriba en camas de algodón saturado con agua destilada en cajas de Petri, y preparar 10 cajas Petri donde se colocaron en con el envés hacia arriba y se transfirieron 10 hembras grávidas de arañas por repetición. Diariamente se realizó la evaluación de conteo de número de arañas vivas, muertas, repelidas aquellas que se encontraban en el algodón y el número de huevos por día. Esto se realizó por espacio de 4 días, con los valores de los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y una prueba de medias Turkey en el programa SAS Systems. Los resultados de las pruebas determinaron que la residualidad de la aplicación de Sílice Diatomix® (Organic Technology) provoco una tasa de mortandad más alta y menos

resistencia de la araña roja a la residualidad de 24 h de aplicación del sílice en hojas de fresa.

Palabras Clave: *Acaro, hoja, dosis, hembras, tratamiento.*

ABSTRACT

In the present research work where it was carried out to evaluate the residuality of foliar applications of silica in the antixenosis and antibiosis of red spider (*Tetranychus urticae* Koch) in strawberry leaves, for this, applications of Silica Diatomix® (Organic Technology) were carried out at a dose of 10 g L⁻¹, firstly in leaves without application, 2cm x 2cm squares were cut from the fourth leaf of 6-month-old Sayulita variety strawberry plants and transplanted into bags of 25cm x 25cm in diameter and 30cm high where 6 treatments were carried out in total, a control without application and at 24, 48, 72, 96 h and 7 d of residuality of application of Silica Diatomix®; According to each residual period, 10 squares of 2 cm x 2 cm were taken from the strawberry leaf and placed with the underside facing up on beds of cotton saturated with distilled water in Petri dishes, and 10 Petri dishes were prepared where they were placed with the underside facing up and 10 pregnant female spiders were transferred per repetition. The evaluation of the number of live and dead spiders, those repelled, those that were in the cotton and the number of eggs per day was carried out daily. This was done for a period of 4 days, with the values of the data obtained, an analysis of variance and a Turkey means test were performed in the SAS Systems program. The results of the tests determined that the residuality of the application of Silica Diatomix® (Organic Technology) caused a higher mortality rate and less resistance of the red spider to the residuality of 24 h of application of silica on strawberry leaves.

Keywords: *Mite, leaf, dose, females, treatment.*

INTRODUCCIÓN

México es el segundo productor de fresa en el mundo después de Estados Unidos, al concentrar el 8 % del volumen, generando el 1.1 % del valor del sector agrícola y se estima que a lo largo de la cadena agroindustrial de la fresa se generan 15,000

empleos directos y 4,500 indirectos. (Financiera Rural, 2016), siendo la araña roja *Tetranychus urticae* (Koch) la plaga más importante, el mayor daño lo provoca al alimentarse de la savia de la planta reduce su vigor, calidad y rendimiento (Cabrera-Oropeza et al., 1996; Klamkowski et al., 2007). Su combate se sustenta en la aplicación calendarizada de acaricidas. Sin embargo, esta plaga ha mostrado gran capacidad para desarrollar resistencia en poco tiempo (Price et al., 2002; Stumpf y Nauen, 2002; Herron et al., 2004). Es por ello por lo que se ha buscado estudiar plantas hospedantes resistentes al ataque de estos ácaros fitófagos. La resistencia de una planta a una plaga puede ser a través de varios mecanismos como antixenosis, antibiosis, tolerancia o combinaciones de estos. La antixenosis es la no preferencia de una plaga fitófaga por una planta resistente, y afecta directamente tanto a la alimentación como a la oviposición de la plaga. La antibiosis ocurre cuando la plaga fitófaga se ve afectada negativamente, especialmente en su biología, por metabolitos secundarios producidos por plantas hospedantes resistentes.

La tolerancia es un rasgo poligénico que permite a una planta resistir o recuperarse del daño causado por una plaga fitófaga (Smith 2005; Smith & Clement 2012). En la actualidad se está utilizando la sílice (Si O_2) como una alternativa de control químico es el uso al 98%. Dando como resultado el efecto de la aplicación foliar de silicio sobre la dinámica poblacional de araña roja en el cultivo de fresa que mostro efectividad al aplicar el foliar de silicio fue la dosis de 10 g L^{-1} que alcanzó a reducir el 70% de la población de huevos, el 37% de larvas, el 35% de proto ninfas, el 46% de deutoninfas y el 29% de adultos. Además, con la aplicación de esta dosis, redujo la incidencia en un 12.8% y la severidad en un 39.2%. (Nathaly, 2023). Es por ello que el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la residualidad de aplicaciones foliares en la mortalidad, supervivencia y repelencia de araña roja en hojas de fresa bajo condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el Tecnológico Nacional de México campus Roque en el laboratorio de Fito sanidad, primeramente, para el testigo que fue plantas sin asperjar, se tomaron cuadros de 2 cm x 2 cm de hojas de plantas de fresa variedad Sayulita y se colocaron en con el envés hacia arriba en cajas de Petri con algodón saturado con agua destilada y se colocaron 10 arañas (*Tetranychus urticae* Koch) hembras gravidas por cuadro, haciendo 10 repeticiones. A las 24 después de colocar el experimento se realizó un conteo del número de arañas vivas, muertas, repelidas tomando aquellas que se encontraban en el algodón y las oviposiciones, las cuales se contaban diariamente durante 4 días y destruían con un alfiler entomológico, capturando los datos estadísticos con la información obtenida para realizar tablas de resultados de porcentajes de cada uno de los datos, a la par se asperjaron con sílice Diatomix® (Organic Technology) a dosis de 10 g L⁻¹ de agua a 5 plantas de fresa de 6 meses de edad de la variedad Sayulita donde se realizaron las evaluaciones y reacciones de la araña roja. A las 24, 48, 72, 96 h y 7 días después de asperjadas se tomaron hojas y se siguió la misma metodología que para el testigo. Los resultados de las oviposiciones se calcularon el número de Huevos por Hembra por Día (HHD) mediante la formula $\text{Acaro/día/hoja} = \frac{1}{2} (\text{población inicial} + \text{población final}) \times \text{tiempo}$. Con los valores que de cada variable evaluada se calculó el porcentaje y de ahí se realizó una transformación de arcoseno y con ello se realizó un análisis de varianza y una prueba de medias Tukey ($\text{Pr} > F < 0.005$). Los análisis fueron realizados mediante el programa SAS System.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados de la aplicación foliar de sílice mostro efecto significativos en el porcentaje de hembras vivas ($\text{Pr} > F, 28.86 < .0001$), en donde se observa que el testigo o el tratamiento sin aplicación de sílice mostro el mayor valor con 22.55 % de hembras vivas y a las 24 h de residualidad presento el menor valor con 7.82% (Cuadro 1), esto indica que las aplicaciones de sílice reducen en más de 14.73% la supervivencia a las 24 h de la aplicación. El autor (Léon et al., 2018)

obtuvo resultados con la aplicación de *Bacillus subtilis*® en dosis de $\text{ml}^{-1} \text{L}^{-1}$ agua destilada estéril, con un valor 24.82% de hembras vivas en 24 h de la aplicación, mostrando resultados de mayor efectividad en la residualidad de silicio a las 24 h de aplicación en la hoja.

Cuadro 1. Efecto de la residualidad de la aplicación foliar de sílice en la resistencia de fresa a araña roja.

No. Tratamiento	Residualidad de silicio	% Vivas	% Muertas	% Repelidas	HHD
1	-	22.554 a	5.0259 c	9.3190 ba	81.50 a
5	96 h	14.206 b	6.7901 c	7.3344 b	79.80 a
6	7 d	13.403 b	5.9076 c	11.1629 a	59.70 ba
4	72 h	12.945 b	7.0334 c	7.4269 b	58.00 ba
3	48 h	10.283 cb	11.8029 b	7.8506 b	46.10 b
2	24 h	7.825 c	15.6112 a	7.4177 b	41.5 b

En el Cuadro 1 se puede observar que la residualidad de silicio de 24 h presento el mayor valor con 15.61% de hembras muertas y los valores menores fueron de testigo o tratamiento sin aplicación de sílice y residualidad de silicio de 96 h, 7 d, 72 y 48 h; con valores de 5.02, 6.79, 5.91 y 7.03% respectivamente, esto indicando que la aplicación de sílice reduce 10.59% la supervivencia a las 24 h de su aplicación, al respecto, Colcha Yupanqui (2021), observó valores superiores con 27.33% de individuos muertos en 5 d por aplicación del extracto acuoso Albahaca (*Ocimum basilicum* L) a concentración de 75%.

La residualidad de silicio de 7 d presento el mayor valor 11.16% de hembras repelidas, y a las 96 h de residualidad presento el menor valor con 7.33% esto indica que las aplicaciones de sílice aumentan 3.83% la repelencia a los 7 d de su aplicación. Al respecto con Colcha Yupanqui (2021), obtuvo resultados con aplicación del extracto acuoso de Aliso (*Alnus acuminata* L) con una concentración del 50 % demostró una mayor cantidad de ácaros repelidos con una media de 1.56% arañas repelidas en 5 d. Mostrando valores superiores en la residualidad de silicio 7d de su aplicación.

Se puede observar en los valores obtenidos que el testigo o tratamiento sin aplicación de sílice mostro el mayor valor 81.50% de HHD, y a las 24 h de residualidad presento el menor valor con 41.50%, esto indica que las aplicaciones de sílice reducen en más de 52.24% la producción de HHD a las 24 h de la aplicación en la hoja. Al respecto con Martínez Galván (2019), observo valores en el producto *Hirsutella thompsonii*® con una dosis de 5 mL L⁻¹, donde se observó que tuvo una reducción del 29.35% de HHD en un periodo de 72 h. Mostrando mayor efectividad a la residualidad de silicio a las 24 h de la aplicación foliar en la hoja.

CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos se pudo observar que la residualidad de silicio a las 24 h provoco una reducción de hembras vivas de 14.73% la supervivencia, 10.59% la mortandad, 52.24% la producción de HHD. Lo que indica que el mayor efecto se obtiene a las 24 h después de la aplicación y reduciendo paulatinamente de acuerdo al tiempo de residualidad.

LICENCIATURA CITADA

Cabrera-Oropeza, J. C., G. Otero-Colina, B. Domínguez Ruiz, M. I. Delgado-Blancas, y J.

Rodríguez-Alcázar. 1996. Rendimiento de la fresa (*Fragaria ananassa*) con varias densidades de *Tetranychus urticae* (Acarí: Tetranychidae) en invernadero. Agrociencia 30:91-101.

Financiera Rural. 2016. Panorama de la fresa En: <http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Ficha%20Fresa.pdf>. Fecha de consulta 12 de noviembre de 2024

Herron, G. A., J. Rophail, and L. J. Wilson. 2004. Chlorfenapyr resistance in two-spotted spider mite (Acarí: Tetranychidae) from Australian cotton. Exp. Appl. Acarol. 34: 315-321.

Klamkowski, K., Sekrecka, M., Fonyodi, H. and W. Treder. 2007. Changes in the rate of gas exchange, water consumption and growth in strawberry plants

- infested with the Two-spotted spider mite. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 15: 155–162.
- Léon, D. M., Arcos, J. D., Freytez, C. V., Pinto, V. F., & Carreño, S. P. (2018). Control de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) con *Bacillus subtilis* en hojas de fresa (*Fragaria vesca*). *Agronomía Costarricense*. <https://doi.org/10.15517/rac.v43i1.35676>
- Nathaly, D. (2023). Evaluación de silicio para el control de araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) en fresa (*Fragaria Vesca*), cantón Pedro Moncayo. En: <https://doi.org/03/AGP/%20351>
- Price, J. F., D. E. Legard, and C. K. Chandler. 2000. Mite Resistance to abamectin on strawberry and strategies for resistance management. In: Hietaranta, T., M. M. Linna, P.
- Stumpf, N., and R. Nauen. 2002. Biochemical markers linked to abamectin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pesticide Biochem. Physiol.* 72: 111-121.
- Smith CM [ed.]. 2005. *Plant Resistance to Arthropods: Molecular and Conventional Approaches*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Smith CM, Clement SL. 2012. Molecular bases of plant resistance to arthropods. *Annual Review of Entomology* 57: 309–328.

RESIDUALIDAD DE APLICACIONES FOLIARES DE SILICE EN LA RESISTENCIA DE PEPINO A *Tetranychus urticae* KOCH

Alexa Lujano Tapia¹, Luis P. Guevara Acevedo^{2§}, Abril de María Montesinos Bernal, Anabel Flores Lee³, Luis R. Sánchez Rico², Daniel Rodríguez Mercado², Manuel Figueroa Hurtado¹

¹Estudiante de ingeniería en Agronomía TecNM-campus Roque, Carretera Celaya- Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ²TecNM-campus Roque, Carretera Celaya- Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ³Instituto Tecnológico Superior Abasolo. Cuitzeo de 401 Cuitzeo de los Naranjos 36976, Los Naranjos, Abasolo, Gto. [§]Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

En el laboratorio de Fitosanidad del TecNM-Campus Roque, se desarrolló un experimento enfocado en evaluar la residualidad de la sílice en la antibiosis, antixenosis y repelencia de araña roja (*Tetranychus urticae*) en hojas de pepino (*Cucumis sativus* L.) mediante aplicaciones foliares de sílice, utilizando Diatomix® (S de RL de CV) como factor de resistencia a diferentes tiempos de residualidad. Para ello se trasplantaron plántulas de pepino de 20 días de germinación. Una vez que la planta alcanzó la cuarta hoja, se cortaron en cuadros de hojas de 2x2 cm, los cuales se colocaron con envés hacia arriba en cajas Petri con una base de algodón y agua destilada. Se recolectaron hembras gravidas provenientes de cultivos de fresa y se colocaron en los cuadros 10 ácaros por cuadro. El ensayo se realizó en un diseño completamente al azar con 10 repeticiones, 7 tratamientos que consistieron en la residualidad a 24, 48, 72 y 96 h y 7 d de aplicaciones de sílice a dosis de 10 g L⁻¹ y un testigo sin aplicación, se recopilando datos durante los 4 días de arañas vivas, muertas, repelidas y el número de huevos. Los resultados se transformaron a porcentaje y de ahí a arcoseno. Para los Huevos por Hembra por día (HHD) se aplicó la fórmula de Ruppel (1983), los datos de vivos, muertos y repelidos se calcularon a porcentaje y se transformaron a arcoseno. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza y prueba de medias Tukey. Con el análisis se mostró que plantas sin aplicación y con residualidad tienen la mayor

densidad de hembras vivas al igual que mayor ovoposidad y conforme aumenta la residualidad se disminuye la supervivencia por efecto de la sílice.

Palabras Clave: *Antibiosis, Antixenosis, Repelencia, Mortalidad, ovoposidad*

ABSTRACT

In the Plant Health Laboratory of TecNM-Campus Roque, an experiment was developed focused on evaluating the residuality of silica in the antibiosis, antixenosis and repellency of red spider (*Tetranychus urticae*) in cucumber leaves (*Cucumis sativus* L.) through foliar applications of silica, using Diatomix® (S de RL de CV) as a resistance factor to different residuality times. For this purpose, cucumber seedlings after 20 days of germination were transplanted. Once the plant reached the fourth leaf, they were cut into 2x2 cm leaf squares, which were placed with the underside up in Petri dishes with a cotton base and distilled water. Gravid females from strawberry crops were collected and 10 mites per square were placed in the squares. The trial was conducted in a completely randomized design with 10 replicates, 7 treatments consisting of residuality at 24, 48, 72 and 96 h and 7 d of silica applications at a dose of 10 g L⁻¹ and a control without application, collecting data during the 4 days of live, dead, repelled spiders and the number of eggs. The results were transformed to percentage and from there to arcsine. For the Eggs per Female per day (EFD) the formula of Ruppel (1983) was applied, the data of live, dead and repelled were calculated as a percentage and transformed to arcsine. Subsequently, an analysis of variance and Tukey test of means were performed. With the analysis it was shown that plants without application and with residuality have the highest density of live females as well as greater oviposit and as the residuality increases, the survival decreases due to the effect of silica.

Keywords: *Antibiosis, Antixenosis, Repellency, Mortality, ovoposibility*

INTRODUCCIÓN

La araña roja (*Tetranychus urticae*), una plaga altamente polífaga, afecta la producción agrícola al alimentarse de más de 1,000 especies vegetales de diversas

familias botánicas (Grbić, 2011). En cultivos hortícolas como el pepino (*Cucumis sativus* L.), esta plaga ha desarrollado resistencia a muchos acaricidas, con 549 casos documentados en campo frente a 96 ingredientes activos (Mota-Sánchez y Wise, 2019). Se agrupa principalmente en el envés de las hojas, donde forma telarañas que la protegen de condiciones ambientales y depredadores y facilita su dispersión a otras plantas (Badii, 2011).

El daño directo ocurre cuando el ácaro perfora las células del mesófilo de las hojas, causando amarillamiento y oscurecimiento en los frutos, lo que perjudica la fotosíntesis y la calidad del producto final (Angelis, 1983). Los acaricidas comúnmente usados incluyen bifenazato, Oberon y Galil (Cerezo, 2022), aunque el control biológico con (*Amblyseius californicus*) ha mostrado ser eficaz al disminuir la dependencia de químicos, que generan resistencia y contaminan el ambiente (Colcha, 2013). Una alternativa lo constituye la resistencia de plantas y entre ellas evaluar la residualidad, antibiosis y antixenosis en el cultivo permite implementar estrategias de manejo sostenible y entender la eficacia del control en distintos estados biológicos del ácaro (Villegas, 2010). Es por ello que el objetivo de esta investigación fue evaluar la residualidad de aplicaciones foliares del sílice en la resistencia de fresa a araña roja bajo condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el laboratorio de fitosanidad del TecNM-campus Roque se desarrolló un experimento que comenzó con el trasplante de plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) a los 20 días después de la germinación. Teniendo la cuarta hoja de la planta de pepino se cortó en cuadros de 2x2 cm. Posteriormente, se recolectaron hembras gravidas de araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) de un cultivo de fresa, las cuales se realizó la siembra de 10 arañas en el envés de las hojas de pepino en cajas Petri con algodón y con una saturación de agua destilada tapándolas con la tapa de la caja Petri la cual tenía un orificio con tela organsa para evitar la muerte de estas. Se utilizó un tipo de sílice Diatomix® (S de RL de CV, un producto comercial que funciona como factor de resistencia a diferentes tiempos de residualidad. Se recolectaron hembras gravidas provenientes de cultivos de fresa y se colocaron en

los cuadros 10 ácaros por cuadro. El ensayo se realizó en un diseño completamente al azar con 10 repeticiones, 7 tratamientos que consistieron en la residualidad a 24, 48, 72 y 96 h y 7 d de aplicaciones de sílice a dosis de 10 g L⁻¹ y un testigo sin aplicación, se recopilando datos durante los 4 días de arañas vivas, muertas, repelidas y el número de huevos. Los resultados se transformaron a porcentaje y de ahí a arcoseno. Para los Huevos por Hembra por día (HHD) se aplicó la fórmula de Ruppel (1983), los datos de vivos, muertos y repelidos se calcularon a porcentaje y se transformaron a arcoseno. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza y prueba de medias Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que la aplicación foliar de sílice mostro efecto altamente significativo en el porcentaje de hembras vivas ($Pr > F$, $9.92 < 0.0001$), observando que el testigo y a los 7 d de residualidad estadísticamente presentaron los mayores valores con 18.51 y 18.45 % respectivamente, mientras que a las 96 h se observó en menor valor con 14.83%, esto implica que plantas sin aplicación y con residualidad tienen la mayor densidad de hembras vivas y conforme aumenta la residualidad se disminuye la supervivencia por efecto del sílice, estos valores son similares a los reportados por Vitela (2019) que observo una diferencia significativa ($GDL = 4$, $F = 182.686$, $Pr > F = 0.0001$) de los tratamientos en la supervivencia de *T.urticae* en cactáceas ornamentales.

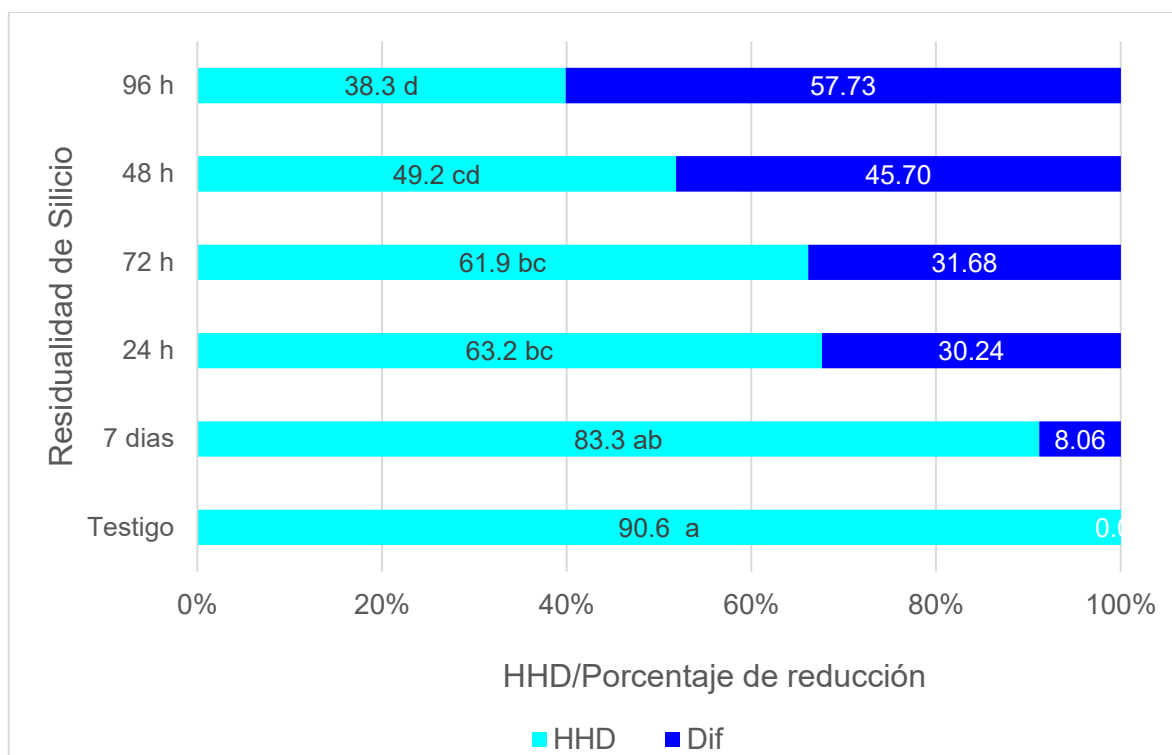
No Trat	Residualidad de Silicio	% Vivas	% Muertas	% Repelidas
1	-	18.51 a	4.04 b	7.05 a
6	7 días	18.45 a	3.53 b	6.60 a
2	24 h	16.91 ab	6.96 a	3.98 b
4	72 h	16.77 abc	6.80 a	2.72 b
3	48 h	15.50 bc	8.79 a	3.91 b
5	96 h	14.83 c	7.69 a	4.58 ab

Los resultados mostraron que el uso de sílice tuvo un efecto altamente significativo en el incremento del porcentaje de hembras muertas ($Pr > F$, $10.12 < 0.0001$). Las

mayores tasas de mortalidad se registraron a las 48 y 96 h posteriores a la aplicación, alcanzando el 8.79% y el 7.69%, respectivamente. A los 7 d, el porcentaje de hembras muertas disminuyó al 3.53%, lo que sugiere que, la sílice proporciona un efecto residual, su efectividad tiende a reducirse con el tiempo. Esto indica que la mortalidad disminuye conforme se prolonga la residualidad, posiblemente debido al desgaste del efecto del sílice sobre el tiempo, estos valores son diferentes a los reportados por Ramírez (2022) que obtuvo diferencias significativa ($Pr > F$ 90.54<0.0001) de los tratamientos en la supervivencia de *T.urticae* en cultivo de Maíz.

Para el porcentaje de hembras repelidas, se observó que los tratamientos presentaron efecto altamente significativo ($Pr>F$, 7.30<0.0001), en donde el testigo y a los 7 d de residualidad estadísticamente presentaron los mayores valores con 7.05 y 6.60 % respectivamente, mientras que a las 72 h se observó el menor valor con 3.98 %, esto implica que las plantas sin aplicación y con residualidad tienen mayor porcentaje de repelidas, estos valores son diferentes a los reportados por González (2022) que obtuvo diferencias significativa (Repelidos= 20.29 $Pr>F=$ 0.0001) de los tratamientos en la supervivencia de *T.urticae* en cultivo de Arandano.

Los tiempos de residualidad de la aplicación foliar de sílice mostraron efecto altamente significativo en el porcentaje de HHD ($Pr>F$, 13.91<0.0001), observando que el testigo presento el mayor valor con 90.6 HHD y seguido del tratamiento con residualidad de 7 d con un valor de 83.3%, esto indica que a los 7 d de residualidad aún hay efecto de la sílice en la ovoposición



Los tratamientos con residualidad de 24 y 72 h después de la aplicación presentaron estadísticamente valores similares con 63.2 y 61.9 HHD respectivamente y seguido 48 h con un valor de 4.2 HHD. A las 96 se observó el menor valor con 38.3 HHD.

En referencia a la diferencia de los tiempos de residualidad con respecto al mayor valor observado que se presentó a los 7 d se presenta una diferencia de 8.06% mientras que en las 24 y 72 h se presenta una similitud con reducciones de 31.68 y 30,24 con respecto al testigo ya que fue el que presento una mayor residualidad siendo esto que a las 96 h se presentó el valor más bajo de numero de huevos por hembra por día con un valor de 57.73% con respecto al testigo, se determinó que con aplicaciones de sílice a dosis de 10 g L^{-1} . A las 96 h se presentó una reducción significativa de HDD en comparación n con el inicio del tratamiento 24 h. Estos valores son inferiores a los reportado por Cucuango (2023) quien reportola dinámica poblacional de araña roja con la aplicación de la dosis 10 g. Mostro diferencias significativas ya que el estadio de huevo presentó una reducción del 70% con 2.4 hasta 50.9 individuos/planta.

CONCLUSIÓN

La aplicación del sílice Diatomix® presento alto grado de antibiosis y residualidad a *Tetranychis urticae* al presentar menor porcentaje de supervivencia y oviposiciones durante las 24 a las 96 h, lo que conlleva a su desarrollo y densidad de población sea menor al ataque de plantas en comparación con el testigo.

LITERATURA CITADA

- Angelis J, Berry RE, Krantz GW. (1983). Photosynthesis, leaf conductance, and leaf chlorophyll content in spider mite (Acari: Tetranychidae) injured peppermint leaves. Journal of Environ. Entomol. 12:345-348.
<https://cesavem.mx/fichas/Ficha%20te%CC%81cnica%20tetranychus%20urticae.pdf>
- Badii MH, Landeros J, Cerna E. (2011). Regulación poblacional de ácaros plaga de impacto agrícola. Daena Int J Good Conscienc 5: 270- 302.
<https://cesavem.mx/fichas/Ficha%20te%CC%81cnica%20tetranychus%20urticae.pdf>
- Cerezo Vera, S. M. (2022). *Control químico de araña roja Tetranychus urticae Koch 1836 en el cultivo de pepino Cucumis sativus* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2022).
- Colcha-Rovalino, S. E. (2013). Manual práctico de reproducción masiva de Amblyseius californicus, usado en el control biológico de Tetranychus urticae (tesis de grado). Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, Quito, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6049/1/UPS-YT00145.pdf>.
- Cuacango-Roboliano, D. N. (2023). "EVALUACIÓN DE SILICIO PARA EL CONTROL DE ROJA (Tetranychus urticae Koch) EN FRESA (Fragaria vesca).
<file:///C:/Users/52411/Downloads/03%20AGP%20351%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

- Grbić, M., Van Leeuwen, T., Clark, R. M., Rombauts, S., Rouze, P., Grbic, V., Hernández-Crespo, P. (2011). The genome of *Tetranychus urticae* reveals herbivorous pest adaptations. *Nature*, 479, 487-492.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22113690/>
- Vitela, M. (2019). Evaluación de aceites vegetales como alternativa de control para araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) En cactáceas ornamentales, 55(31).
<http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3332/VIGMRN00.pdf>
- Mota-Sánchez, D., & Wise, J. (2019). The Arthropod Pesticide Resistance Database. Retrieved marzo 10, 2021, from Michigan State University.
<https://www.pesticideresistance.org/>
- Villegas-Elizalde, S. E., Rodríguez-Maciel, J. C., Anaya-Rosales, S., SánchezArroyo, H., Hernández-Morales, J., & Bujanos-Muñiz, R. (2010). Resistencia a acaricidas en *Tetranychus urticae* (Koch) asociada al cultivo de fresa en Zamora, Michoacán, México. *Agrociencia*, 44(1), 75-81
<https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/cd4521dc-0c4a-408f-9386-ff6bc9740948/content>
- Ruppel, R.F. 1983. Cumulative Insect-days as an index of crop Protection. *Journal of Economic Entomology* 375-377.

RESIDUALIDAD DE SILICE EN LA RESISTENCIA DE MAÍZ A ARAÑA ROJA *Tetranychus urticae*

Manuel Figueroa Hurtado¹, M.C. Luis Patricio Guevara Acevedo², Dr. Ricardo
Yañez López³, M.C. Fernando Germán Flores Guillen⁴, Daniel Rodríguez
Mercado⁵, Alexa Lujano Tapia⁶, Mauricio Troche Lanuza⁷.

¹Estudiante de ingeniería en agronomía TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino
Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ² TecNM-campus Roque, Carretera Celaya –
Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ³Dirección General de Medio Ambiente de
Celaya, Celaya, Gto. [§]Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

Se realizaron colectas de araña roja en siembras de maíz, pepino y jitomate en el área de Celaya Guanajuato México, las cuales fueron llevadas a el laboratorio de Fitosanidad del Tecnológico Nacional de México campus Roque, en donde fueron criadas en plantas de maíz para su posterior utilización, a la par se sembraron 30 semillas de maíz amarillo en contenedores de 35x40cm. Cuando las plantas presentaron la 4ta hoja se tomaron cuadros de 2x2cm y se colocaron con el envés hacia arriba en algodón saturado de agua destilada dentro de cajas Petri y se colocaron 10 arañas rojas hembras sobre la hoja de maíz, se realizaron 10 repeticiones. A las 24 h posteriores se midió la mortalidad, supervivencia y repelencia, tomando en cuenta las hembras que se encontraban en el algodón, además de que se contabilizó el número de huevos ovipositados, posteriormente a las plantas se les asperjo con Diatomix® (S de RL de CV) a una dosis de 10 g en un litro de agua y a las 24, 48, 72, 96 y 7 d de residualidad, se realizó la misma metodología que para el testigo, obteniendo como mejores resultados para el control de arañita roja aplicaciones consecutivas cada 3ero y 4to día de Diatomix® (S de RL de CV) a dosis de 10g L en cultivo de maíz.

Palabras clave. *Acaro, Daitomix, Ovoposición, Repelencia, Supervivencia*

ABSTRACT

Red spider collections were made in corn, cucumber and tomato crops in the area of Celaya Guanajuato Mexico, which were taken to the Phytosanitary Laboratory of the National Technology of Mexico Roque campus, where they were raised in corn plants for later use, at the same time 30 yellow corn seeds were sown in 35x40cm containers. When the plants presented the 4th leaf, 2x2cm squares were taken and placed with the underside facing up in cotton saturated with distilled water inside Petri dishes and 10 female red spiders were placed on the corn leaf, 10 repetitions were carried out. After 24 hours, mortality, survival and repellency were measured, taking into account the females that were in the cotton, in addition to counting the number of oviposited eggs, subsequently the plants were sprayed with Diatomix® (S of RL of CV) at a dose of 10 g in a liter of water and at 24, 48, 72, 96 and 7 d of residuality, the same methodology was carried out as for the control, obtaining the best results for the control of red spider mites. consecutive applications every 3rd and 4th day of Diatomix® (S de RL de CV) at a dose of 10g L in corn crops.

Keyword. Mite, Daitomix, Oviposition, repellency, Survival.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz es sin duda, el más importante del país y resume en buena medida la naturaleza y los problemas de la agricultura mexicana (González-Estrada, 2009). En México, el maíz es considerado no solo un alimento básico, sino también un patrimonio biocultural, ya que millones de familias campesinas lo han cultivado de forma continua a lo largo de 350 generaciones. Por lo tanto, su producción y comercialización son elementos clave. Con un consumo anual promedio de 196.4 kg por persona de maíz blanco, este cereal constituye la base de la dieta mexicana, representando aproximadamente el 85% del total producido en el país. (*Maíz, Herencia Y Futuro de México – CIMMYT | IDP*, 2020), una de las plagas que reduce la producción de maíz es la araña roja o acaro de dos manchas *Tetranychus urticae* Koch está clasificado mundialmente como una de las especies que más causa daño en la agricultura. En un corto periodo de tiempo esta plaga puede rebasar el umbral

económico gracias a su alto nivel de reproductividad (Bravo, 2018), en maíz es una plaga que afecta a la planta bajo ciertas condiciones ambientales, al alimentarse, los ácaros insertan sus estiletes en los tejidos vegetales, provocando un daño mecánico que implica la extracción del contenido celular. Como resultado, los cloroplastos desaparecen y se acumulan pequeñas cantidades de material celular coagulado, lo que genera manchas de color ámbar (Flores et al., 2007) debido a que las hembras depositan entre 100 y 130 huevos, con un ciclo de desarrollo que varía de 6 a 14 días, lo que permite un rápido aumento de su población. (SILOS del Cinca, 2022), provocando que el follaje adquiere una apariencia blanquecina o bronceada. Las poblaciones de ácaros que afectan económicamente suelen aparecer en junio, julio y agosto, especialmente en condiciones de clima cálido y seco. Las etapas de desarrollo del cultivo donde el daño es más notable son al inicio de la floración y durante el llenado del grano, ya que la presencia de grandes poblaciones de ácaros en estas fases ocasiona mazorcas pequeñas y granos reducidos debido a la deshidratación. Para su manejo, se pueden emplear prácticas culturales, mejorar el cultivo, favorecer los enemigos naturales y, como último recurso, recurrir a acaricidas (Chaires-Grijalva et al., 2021). Se han probado elementos que ayudan a controlar plagas y dentro de ello se encuentra el silicio, aunque regularmente es abundante en la mayoría de los suelos del planeta, puede producirse una deficiencia de este elemento debido a su consumación por cosechas continuas con altas necesidades de silicio (Hull, 2004). La falta de silicio acelera los procesos de degradación del suelo, evidenciados por una reducción de materia orgánica y disminución de la capacidad de adsorción y retención de agua. Esta reducción de silicio disponible para las plantas disminuye considerablemente el sistema de defensa natural del suelo contra tensiones bióticas y abióticas (Biel et al., 2014). Aunque el silicio no es un nutriente esencial para las plantas y la mayoría crecerán sin él, algunas especies experimentan efectos negativos sin su aplicación. Además, en algunas plantas, la deficiencia de silicio puede aumentar el riesgo de toxicidad por manganeso, cobre o hierro (Chen, 2021). Es por ello que el objetivo de esta investigación fue, evaluar la residualidad de aplicaciones foliares de sílice

en la antixenosis, antibiosis y repelencia de araña roja en hojas de maíz bajo condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y METODOS

Se realizaron colectas de araña roja en siembras de maíz, pepino y jitomate en el área de Celaya Guanajuato México, las cuales fueron llevadas a el laboratorio de Fitosanidad del Tecnológico Nacional de México campus Roque, en donde fueron criadas en plantas de maíz para su posterior utilización. A la par se sembraron 30 semillas de maíz amarillo en contenedores de 35x40cm. Cuando las plantas presentaron la 4ta hoja se tomaron cuadros de 2x2cm y se colocaron con el envés hacia arriba en algodón saturado de agua destilada dentro de cajas Petri y se colocaron 10 arañas rojas hembras sobre la hoja de maíz. Se realizaron 10 repeticiones. A las 24 h posteriores se midió la mortalidad, supervivencia y repelencia, tomando en cuenta las hembras que se encontraban en el algodón, además de que se contabilizó el número de huevos ovipositados y después de la contabilidad se eliminaron, para proseguir con la contabilidad por 3 días más. Posteriormente a las plantas se les asperjo con Diatomix® a una dosis de 10 g en un litro de agua y a las 24, 48, 72, 96 y 7 d de residualidad, se realizó la misma metodología que para el testigo.

Los datos obtenidos de dichos conteos 24, 48, 72, 96 horas se pasaron al programa Excel para su gestión y organización, se organizo de tal manera que se pudiera interpretar la información de buena manera, posteriormente los datos de cada repetición se promediaron y se sacó el arcoseno de vivas, muertas y repelidas aplicando la siguiente formula de arco seno= $\arcsen(\sqrt{\text{ubicación del valor de la celda}/100}) \times (180/3.1416)$. Para sacar el número de HHD se aplicó la siguiente formula: $\text{Ácaros /día /hoja} = \frac{1}{2}(\text{población inicial} + \text{población final})$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza del efecto de la residualidad de aplicaciones foliares de sílice en la supervivencia, mortalidad, repelencia y HHD muestran que

los tratamientos presentaron efecto al 99% de significancia ($Pr > F$) en el porcentaje de mortalidad (0.0002**), Repelidas ($< 0.0001^{**}$), HHD (0.0001**).

Para el porcentaje de hembras muertas los resultados del conteo del testigo a las 72 h y a los 7 d se presentan estadísticamente valores iguales en promedio de 9.5% (Fig. 1), mientras que a las 24 horas disminuyó significativamente con respecto al testigo con un valor de 5.64%, a las 48 horas incremento 2.05% y a las 72 horas aumento 0.9, posteriormente una disminución de las 96 horas, estos valores difieren a los reportados por Cacuangó (2023) que observó diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$). en porcentaje de hembras muertas por efecto de silicio con la dosis de 10 g L⁻¹ la severidad fue de 39.2%.

A las 96 h y 7 d de residualidad, el testigo tiene los menores valores con 4.7173 y 2.1407% de repelencia respectivamente, en cambio a las 24, 48 y 72 h se incrementan los valores por encima de 8 %. Esto indica que a las 24, 48 y 72 h el silice aplicado tiene alto efecto en repelencia a la araña roja, estos valores son inferiores a los reportados por Ramírez (2023) que del análisis estadístico realizado evidenció diferencias significativas en relación a la repelencia de *Tetranychus urticae* en las diferentes variedades de maíz con porcentajes en promedio de 55.5% para Hermes® (UNISEM) y Cimarrón® (Asgrow), pero en este mismo estudio la variedad Rocío presentó una repelencia de 12.0%.

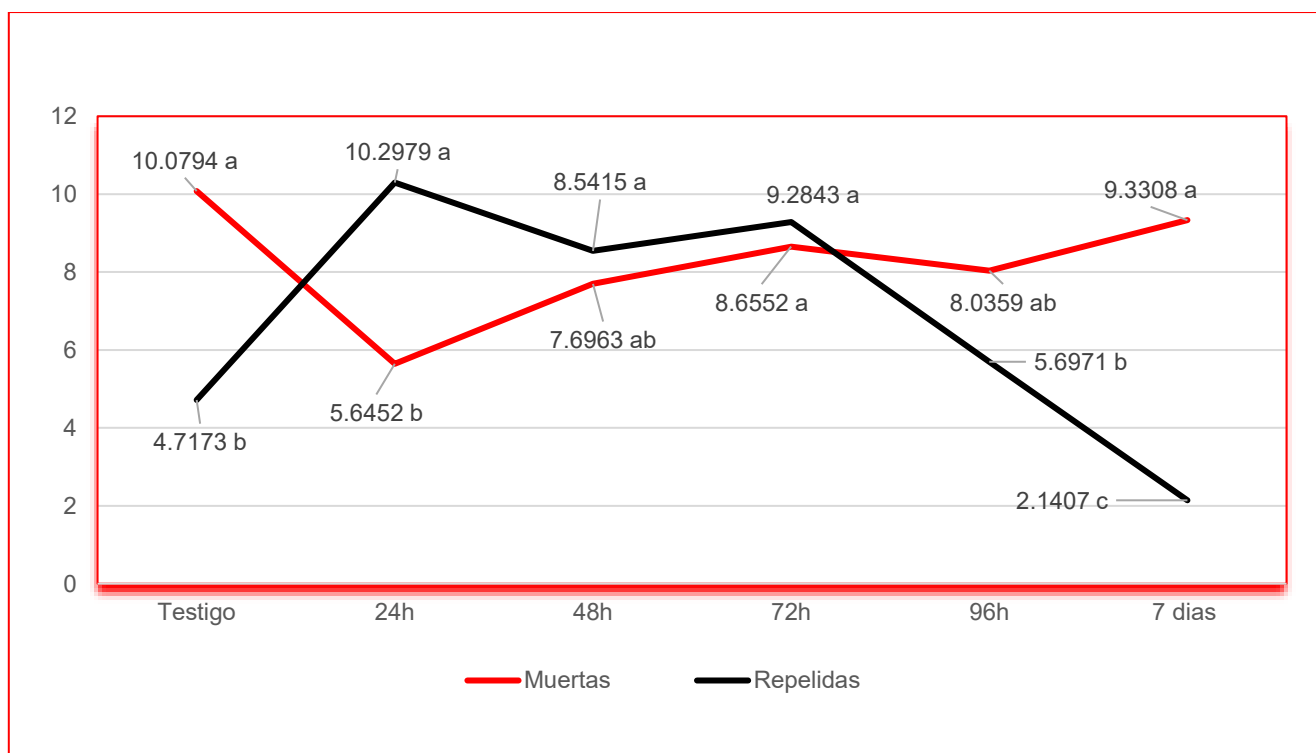


Figura 1. Porcentaje de mortalidad y repelencia de araña roja a residualidad de aplicaciones de silicio en hojas de maíz.

Para los HHD los mayores valores de observaron en el testigo y a los 7 d de residualidad (Fig. 2), presentan valores estadísticamente con un promedio de 98.7% HHD, disminuyendo en más del 45.2% en las siguientes 48 h con un valor promedio de 53.5% con valores a las 24 y 48 h de residualidad de 55.0 y 51.0 HHD respectivamente, estos valores difieren a los reportados por Lema (2018) quien observo una tasa de variación entre 2.65 y 3.18 HHD en variedades de San Andreas y Festival, alcanzando sus máximos picos durante el día 3 con 6.7 y 5.41 HHD respectivamente.

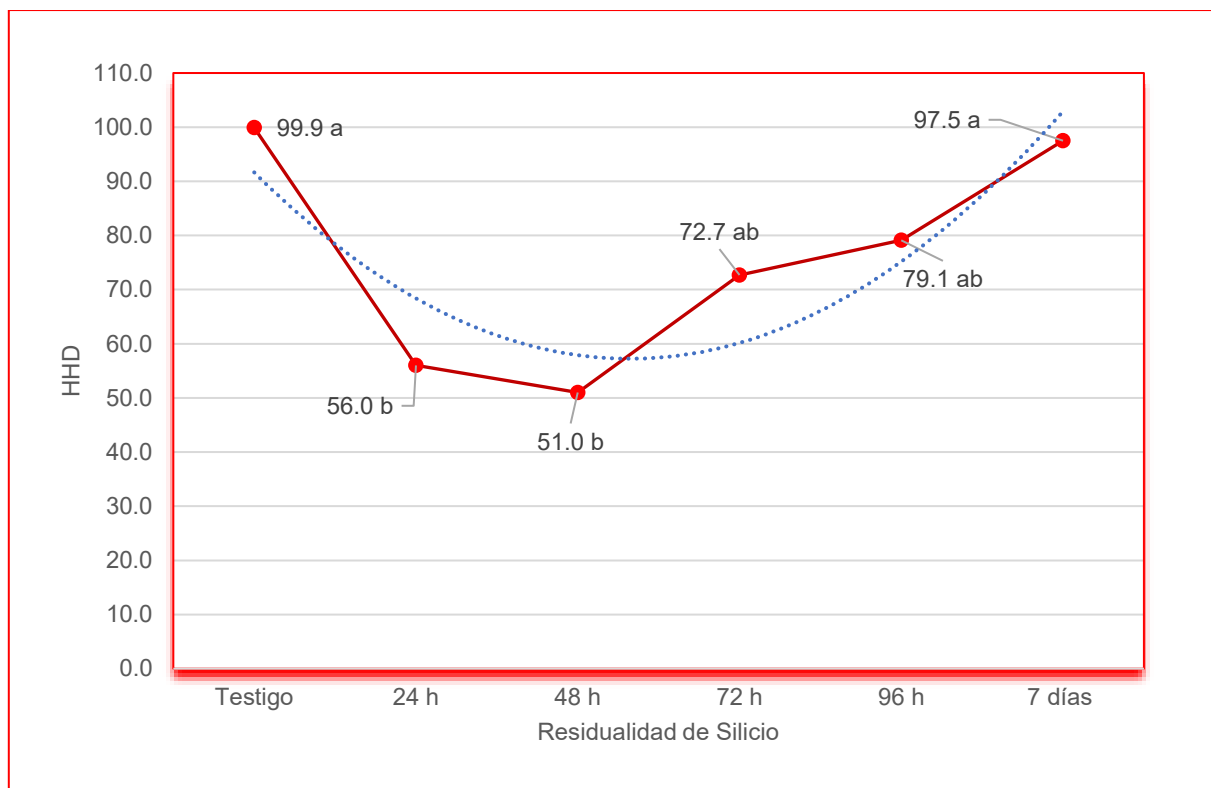


Figura 2. Numero de oviposición diaria de hembras grávidas por efecto de aplicaciones foliares de sílice a diferentes tiempos de residualidad en hojas de maíz.

CONCLUSIONES

Se recomienda aplicaciones consecutivas cada 3ero y 4to día de Diatomix® (S de RL de CV) a dosis de 10g L en cultivo de maíz y con ello se provoca un efecto de resistencia a *Tetranychus urticae*.

LITERATURA CITADA

- Ana Gabriela L. C. 2018. Antibiosis Y Antixenosis En Dos Cultivares De Fresa (Fragaria X Ananassa) Variedades Festival Y San Andreas Al Ataque De (*Tetranychus Urticae* Koch)" P.34 Revisado:15 De Noviembre De 2024
- Biel, K., Fomina, I., Yensen, Matichenkov, V. (2014). Silicon and its protective role in living organisms. En m G. Khlebopros, Y. Biel. (Eds). Complex biological systems: adaptation and tolerance to extreme environments (pp.11). Energy of Future. https://www.academia.edu/34041541/COMPLEX_BIOLOGICAL_SYSTEMS

_ ADAPTATION_AND_TOLERANCE_TO_EXTREME_ENVIRONMENTS_C
omplex_biological_systems_adaptation_and_tolerance_to_extreme_envir
men ts_Monograph_of_collective_authors Revisado: 14 de noviembre de
2024.

Chaires-Grijalva, Martha Patricia, Ana Karen Serrano-Domínguez, y Juana María Coronado-Blanco. 2021. «Ácaros Asociados Al maíz En México». *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas* 12 (8). México, ME:1497-1510. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i8.2718>. p.6 Revisado: 13 de noviembre de 2024

Chen, J. (2021). Rol del silicio en el cultivo de plantas. Promix. <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-silicio-en-elcultivo-de-plantas/> Revisado: 14 de noviembre de 2024

Eduardo J. Ramírez Núñez. 2023. ANTIBIOSIS DE MAÍZ A *Tetranychus urticae* KOCH Ingeniería en Agronomía. Tecnológico Nacional de México-Roque <http://www.revistatecnologicacea.mx> p.52 =Revisado: 15 de noviembre de 2024

Flores Canales, R., Aquino, N., Robles Bermúdez, A., Ávalos, O., Pérez González, R., & Ramos Quirarte, A. (2007). *Ácaros fitófagos asociados a frutales en la zona centro de Nayarit*. <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-07/3.pdf> p.1 Revisado:13 de noviembre de 2024

González-Estrada, A. 1990. Los tipos de agricultura y regiones agrícolas de México. Talleres Gráficos de la Nación y Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Chapingo, México. p.154. Revisado el 15 de noviembre de 2024.

Hull, R. (2004). Scientists start to recognize silicon's beneficial effects. *Turfgrass Trends*, 8, 69-73. Revisado: 14 de noviembre de 2024

Jorge Alberto Bravo, V. J.A.2018. *Evaluación de la Efectividad Biológica del Acaricida Amitraz para el Control de Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae) Tesis de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de Agronomía Departamento de Parasitología. Saltillo, Coah. Mexico.

En: <https://oai.uaaen.mx/bitstream/handle/123456789/45428/K%2065552%20Bravo%20V%c3%a1zquez%2c%20Jorge%20Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Revisado: 13 de noviembre de 2024

Luis, J. (2020, September 11). *Todo lo que necesitas saber sobre la araña roja, una de las plagas más comunes en los cultivos de maíz - Cereales Arasanz*. Cereales Arasanz. <https://www.cerealesarasanz.com/noticias/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-la-arana-roja-una-de-las-plagas-mas-comunes-en-los-cultivos-de-maiz/> Revisado: 14 de noviembre de 2024

Maíz, herencia y futuro de México – CIMMYT | IDP. (2020). Cimmyt.org. <https://idp.cimmyt.org/maiz-herencia-y-futuro-de-mexico/> Revisado: 13 de noviembre de 2024

Nathaly, Doris., R, C., Anabel, M., & Antamba, C. (N.D.). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA EN “EVALUACIÓN DE SILICIO PARA EL CONTROL DE ARAÑA ROJA (*Tetranychus Urticae* Koch) EN FRESA (*Fragaria Vesca*), CANTÓN PEDRO MONCAYO” Trabajo De Grado Previa A La Obtención Del Título De Ingeniera Agropecuaria AUTORA*. Retrieved November 16, 2024, From <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/13533/2/03%20AGP%20351%20TRABAJO%20GRADO.pdf> . p.24 Revisado:15 de noviembre de 2024.

SILOS del Cinca. (2022, July 18). *SILOS del Cinca*. SILOS Del Cinca. <https://www.silosdelcinca.com/sin-categoria/prevenir-controlar-arana-roja-cultivos-maiz/> Revisado:14 de noviembre de 2024

RESIDUOS AGRÍCOLAS COMO PRECURSORES DE CARBÓN ACTIVADO: OPTIMIZACIÓN DE CONDICIONES DE PRODUCCIÓN Y ADSORCIÓN DEL COLORANTES PRESENTES EN AGUA

M. Fernanda Infante-Soria¹; Guillermo Andrade-Espinosa²; Claudia Palomares Rodríguez², Alberto Millán-Montañez²; Veronica Janette Cedeño-Garcidueñas²; Omar Augusto Sánchez Ortiz²

¹Estudiante de Ingeniería Ambiental, Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, contacto: fernandasori11@gmail.com, ²Investigador, Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, contacto: guillermo.ae@vmorelia.tecnm.mx

RESUMEN

En esta investigación se estudió la producción de carbón activado a partir de residuos de espárrago para la remoción del colorante rojo congo presente en agua. Mediante un diseño de experimentos de superficie de respuesta se estudiaron las variables que afectan la producción de carbón activado. Se examinaron los efectos de la concentración del agente activante (H_3PO_4), así como el tiempo y temperatura de activación, teniendo como respuesta la capacidad de adsorción puntual del colorante. Además, se determinó, a la muestra óptima, la cantidad de sitios ácidos y básicos totales mediante titulaciones ácido-base y punto de carga cero. El análisis de los residuales arrojó que se ajusta mejor una distribución normal de colas cortas a los datos experimentales, que no se encuentran valores atípicos y que no existe una correlación entre los valores experimentales por lo que son independientes. Además se observó aleatoriedad en la gráfica de los residuales vs valores ajustados lo que indica que el modelo matemático es correcto. Por otra parte, los resultados de la superficie de respuesta muestran que la capacidad de adsorción es altamente dependiente de la concentración del agente activante, temperatura y tiempo de carbonización, y que las condiciones óptimas de producción son T de 489 °C, Tiempo de carbonización 31.93 min y una relación molar R (mg de espárrago / mL de agente activante) de 0.55. Por otro lado, se encontró que la concentración de sitios ácidos totales de la muestra óptima es de 5.149 mmol/g y la de básicos totales

es de 0.518 mmol/g. El punto de carga cero se encontró en valores de pH de 1.98. La máxima capacidad de adsorción pronosticada por el diseño experimental fue de 67.64 mg de colorante/g de material utilizado.

Palabras clave: *Espárrago, rojo congo, adsorción.*

ABSTRACT

In this research, the production of activated carbon from asparagus waste for the removal of Congo red dye from water was studied. Through a response surface experimental design, the variables affecting the production of activated carbon were investigated. The effects of the concentration of the activating agent (H_3PO_4), as well as the activation time and temperature, were examined, with the point adsorption capacity of the dye as the response. Additionally, for the optimal sample, the amount of total acidic and basic sites was determined by acid-base titrations and the point of zero charge. Residual analysis showed that a short-tailed normal distribution best fits the experimental data, that there are no outliers, and that there is no correlation between the experimental values, indicating they are independent. Furthermore, randomness was observed in the plot of residuals versus fitted values, indicating that the mathematical model is correct. On the other hand, the results of the response surface show that the adsorption capacity is highly dependent on the concentration of the activating agent, carbonization temperature, and time, and that the optimal production conditions are T of 489 °C, carbonization time of 31.93 min, and a molar ratio R (mg of asparagus / mL of activating agent) of 0.55. Moreover, it was found that the concentration of total acidic sites of the optimal sample is 5.149 mmol/g and that of total basic sites is 0.518 mmol/g. The point of zero charge was found at pH values of 1.98. The maximum adsorption capacity predicted by the experimental design was 67.64 mg of dye/g of material used.

Keywords: *Asparagus, Congo red, adsorption.*

INTRODUCCIÓN

El carbón activado es el adsorbente más utilizado, con aplicaciones en diferentes áreas para la remoción de contaminantes, tanto en fase líquida y gaseosa. Debido al gran número de aplicaciones, la producción y caracterización de carbón activado es de interés en las áreas científicas e industriales (R. Bansal y M. Goyal, 2005; C. Nieto y R. Rangel, 2011). Existen dos métodos utilizados para preparar carbón activado: activación física y activación química.

La activación física involucra la carbonización del material en altas temperaturas bajo una atmósfera de dióxido de carbono o vapor de agua (Chahrazed Djilania et al., 2012). La activación química se lleva a cabo haciendo reaccionar el material con químicos tales como ZnCl_2 , KOH , HNO_3 , H_3PO_4 , H_2SO_4 . Una gran cantidad de carbones activados han sido desarrollados encontrándose que sus propiedades químicas, físicas y texturales dependen de las condiciones de producción, pero preponderantemente de la naturaleza y estructura del precursor involucrado (C. Nieto, et al., 2011; P. González- García, T.A. Centeno, E. Urones-Garrote, D. Ávila-Brande y L.C. Otero-Díaz, 2013).

En este sentido, la utilización de desechos de biomasa lignocelulosa para producir carbón activado es una estrategia de control de contaminación. Un residuo que puede ser utilizado como precursor en la producción de carbón activado, ya que es una fuente de biomasa lignocelulosa, es el residuo del espárrago. El camino más común de producción de carbón activado a partir de un nuevo precursor es variando un parámetro de producción a la vez y evaluando características fisicoquímicas claves. Por lo que para solventar este problema y obtener las mejores condiciones de preparación de carbones activados es posible utilizar la metodología de superficie de respuesta que es una técnica estadística útil para modelar problemas donde las variables de respuesta son influenciadas por diferentes condiciones de producción (Durán-Jiménez et al., 2014).

Por otro lado, los colorantes son sustancias capaces de teñir fibras vegetales y animales, antiguamente los colorantes utilizados eran rojos, azules y amarillos. Uno

de estos colorantes sintéticos es el rojo Congo que puede removerse con el carbón activado de soluciones acuosas. Es un diazo-aniónico (Fu y Viraraghavan, 2002).

Este colorante que además de afectar la estética, la transparencia del agua y la solubilidad de oxígeno en los cuerpos de agua, se ha reportado como altamente tóxico para los seres vivos por provocar carcinogénesis, mutagénesis, teratogénesis, daños respiratorios, alergias y problemas durante el embarazo (Bhattacharyya y Sharma, 2004; Han, 2008). Por lo que es fundamental buscar la manera de remover estos contaminantes del agua y esto puede ser por medio del uso del carbón activado en contacto con el colorante en agua.

Por lo tanto, es imperativo desarrollar nuevas tecnologías para la remoción de estos contaminantes con miras a que en un futuro puedan ser utilizadas en plantas de tratamiento de agua. Por lo que la finalidad del proyecto fue la producción, mediante diseños experimentales de condiciones óptimas de producción de carbón activado a partir de desechos de espárrago y probar el carbón obtenido en la remoción de colorantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos experimentales se obtuvieron por medio de un diseño de experimentos Box- Behnken considerando tres factores: temperatura de activación, concentración del agente activante (H_3PO_4) y tiempo de activación.

Para la preparación de material lignoceluloso se introdujo el espárrago al horno Memmert a $80^{\circ}C$ por 24 horas para secar el residuo del espárrago, se cortó el espárrago de 1 cm posteriormente se pesaron 5 gramos de espárrago en la balanza de precisión Precisa 231. Se colocaron en un matraz Erlen - Meyer de 100 ml y se agregó 100 ml de agua desionizada y la cantidad adecuada de ácido sulfúrico, (H_3PO_4), hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de potasio (KOH), según el agente activante que se utilizó. Se sellaron con PARAFILM. Después se introdujo la estufa a $60^{\circ}C$ durante 24 horas, después de las horas transcurridas, se lavó el espárrago con agua destilada. Posteriormente se decantó para colocar en una caja de Petri.

Se introdujo al horno ARSA a 80°C por 24 horas para secarlas completamente. Cada muestra se colocó en un crisol para introducir en la mufla a diferentes temperaturas y tiempos. Después se extrajo la muestra de la mufla y se colocó la muestra dentro del embudo y se lavó con abundante agua desionizada. Una vez lavada la muestra se colocó en una caja de Petri y se introdujo de nuevo al horno ARSA a 80°C para secarla completamente durante 24 horas.

Los sitios activos y básicos del carbón activado tratados y sin modificar se determinaron por el método de titulación ácido-base. La totalidad de sitios ácidos se determinaron llevando a cabo un experimento de neutralización con una solución valorada de NaOH 0.1N. La totalidad de sitios básicos se determinaron llevando a cabo un experimento de neutralización con una solución valorada de HCl 0.1N.

Finalmente se tomó una alícuota de 15 ml del sobrenadante y se tituló con solución valorada de 0.01 N de HCl para los sitios ácidos; y para los básicos NaOH 0.1N; utilizando una micro-pipeta de 1000 y 100 μ L. Las titulaciones se realizaron utilizando un medidor de pH marca Consort 3010.

El PCC del carbón activado se determinó mediante el procedimiento siguiente: Dentro de los tubos falcón de 15 mL se colocaron 5 mL de agua desionizada, que previamente fue calentada hasta llegar a su punto de ebullición para eliminar CO₂ del agua y se agregarán 200 mg de carbón activado. Posteriormente, los tubos falcón fueron sellados y la mezcla se agitó frecuentemente durante 48 horas. Al término de este tiempo se midió y se registró el pH de cada muestra. Este valor de pH corresponde al valor de pH en el cual la carga neta del material es cero y se le conoce como punto de carga cero (PCC).

Una cantidad determinada (100 mg) de cada muestra en contacto con una solución de 40 ml de rojo Congo con una concentración de 360 ppm. La mezcla se selló y permaneció a temperatura y presión constante durante 15 días. En este transcurso de tiempo se ajustó el pH con hidróxido de sodio 0.1N o ácido nítrico 0.1N.

Las concentraciones iniciales y finales del colorante presente en solución fueron determinadas por espectrofotómetro de UV – Visible Pekín Elmer. La capacidad máxima de adsorción de cada muestra fue determinada mediante un balance de masa.

Para la elaboración del efecto de masa sobre concentración final, se preparó una solución de rojo Congo a una concentración de 181.58 ppm, se elaboraron 5 muestras por cada uno de los 3 diseños de experimentos. Se agregaron 40 ml de solución de rojo Congo en tubos falcón de 50 ml. Posteriormente se varió la masa 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1g. La mezcla se selló y permaneció a temperatura y presión constante duran 5 días. En este transcurso de tiempo se ajustó el pH con hidróxido de sodio 0.1N o ácido nítrico 0.1N.

Las concentraciones iniciales y finales del colorante presente en solución fueron determinadas por espectrofotómetro de UV – Visible Pekín Elmer

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la finalidad de obtener las condiciones óptimas de producción de CA, utilizando como precursor el desecho del esparrago, se llevó a cabo un diseño de experimentos realizado con el agente activante de H_3PO_4 que se obtuvo un material con una capacidad mínima de adsorción de 23.87 mg de rojo Congo por gramo de carbón, a pH 7 y 25°C. Mientras que la capacidad máxima de adsorción fue 129.68 mg de plaguicida por gramo de carbón, a un de pH 7 y 25°C, obteniendo la muestra óptima con las condiciones ideales de carbonización a una temperatura de 250°C, con un tiempo de carbonización de 20 minutos a una concentración de 0.525 gramos de espárrago/mL de ácido fosfórico adicionado para su activación. En la Figura 1 se muestran los valores de la respuesta correspondiente a cada experimento.

Esta Figura muestra que cada uno de los tratamientos cuenta con diferente capacidad de adsorción, sin embargo en algunos tratamientos hay un rango de homogeneidad entre ellas. Esto es debido a que cada muestra fue producida bajo

diferentes condiciones de tiempo, temperatura y agente activante, corroborando que las propiedades químicas del carbón activado dependen de las condiciones de producción. Una vez obtenidas las respuestas de los experimentos se procedió a analizar el diseño y validar el modelo que se ajustó a los datos experimentales. Las gráficas de residuales mostradas en la Figura 2, se utilizan para examinar el ajuste en la regresión y ANOVA y de esta manera verificar que el diseño de experimentos aplicado es el correcto. La gráfica de probabilidad observada en la Figura 2 muestra que los residuales siguen aproximadamente una línea recta, lo cual indica que los datos siguen una distribución de probabilidad normal. Sin embargo, también presentan una leve forma de “s” lo cual indica una distribución con colas largas. Por otro lado la gráfica de residuales vs valores ajustados muestra que los residuales tienen una tendencia aleatoria por lo que son similares al error aleatorio lo cual indica que el modelo utilizado es el correcto.

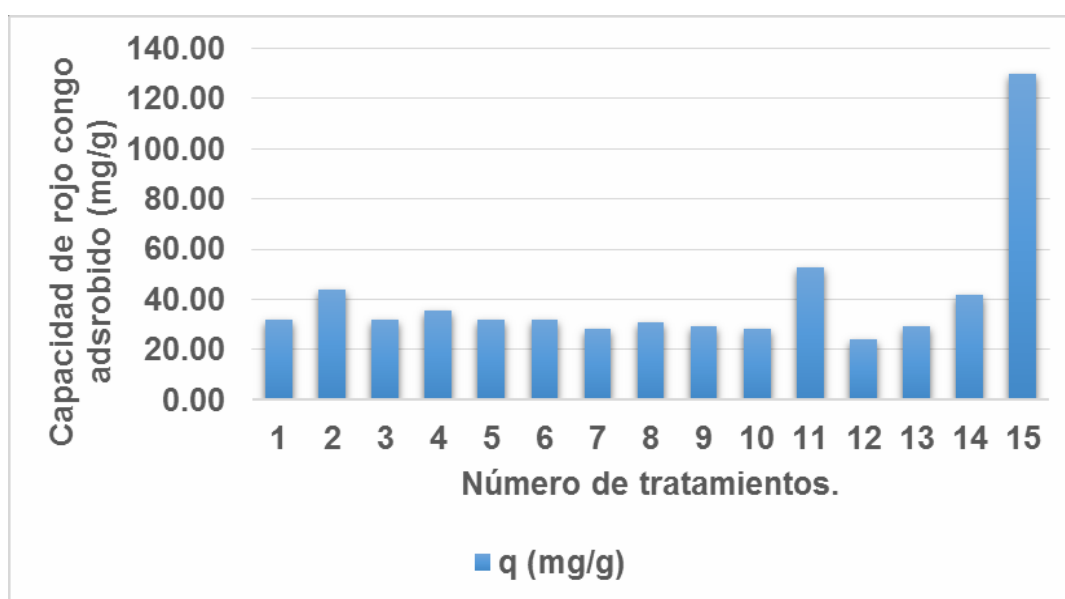


Figura 1: Capacidad de adsorción de rojo Congo mediante 15 muestras de carbón activado producido con H₃PO₄ y con

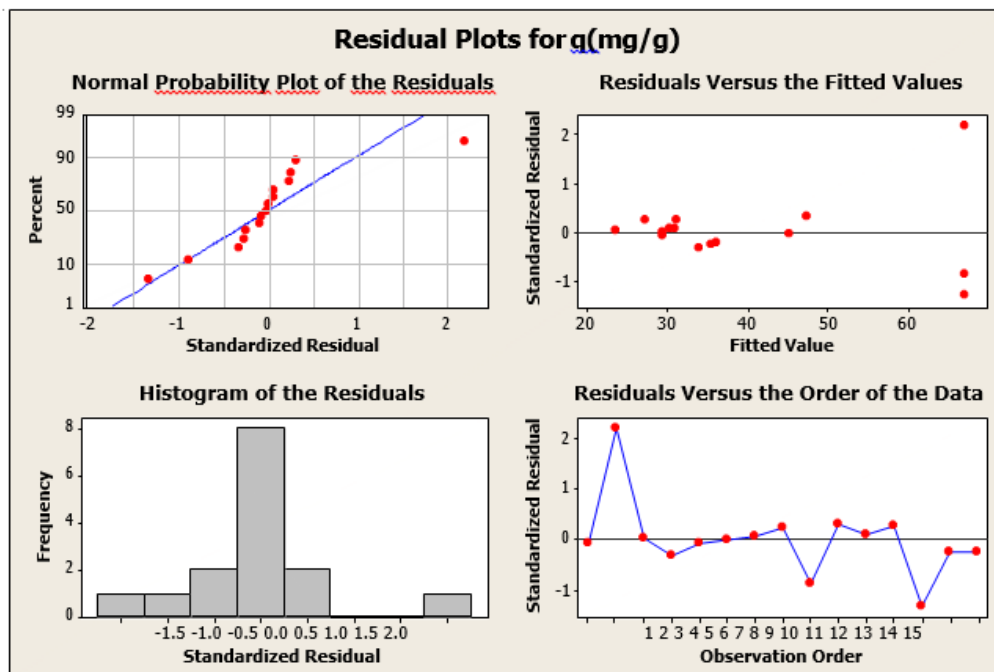


Figura 2: Gráficas de residuales para capacidad de adsorción (q) del diseño de experimentos de H_3PO_4 .

El histograma de los residuos muestra que los valores no son asimétricos y no existen valores atípicos lo cual favorece la aplicación del modelo. Por último, la gráfica de residuales vs orden de los datos muestra que los residuos fluctúan en un patrón aleatorio alrededor de una línea central lo cual verifica el supuesto de que los residuos no están correlacionados entre sí. Estos resultados indican que el modelo utilizado es correcto.

Posteriormente de que se validó el modelo matemático se generaron las gráficas de superficie de respuesta y las gráficas de contorno. En base a estas gráficas se optimizó la respuesta y se determinaron estadísticamente las condiciones óptimas de producción que arrojan la mayor capacidad de adsorción del colorante rojo Congo. Se puede observar en la Figura 3 en la parte A) y B) son las gráficas que muestran tiempo con temperatura y la q (mg/g) que es la capacidad de adsorción de nuestro material, nos indica que los valores utilizados fueron los correctos ya que el tiempo óptimo está entre los 35 y 40 minutos, mientras la temperatura está entre 450°C y 550°C . Estas gráficas representan perfectamente la curvatura que se debe de formar lo que indica que el modelo es correcto.

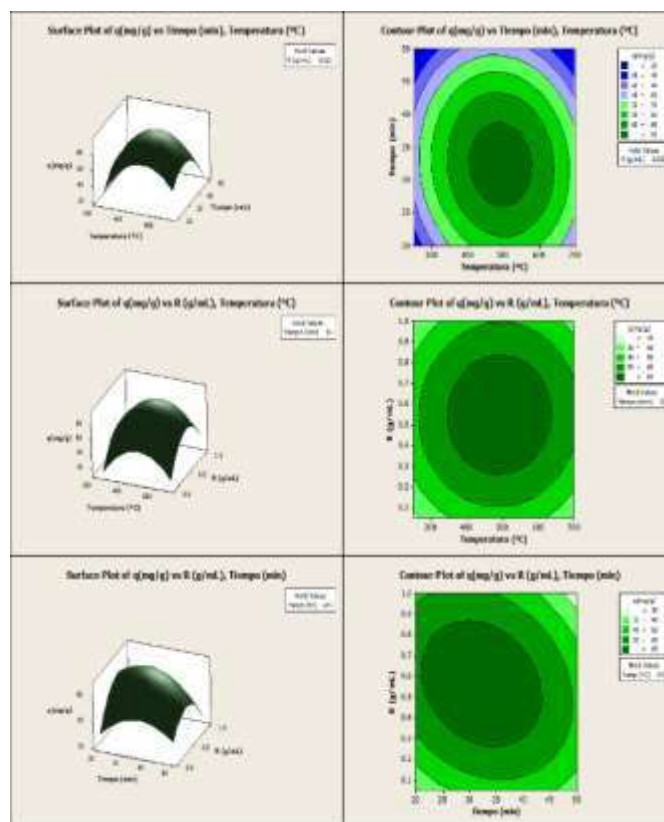


Figura 3: Superficies de respuesta y su correspondiente gráfica de contorno para la respuesta.

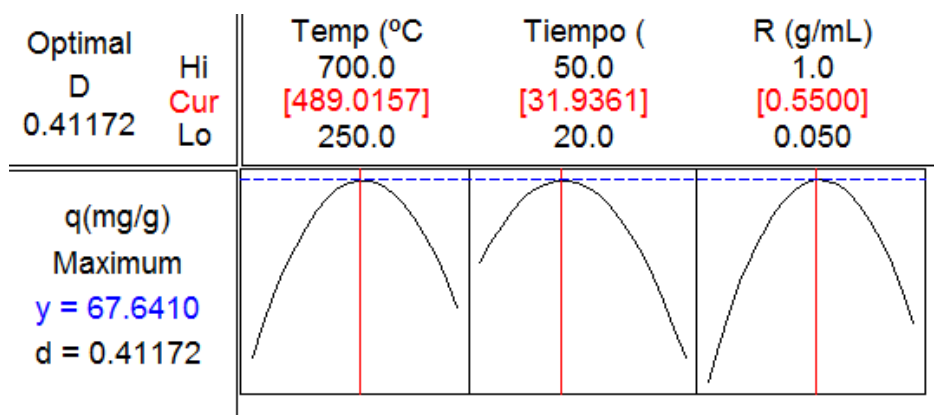


Figura 4: Optimización de la respuesta determinando las condiciones óptimas de producción en base al modelo matemático.

Las gráficas C) y D) de la Figura 3, muestra la temperatura, la relación ($R(g/mL)$) y la q (mg/g), donde se señala que la temperatura óptima es igual que las figuras A) y B), mientras que la $R(g/mL)$ óptima está entre 0.55 y 0.65. Por lo tanto, se observa adecuadamente la curvatura y el punto óptimo en el figura D) que es el más oscuro que está en el centro. Por lo que la relación temperatura y R (g/mL) son las adecuadas para la producción del material.

Mientras que en las gráficas E) y F) de la misma figura se muestran las variables de tiempo y R (g/mL). Donde únicamente nos vuelve a corroborar que hay una curvatura en la gráfica E) y un punto óptimo en el centro en la F), por lo que las variables que se relacionan en estas graficas de tiempo y la relación son las apropiadas para la producción del carbón activado.

Por último, de esta Figura 3. Se puede apreciar que relacionado las variables entre sí para la proyección de la gráficas, nos arrojó que se aprecia tanto una curvatura en las gráficas de superficie de respuesta (A, C y E), como un punto óptimo en las gráficas de contorno (B, D y F). En la Figura 4 se muestran las condiciones óptimas del diseño de experimentos a realizar. Dicha figura indica que la condiciones óptimas de producción de carbón activado son: temperatura de $489.0157^{\circ}C$, un tiempo de 31.9361 minutos y una relación (g de residuo/ ml de ácido) de $0.050 g/mL$.

CONCLUSIONES

Finalmente, los resultados obtenidos en el desarrollo del carbón activado con base en el residuo agrícola para la remoción del plaguicida y el colorante rojo Congo demostraron que es factible la producción del carbón activado para remover sustancias contaminantes en el agua, esto quiere decir que la elaboración del material con un residuo agrícola tiene un gran potencial para producir carbón activado.

REFERENCIAS

- Bhattacharyya, K. G., Sharma, A. (2004). *Azadirachta indica* leaf powder as an effective biosorbent for dyes: a case study with aqueous Congo Red solutions. *J. Environ. Management* 71 217–229.
- Chahrazed Djilania, Rachida Zaghdoudi, Ali Modarressi, Marek Rogalski, Fayçal Djazia, Abdelaziz Lallame. (May 2012). Elimination of organic micropollutants by adsorption on activated carbon prepared from agricultural waste. *Chemical Engineering Journal*, 189-190, 203–212.
- Durán-Jiménez, V. Hernández-Montoya, M.A. Montes-Morán, A. Bonilla-Petriciolet, N.A. Rangel-Vázquez. (15 November 2014). Adsorption of dyes with different molecular properties on activated carbons prepared from lignocellulosic wastes by Taguchi method. *Microporous and Mesoporous Materials*, 199, 99–107.
- Fu, Y., Viraraghavan, T. (2002). Fungal decolourization of wastewaters: a review. *Bioresour Technol.* 79: 251 – 62.
- González-García, T.A. Centeno, E. Urones-Garrote, D. Ávila-Brandé, L.C. Otero-Díaz. (January 2013). Microstructure and surface properties of lignocellulosic-based activated carbons. *Applied Surface Science*, 265, 731–737
- Han, R. (2008). Use of rice husk for the adsorption of congo red from aqueous solution in column mode. *Bioresour. Technol.* 99: 2938–2946.
- Nieto, R. Rangel. (November 2011). Production of activated carbon from organic by-products from the alcoholic beverage industry: Surface area and hardness optimization by using the response surface methodology. *Industrial Crops and Products*, 34, 1528–1537
- R. Bansal, M. Goyal. (2005). *Activated Carbon*. EUA: Taylor & Francis

RESPUESTA DE CLASES DE TRIGO A DIFERENTES CONDICIONES DE HUMEDAD

Ernesto Solís-Moya¹; Lourdes Ledesma-Ramírez¹; Pablo Alan Calderón-Carrasco¹; José Francisco Rodríguez-Rodríguez¹; Luis Antonio Mariscal-Amaro¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, México, km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Gto.

C.P. 38010. *Autor por correspondencia: solis.ernesto@inifap.gob.mx

RESUMEN

La población mundial de 7800 millones en 2020 aumentará a más de 9000 millones en 2050 y probablemente alcanzará un máximo de aproximadamente 11000 millones a finales de siglo (Roser *et al.*, 2013). El uso óptimo del agua para riego permite una mejor utilización de todos los demás factores de producción y conduce a un mayor rendimiento por unidad de superficie y tiempo (Kumar *et al.*, 2019). El agua es un recurso escaso en la zona del Bajío, México (estados de Guanajuato, Michoacán y Jalisco). El objetivo de este trabajo fue comparar bajo riego normal y restringido el comportamiento del germoplasma de trigo harinero generado en el Bajío con el germoplasma de trigo harinero desarrollado por el CIMMYT y liberado por el INIFAP para las diferentes regiones de riego en México. Los experimentos se sembraron durante los ciclos 2021-22 y 2022-23. Se establecieron tres calendarios de riego 1) dos riegos, a los 0 y 55 días, 2) tres riegos a los 0-45 y 75 días, y 3) cuatro riegos a los 0-45-75 y 100 días después de la siembra. En cada experimento se sembraron 18 genotipos en un diseño de bloques al azar con un arreglo en parcelas divididas. La dosis de fertilización utilizada fue 240-60-00, la mitad de nitrógeno y todo el P_2O_5 a la siembra y el resto del nitrógeno en el primer riego de auxilio. Las características medidas fueron altura de planta (AP), días a espigamiento (DE), días a madurez fisiológica (DM) y rendimiento (RG): estimado en $kg\ ha^{-1}$. Cuatro riegos superaron significativamente a tres riegos con $765\ kg\ ha^{-1}$ y a dos riegos con $2400\ kg\ ha^{-1}$. Entre clases de trigo no se observaron diferencias significativas. Entre genotipos destacó Borlaug100 F2014 que rindió igual estadísticamente a los genotipos V35, Quetchehueca Oro C2013 y Elia M2016.

Palabras Clave: trigo harinero, trigo cristalino, riego

ABSTRACT

The world population of 7.8 billion in 2020 will increase to over 9 billion by 2050 and will likely peak at approximately 11 billion by the end of the century (Roser *et al.*, 2013). Optimal use of water for irrigation allows better utilization of all other production factors and leads to higher yield per unit area and time (Kumar *et al.*, 2019). Water is a scarce resource in the Bajío region of Mexico (states of Guanajuato, Michoacán and Jalisco). The objective of this work was to compare under normal and restricted irrigation the performance of bread wheat germplasm generated in the Bajío with the bread wheat germplasm developed by CIMMYT and released by INIFAP for the different irrigation regions in Mexico. The experiments were planted during the 2021-22 and 2022-23 cycles. Three irrigation schedules were established: 1) two irrigations at 0 and 55 days, 2) three irrigations at 0-45 and 75 days, and 3) four irrigations at 0-45-75 and 100 days after sowing. In each experiment, 18 genotypes were sown in a randomized block design with a split-plot arrangement. The fertilization dose used was 240-60-00, half of the nitrogen and all the P_2O_5 at sowing and the rest of the nitrogen in the first auxiliary irrigation. The characteristics measured were plant height (AP), days to heading (DE), days to physiological maturity (DM) and yield (RG): estimated in $kg\ ha^{-1}$. Four irrigations significantly exceeded three irrigations with $765\ kg\ ha^{-1}$ and two irrigations with $2400\ kg\ ha^{-1}$. No significant differences were observed between wheat classes. Among genotypes, Borlaug100 F2014 stood out, which performed statistically the same as the V35, Quetchehueca Oro C2013 and Elia M2016 genotypes.

Keywords: bread wheat, durum wheat, irrigation.

INTRODUCCIÓN

La población mundial de 7800 millones en 2020 aumentará a más de 9000 millones en 2050 y probablemente alcanzará un máximo de aproximadamente 11000 millones a finales de siglo (Roser *et al.*, 2013). Si bien una de cada nueve personas en todo el mundo se enfrenta actualmente al hambre, este aumento proyectado de

la población y la demanda de alimentos requerirá un aumento >60% en la producción mundial de cereales (Godfray *et al.*, 2010).

El uso óptimo del agua para riego permite una mejor utilización de todos los demás factores de producción y conduce a un mayor rendimiento por unidad de superficie y tiempo (Kumar *et al.*, 2019). El agua es un recurso escaso en la zona del Bajío, México (estados de Guanajuato, Michoacán y Jalisco). El riego limitado, con una cantidad inferior a la que requiere el cultivo, se ha reconocido como una técnica viable de ahorro de agua para futuros escenarios de escasez de agua (Zhao *et al.*, 2020). Para mejorar la producción de cultivos y conservar el agua es importante explorar estrategias alternativas de riego, así como identificar genotipos de trigo tolerantes al estrés de humedad sin perder el enfoque de su utilidad industrial basado en los diferentes tipos de gluten (Liwani *et al.*, 2019).

En los últimos años el INIFAP ha liberado un gran número de genotipos tanto de trigos harineros como cristalinos para su siembra en las regiones de riego del país, muchos de ellos se han presentado como alternativas para la región de El Bajío, sin embargo, las publicaciones sobre el comportamiento de estos genotipos en la región es escasa o nula, por lo tanto el objetivo de este trabajo fue comparar bajo riego normal y restringido el comportamiento del germoplasma de trigo harinero generado en el Bajío con el germoplasma de trigo harinero desarrollado por el CIMMYT y liberado por el INIFAP para las diferentes regiones de riego en México, así como las comparaciones de estos germoplasmas con las variedades de trigo cristalino desarrollado por el CIMMYT y liberado por el INIFAP para su siembra en las diferentes regiones de riego en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Genético

Germoplasma de trigo harinero desarrollado en el Bajío (1): Cisne F2016 (25), Faisán S2016 (15), Elia M2016 (34), V21 (21), V27 (27) y V35 (35).

Variedades de trigo harinero liberadas para su siembra a nivel nacional o el Noroeste del país en condiciones de riego (2): Borlaug100 F2014 (4), Bacorehuis

F2015 (9), Conatrigo F2015 (10), Noreste F2018 (12), Hans F2019 (13) y Fuerte Mayo F2016 (26).

Variedades de trigo cristalino liberadas por el INIFAP para las regiones de riego del país (3): Barobampo C2015 (6), Conasist C2015 (14), Río Bravo C2018 (18), Don Goyo C2019 (22), Quetchehueca Oro C2013 (29) y Baroyeca Oro C2013 (32).

Manejo agronómico de los ensayos

Los experimentos se sembraron durante los ciclos 2021-22 y 2022-23. Se establecieron tres calendarios de riego 1) dos riegos, a los 0 y 55 días, 2) tres riegos a los 0-45 y 75 días, y 3) cuatro riegos a los 0-45-75 y 100 días después de la siembra. En cada experimento se sembraron 18 genotipos en un diseño de bloques al azar con un arreglo en parcelas divididas donde las fechas de siembra y los calendarios de riego fueron las parcelas grandes y los genotipos las parcelas chicas. La dosis de fertilización utilizada fue 240-60-00, la mitad de nitrógeno y todo el P_2O_5 a la siembra y el resto del nitrógeno en el primer riego de auxilio. Las características medidas fueron altura de planta (AP), días a espigamiento (DE), días a madurez fisiológica (DM) y rendimiento (RG): estimado en $kg\ ha^{-1}$.

Análisis de la información

Se realizó un análisis de componentes principales utilizando el paquete FactoMineR (Lê *et al.*, 2008) con la función PCA utilizando la matriz de correlaciones. Para obtener la visualización con base en ggplot2 (Wickham, 2016) se utilizó el paquete factoextra (Kassambara y Mundt, 2020) con la función fviz_pca_biplot; ambos paquetes se ejecutaron en el software libre R versión 4.1.1 (R Core Team, 2022). Se realizaron análisis de varianza combinados a través de años de evaluación para fechas de siembra y calendarios de riego utilizando el procedimiento GLM del software SAS versión 9.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó un análisis de componentes principales para las cuatro características medidas en el estudio. Los dos primeros componentes principales representan el 91.6% de la variación total. El primer componente principal presentó asociación

positiva con las variables originales DM, AP y RG. El segundo componente se asoció positivamente con DE. El biplot (Fig. 1) diferenció los tres calendarios de riego, mostrando que, tanto los trigos harineros como los duros responden favorablemente al incremento en el número de riegos, por lo que los valores más altos en DM, AP y RG se presentan en el calendario de cuatro riegos (a la derecha del biplot). En cambio, los calendarios de riego no diferenciaron la variable DE presentándose valores similares en los tres tratamientos de riego. El ángulo de los vectores indicó que existe asociación positiva entre DM, AP y RG (ángulo cercano a 0 grados), mientras que, no existe asociación entre DE y RG (ángulo cercano a 90 grados).

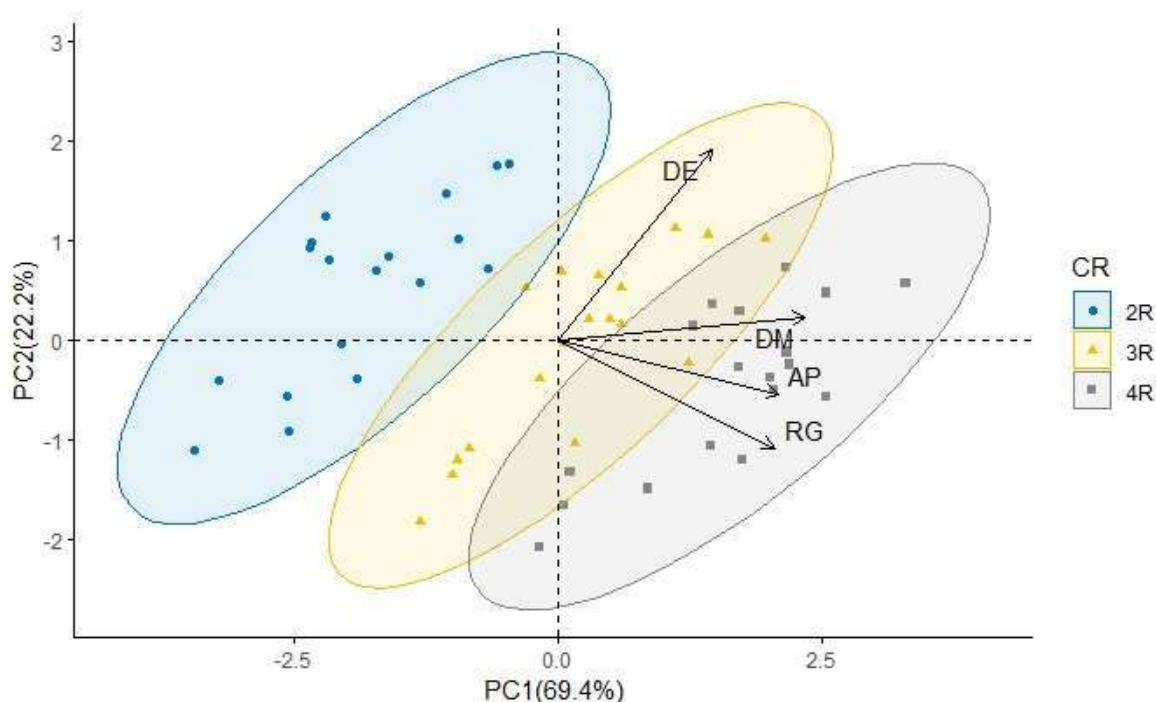


Figura 1. Biplot de los dos primeros componentes principales del análisis de 18 genotipos evaluados en tres calendarios de riego. Los Calendarios de riego y los genotipos se diferencian por colores y elipses y los vectores indican el comportamiento de las variables.

Comparaciones entre clases de trigo en calendarios de riego

Los análisis de varianza detectaron diferencias altamente significativas entre Ciclos, Calendarios de riego (CR), y clases de trigo (CT) para DE, DM y AP; para RG se detectaron diferencias altamente significativas entre Ciclos y CR y no significativas en CT. Entre las interacciones se detectó diferencias altamente significativas en

Ciclo*CR en DM, AP y significativas en RG. En la interacción Ciclo*CT se detectó diferencias altamente significativas en DE y AP. En la interacción CR *CT se detectó diferencias altamente significativas en DM y AP. En la triple interacción Ciclo*CR*CT se registró diferencias altamente significativas en RG.

Comparaciones de medias de los factores principales

Las comparaciones de medias mostraron que el ciclo 22-23 originó un ciclo más largo a espigamiento y madurez, registró una mayor altura de planta y menor rendimiento de grano ($p \leq 0.05$) (Cuadro 1). El calendario de cuatro riegos exhibió los ciclos más largos a espigamiento y madurez, registró la mayor AP y el mayor rendimiento de grano ($p \leq 0.05$). Entre clases de trigo se observó que los trigos harineros desarrollados en Bajío (1) son más precoces a espigamiento y madurez y tienen una menor AP que los trigos harineros desarrollados para su siembra bajo condiciones de riego en todo el país (2). Al compararlos con los trigos cristalinos (3), son más precoces y tienen la misma altura. En rendimiento de grano en el promedio de los tres calendarios de riego no se observaron diferencias significativas entre las tres clases de trigo.

Cuadro 1. Comparaciones de medias de DE, DM, AP y RG de tres clases de trigo evaluados en dos ciclos agrícolas y tres calendarios de riego.

Tratamiento	DE	DM	AP	RG
Ciclos				
22-23	87.4 a	134.8 a	85.5 a	4042 b
21-22	67.2 b	113.8 b	82.6 b	4306 a
DSH	0.6	0.5	1.1	122.3
CR				
2	76.1 b	119.4 c	78.5 c	2829 c
3	77.7 a	124.6 b	84.0 b	4464 b
4	78.0 a	128.9 a	89.7 a	5229 a
DSH	0.9	0.7	1.6	179
CT				
1	71.7 b	121.1 b	83.5 b	4184 a
2	80.5 a	126.0 a	86.4 a	4199 a
3	79.7 a	125.8 a	82.3 b	4139 a
DSH	0.9	0.7	1.6	179

CR = Calendarios de riego; CT = Clases de trigo; DSH = Diferencia honesta significativa; DE = días a espigamiento; DM = días a madurez; AP = altura de planta; RG = rendimiento de grano kg ha⁻¹.

Comparaciones de genotipos en calendarios de riego

Los análisis de varianza detectaron diferencias altamente significativas en todas las variables en Ciclos, CR y Genotipos. Así mismo, la interacción Ciclo*FS resultó

altamente significativa en DE, DM y AP y significativa en RG. Para la interacción Ciclo *GEN se detectaron diferencias altamente significativas en DE, AP y RG. En la interacción CR*GEN se obtuvieron diferencias significativas en AP. En la triple interacción Ciclo*FS*GEN se detectaron diferencias significativas en DE.

Los genotipos más productivos a través de CR fueron Borlaug100 F2014 (4), V35, Quetchehueca Oro C2013 (29), y Elia M2016 (34), que registraron rendimientos que fluctuaron entre 4362 (Elia M2016) y 4839 (Borlaug100 F2014) kg ha⁻¹ (Cuadro 2). Destacó Elia M2016 que entre los genotipos de mayor rendimiento fue la más precoz tanto a espigamiento como a madurez fisiológica. Las variedades 9 (Bacorehuis F2015) y 26 (Fuerte Mayo F2016) fueron los genotipos más tardíos y estuvieron entre los de más bajo rendimiento. Entre los cuatro genotipos más destacados dos (35 y 34) fueron generados para su siembra en el Bajío, uno (29) es un trigo cristalino para riego y uno (4) fue liberado para su siembra en condiciones de riego en el noroeste del país.

Cuadro 2. Comparaciones de medias para genotipos a través de calendarios de riego.

Genotipo	DE	DM	AP	RG
4	79	127	87	4839
35	74	124	85	4603
29	80	125	80	4386
34	72	122	82	4362
21	75	122	86	4206
18	79	126	76	4200
14	79	125	85	4182
10	81	126	85	4164
6	78	124	83	4161
32	79	125	86	4115
13	78	126	86	4112
15	71	120	83	4077
26	83	128	87	4035
12	83	127	86	3982
27	71	119	83	3979
9	84	128	92	3937
22	80	126	79	3916
25	68	120	82	3879
DSH	1.8	2.1	4.7	567

DE = días a espigamiento, DM = días a madurez; AP = altura de planta; RG = a rendimiento de grano

CONCLUSIÓN

Cuatro riegos superaron significativamente a tres riegos con 765 kg ha⁻¹ y a dos riegos con 2400 kg ha⁻¹. Entre clases de trigo no se observaron diferencias significativas. Entre genotipos destacó Borlaug100 F2014 que rindió igual estadísticamente a los genotipos V35, Quetchehueca Oro C2013 (29) y Elia M2016 (34).

LITERATURA CITADA

- Godfray, J. H. C., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S. M., and Toulmin, C. 2010. Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. Science. <https://doi.org/1185383>.
- Josephides, C.M. 1993. Analysis of adaptation of barley, triticale, durum and bread wheat under Mediterranean conditions. Euphytica 65, 1–8.
- Kassambara A, Mundt F. 2020. Factoextra: Extract and visualize the results of multivariate data analyses. R package version 1.0.7. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>
- Kumar, A., Mantovani, E. E., Simsek, S., Jain, S., Elias, E. M., & Mergoum, M. 2019. Genome wide genetic dissection of wheat quality and yield related traits and their relationship with grain shape and size traits in an elite × non-adapted bread wheat cross. PLOS ONE, 14(9), e0221826. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221826>
- Lê S, Josse J, Husson F. 2008. FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. Journal of Statistical Software 25 (1): 1-18. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
- Liwani, U., Magwaza, L. S., Odindo, A. O., and Sithole, N. J. 2019. Growth, morphological and yield responses of irrigated wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes to water stress. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science, 69(4), 369–376. <https://doi.org/10.1080/09064710.2019.1577481>

- Marti, J., and Slafer, G. A. 2014. Bread and durum wheat yields under a wide range of environmental conditions. *Field Crops Research*, 156, 258-271. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.10.008>
- R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Roser, M., Ritchie, H., and Ortiz O. E. 2013. World Population Growth. Published online at OurWorldInData.org. Recuperado de: <https://ourworldindata.org/world-population-growth>. Revisado: 22 March 2024.
- Trethowan, R. M., Singh, R. P., Huerta-Espino, J., Crossa, J., van Ginkel, M., 2001. Coleoptile length variation of near-isogenic Rht lines of modern CIMMYT bread and durum wheats. *Field Crops Res.* 70, 167–176.
- Wickham H. 2016. ggplot2: Elegant graphics for data analysis. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-98141-3>, 213 p.
- Zhao, W., Liu, L., Shen, Q., Yang, J., Han, X., Tian, F., and Wu, J. 2020. Effects of Water Stress on Photosynthesis, Yield, and Water Use Efficiency in Winter Wheat. *Water*, 12(8), 2127. <https://doi.org/10.3390/w12082127>
- Zubaidi, A., McDonald, G. K., Hollamby, G. J. 1999. Shoot growth, root growth and grain yield of bread and durum wheat in South Australia. *Aust. J. Exp. Agric.* 39, 709–720

RESPUESTA FUNCIONAL DE *Chrysoperla carnea* STEPHENS SOBRE *Trialeurodes vaporariorum*

Luis P. Guevara Acevedo^{1§}; Fernando G. Flores Guillen¹; Brayan Salinas
Martínez²; Christian U. Hernández Montoya²; Ricardo Yáñez Lopez¹; Daniel
Rodríguez Mercado¹

. ¹Tecnológico Nacional de México-Roque, Carretera Juventino Rosas km.8 CP 38110 Celaya, Gto.

²Estudiante de Séptimo Semestre de Ingeniería en Agronomía. Tecnológico Nacional de México-
Roque, Carretera Juventino Rosas km.8 CP 38110 Celaya, Gto. [§]Autor de correspondencia:

luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la respuesta funcional *Chrysoperla carnea* sobre mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* en hojas de tomate. Para evaluar la respuesta funcional se utilizaron tres cuadros de acrílico con medidas de 5.0 x 5.0 x 0.3 cm para cada unidad experimental, el primero siendo liso colocándole un papel absorbente humedecido con agua destilada y la hoja de tomate, el segundo con una perforación en el centro para colocar la densidad de presa de 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 y 256 y el depredador en ayunas por 24 h y el tercer cuadro perforado cubierto con tela organza para evitar el escape de ellos. La toma de datos de la tasa de depredación fue a las 24 h. Conforme a los resultados se concluye que se observó una respuesta funcional de tipo II (disco de Holling) y de acuerdo a los resultados obtenidos de depredación, el segundo estadio larval de *C. carnea* tiene potencial para el control del segundo instar de *T. vaporariorum*.

Palabras clave: *Holling*, *crisopa*, *mosca de los invernaderos*, *depredación*.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the functional response of *Chrysoperla carnea* on whitefly *Trialeurodes vaporariorum* on tomato leaves. To evaluate the functional response, three acrylic squares measuring 5.0 x 5.0 x 0.3 cm were used for each experimental unit. The first one was smooth and a paper towel moistened

with distilled water and the tomato leaf were placed on it. The second one had a perforation in the center to place the prey density of 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 and 256 and the predator in fasting for 24 h. The third perforated square was covered with organza fabric to prevent their escape. Data collection of the predation rate was at 24 h. Based on the results, it is concluded that a functional response of type II (Holling's disk) was observed and, according to the predation results obtained, the second larval stage of *C. carnea* has the potential to control the second instar of *T. vaporariorum*.

Keywords: *Holling, lacewing, greenhouse fly, predation.*

INTRODUCCIÓN

La mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) es la principal plaga que afecta el cultivo de tomate, los daños que ocasiona se han incrementado a través del tiempo, pasando a ser considerada una plaga primaria contra la cual se hace uso excesivo de insecticidas; no obstante, muestra resistencia a varios productos usados para su control, hasta el punto de que en el futuro los insecticidas de síntesis no serán efectivos para ello (Araya *et al.*, 2005). Una alternativa a lo que ha causado el uso excesivo e inadecuado de plaguicidas de síntesis química es la utilización de enemigos naturales como método de control biológico, dentro de ellos se encuentra el depredador generalista *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) que presenta características de ser muy voraz y que consume un amplio intervalo de presas, es efectivo como agente de control biológico y es uno de los principales que ha sido evaluado con éxito como un potencial controlador biológico de la mosca blanca en cultivos de tomate. Sin embargo, hay que tener en cuenta que su efectividad varía dependiendo de la cantidad, frecuencia y condiciones fenológicas donde son liberadas (Granadillo, 2011). Una de las formas de medir la compatibilidad del control alternativo y biológico es la depredación en la forma funcional, siendo el factor más importante para un consumidor la densidad de su alimento y en consecuencia su disponibilidad inmediata, ya que por regla general cuanto mayor es la densidad del alimento disponible, el consumo es mayor (Begon

et al., 2019). La relación entre la tasa de consumo de un individuo y la densidad del alimento recibe el nombre de respuesta funcional (Solomon, 2009). Esto se refiere a las diferencias en los comportamientos de los depredadores en función de los cambios de densidad del huésped o presa (Rodríguez-del Bosque y Arredondo-Bernal, 2007). Por lo anteriormente expuesto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la respuesta funcional de la depredación de L2 de *Chrysoperla carne* sobre ninfas de segundo instar de mosca blanca *Trealeurodes vaporariorum* en hojas de tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

La cría de la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* se realizó en condiciones de invernadero, en plantas de tomate variedad Rio Grande® (Semval) trasplantadas en bolsas de plástico con capacidad de 5 L con tezontle, limo y arcilla en proporción 1:1:1 y para promover enraizamiento se aplicó en drench 0.5 L de una solución de 10 mL L⁻¹ de Alga Grow Organic® (De Asistencia Biotecnológica SPR de RL). El desarrollo de las plantas de tomate a evaluar se trasplantó en bolsas de mismo tamaño y sustrato que las plantadas para la cría de la mosca blanca, estas plantas fueron colocadas en jaulas de madera de 0.65x0.80x1.20 m cubiertas con tela de organza. La cría de Las larvas de *C. carnea*, fueron adquiridas del laboratorio de reproducción de insectos benéfico de Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato A.C. (CESAVEG), las cuales fueron adquiridas en estadio de L2, colocadas en cajas de acrílico de 50 cavidades de 1 cm³, una base de acrílico y una cubierta superior de tela antifidos,

Para la evaluación de la respuesta funcional de la capacidad depredadora de L2 de *Chrysoperla carnea* sobre el segundo estadio ninfal de *T. vaporariorum* se realizaron en condiciones de laboratorio, para ello se utilizaron cuadros de acrílico con medidas de 5.0 x 5.0 x 0.3 cm para cada unidad experimental. En cada repetición se utilizaron tres cuadros de acrílico, el primero fue completamente liso, el segundo con una perforación en el centro con un diámetro de dos centímetros para colocar la presa y el depredador y el tercer cuadro también fue perforado con las mismas dimensiones que el segundo, pero a este se le colocó tela organza en el orificio para

evitar que los especímenes se escaparan y a su vez permitir la entrada y salida de aire a estos mismos. Para la implementación del experimento se utilizaron diferentes densidades de presas 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 y 256 con 15 repeticiones para cada densidad y un depredador en ayunas por 24 h por repetición. Sobre del primer cuadro de acrílico se colocó papel absorbente el cual fue humedecido con agua destilada, enseguida se le puso la hoja de tomate. Se procedió a colocar el segundo cuadro con la perforación en el centro, posteriormente se transfirieron las ninfas de mosca blanca provenientes de la colonia madre utilizando un pincel de pelo de camello 000, ya colocadas las presas se transfirió el depredador con 24 h de ayuno y estos fueron cubiertos por el tercer cuadro perforado con la tela organza y sujetos con ligas y colocados en charolas provistas de una almohadilla de algodón saturado de agua, las cuales se mantuvieron en una cámara ambiental con condiciones de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 55-65% HR y fotoperiodo 16:8 horas luz oscuridad. La toma de datos de la tasa de depredación se realizó a las 24 h.

Para la evaluación de la respuesta funcional del número de presas atacadas por el depredador fueron sometidos a un análisis de varianza mediante un diseño experimental completamente al azar con 15 repeticiones y un testigo. Cuando el análisis estadístico indicó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para la separación de medias. Para cada uno de los análisis se utilizó el programa SAS 2002 ver. 9.4. Se aplicó una prueba de t y se estimó la desviación estándar a un intervalo de confianza del 95% mediante el método de Jackknife (Meyer *et al.*, 1996).

Para obtener el tipo y parámetros de la respuesta funcional se ajustaron los datos obtenidos a los modelos de respuesta funcional tipo II de (1) Holling (1959a): $N_a = a' T_t N_o / (1 + a' T_h N_o)$, en donde la a' y T_h se calculan vía: $N_a / N_o = a' T_t + a' T_h N_a$; en donde N_a = número de presas atacadas, N_o = número de presas ofrecidas, a' = tasa instantánea de descubrimiento de presa por depredador, T_t = tiempo total de exposición depredador/presa, T_h = tiempo de manipuleo. Los resultados para el promedio de presas atacadas por depredador fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) con un diseño completamente al azar con quince repeticiones.

Cuando el ANOVA indicó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para la separación de medias. Para cada uno de los análisis se utilizó el programa SAS System (2002). Se utilizó el modelo de Real (1977) para corroborar la respuesta funcional tipo II el cual toma en cuenta la habilidad del depredador (n) como un componente importante en el proceso de ataque en donde $n = 1$, significa no-aprendizaje, $N_a = (N_o)n N_{max} / [(N_o)n + N_{of}]$, donde N_{of} = densidad crítica de la presa que corresponde al punto de inflexión de la curva de ataque, y N_{max} = la asíntota de la curva de ataque. N_{max} , determina si el valor de n es 1 o mayor de la unidad, lo cual indica una imagen de búsqueda desarrollada en el depredador con la consecuente aparición de la curva de respuesta funcional sigmoideal o Tipo III de Holling. Se aplicó una prueba de t y se estimó la desviación estándar a un intervalo de confianza del 95% mediante el método de Jackknife (Meyer *et al.* 1996)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se observa que el depredador consumió en 24 horas más del 50% de las presas en todas las densidades a excepción de la de 256 presas, respondiendo de la misma manera a las densidades de presa cada vez mayores. Resultados similares para este depredador reportan Huang y Enkegaard (2020) sobre huevos de *Pieris brassicae* Linnaeus (Lepidoptera: Pieridae) y Atlihan *et al.* (2018) sobre *Hyalopterus pruni*

La respuesta funcional obtenida fue de tipo II de acuerdo a la clasificación de Holling (1959). Para este modelo se obtuvo un valor de a' de 1.0378 ± 0.1425 y uno de Th de 0.0055 ± 0.0035 , estos valores indican que el depredador tarda mayor tiempo en descubrir a su presa, pero también utiliza menos tiempo en darle muerte y consumirla, este modelo describe el proceso de depredación de forma instantánea,

Mediante la prueba de bondad de ajuste (χ^2), se observó que el modelo utilizado se ajustó, lo que indica que los resultados esperados por el modelo se ajustaron a los observados; por lo que el proceso de la depredación de *C. carnea* sobre ninfas de *T. vaporariorum* ocurre de forma instantánea (Badii *et al.*, 2017).

Cuadro 1. Cuadro 1. Número promedio de L2 de *Trialeurodes vaporariorum*, consumidos por larvas del tercer estadio de *Chrysoperla carnea*. Tasa instantánea de descubrimiento (a'), tiempo de manipulación (Th) a las 24 horas de observación y prueba de bondad de ajuste ($\chi^2=15.50$, g.l. = 8, $\alpha=0.05$). Na, a' y Th se muestran con sus valores de desviación estándar al 95% (Jackknife). Letras diferentes en los valores de Na denotan diferencias significativas con $P < 0.05$

No ²	Na ³	Na estimados ¹ Holling
1	1.00±0.00 a	1.0319
2	2.00±0.00 ab	2.0520
4	4.00±0.00 ab	4.0576
8	8.00±0.00 b	7.9357
16	16.00±0.00 c	15.1987
32	27.13±8.69 d	28.0221
64	53.66±7.19 e	48.4693
128	86.20±8.98 f	86.3106
256	86.13±11.06 f	117.0584
	a'	1.0378±0.1425
	Th	0.0055±0.0035
	χ^2	8.8014**

¹Ajuste entre los datos observados y estimados (prueba de χ^2 , $P < 0.05$); ²Número inicial de presas; ³Número de presas atacadas observadas; ** $P < 0.005$

Al graficar el porcentaje de ninfas de *T. vaporariorum* consumidos por *C. carnea* (Fig. 1) se obtuvo que el consumo máximo diario en promedio es de 86.13 ± 11.06 . La tasa de depredación diaria gradualmente aumentó significativamente conforme *C. carnea* fue provista de un mayor número de huevos (ANOVA), y se espera que llegando a un valor asintótico de 86.20 presas consumidas, correspondiente al modelo típico de respuesta funcional Tipo II, según lo descrito por Holling (1966). El tiempo de manipulación (Th) es un componente general de comportamiento de un depredador que tiene un efecto importante en la respuesta funcional a través de su influencia en la tasa de ataque a su presa (Holling 1959b). Los depredadores pueden aumentar la búsqueda y eficiencia manipuladora a través de aprender cómo aumentar el grado de rapiña. En densidades inferiores, la tasa de manipulación puede aumentar, no sólo porque los depredadores no han aprendido, sino porque pueden gastar más tiempo con cada presa y extraer tantos nutrientes disponibles como sea posible.

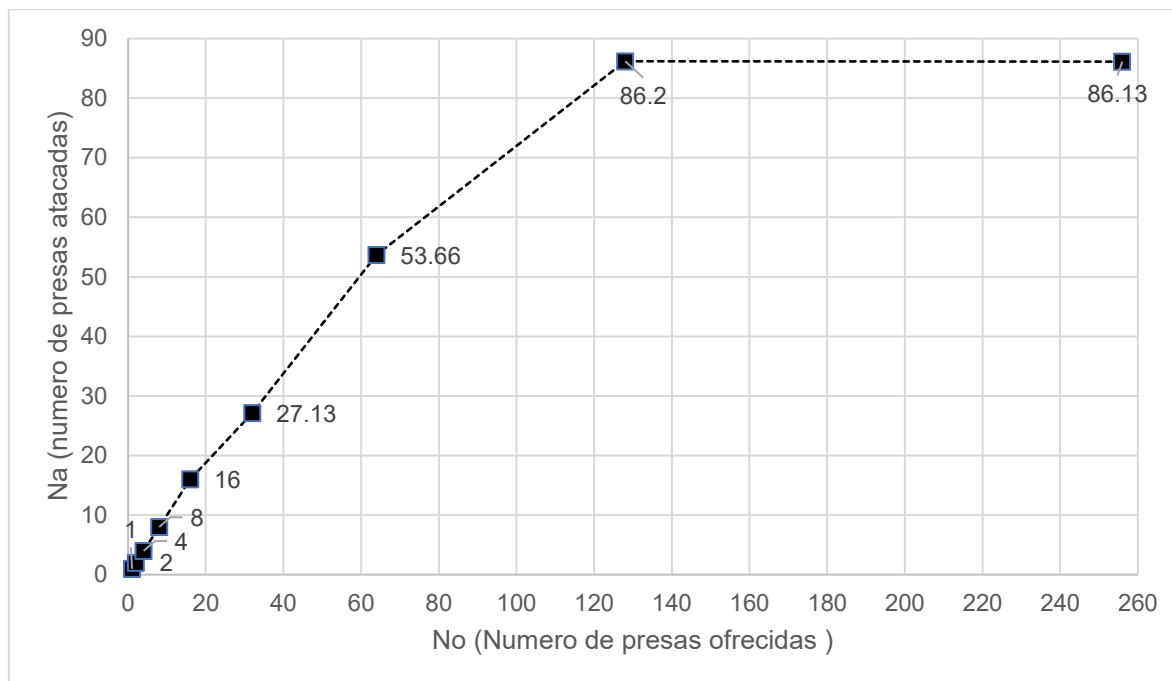


Fig. 1. Número de ninfas de *Trialeurodes vaporariorum* consumidos por larvas de tercer estadio de *Chrysoperla carnea* de acuerdo al modelo de Holling (1959a) utilizado para la determinación de la respuesta funcional

CONCLUSIONES

El tipo de respuesta funcional de la depredación del segundo estadio larval de *Chrysoperla carnea* sobre ninfas de segundo instar de *Trialeurodes vaporariorum* es del tipo II, lo que sugiere que el número de individuos de la presa atacada y destruida por el depredador se incrementa, pero con una tasa decreciente, en función del incremento de la densidad de la presa.

LITERATURA CITADA

- Araya, L.; Carazo, E.; y Cartin, V. 2005. Diagnóstico del uso de insecticidas utilizados contra *Bemisia tabaci* (Gennadius) en tomate y chile en Costa Rica. Manejo Integrado Plagas y Agroecol. 75:68 - 76. Byrne, D. N.
- Atlihan, R., B. Kaydan., and M. S. Ozgokce. 2018. Feeding activity and life history characteristics of the generalist predator, *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) at different prey densities. J. Pest. Sci. 77: 17-21

- Badii, M. H., J. Landeros, E. Cerna, and S. Varela. 2017. Depredación entre artrópodos, pp. 75-89. In L. A. Rodríguez-del-Bosque and H. C. Arredondo-Bernal [eds.], Teoría y Aplicación del Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México.
- Begon M., Harper J. L., Townsend C. R., 2019, Ecología individuos, poblaciones y comunidades, ediciones Omega, Barcelona.
- Granadillo, C. J. 2011. Identificación de parasitoides asociados a *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hom: Aleyrodidae) sobre frijol *Phaseolus sp* En cuatro municipios de la provincia de García Rovira, Santander. Repositorio UIS.
- Holling, C. S. 1959a. The components of predation as revealed by a study of small mammal predation of the European pine sawfly. Can. Entomol. 91: 293- 320
- Holling, C. S. 1959b. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. Can. Entomol. 91: 386-398.
- Holling, C. S. 1966. The Functional Response of Invertebrate Predators to Prey Density. Memoirs of the Entomological Society of Canada 45.
- Huang, N., and A. Enkegaard. 2020. Predation capacity and prey preference of *Chrysoperla carnea* on *Pieris brassicae*. Biocontrol 55: 379-385
- Meyer, J. S., C. G. Ingersoll, L. L. McDonald., and M. S. Boyce. 1996. Estimating uncertainty in population growth rates: jackknife vs bootstrap techniques. Ecology 7: 1156-1166.
- Real, L. A. 1977. The kinetics of functional response. Amer. Nat. 111: 298-300
- Rodríguez del Bosque, L. A., Arredondo-Bernal H. C., (editores), 2007, teoría y aplicación del control biológico. sociedad mexicana de control biológico, México.
- SAS. 2002. Statistical Analysis System. User's Guide: Statistic. Ver. 9.4, 2da. Ed. SAS Institute Inc. Cary, N.C., USA.
- Solomon M. E., 2009, The natural control of animal populations, journal of animal ecology, 18: 1-35.
https://www.koppert.mx/content/mexico/docs/Tesis/11RESP_1.PDF

REVALORIZACIÓN DE CAPULÍN (*Prunus serótina*) PARA LA OBTENCIÓN DE FITOQUÍMICOS DE INTERÉS ALIMENTARIO

Deysy Areli Valdés-González¹; Mayra Sánchez-Becerril¹; Anahi Tochihuitl-Mariñón¹; Anahí Jobet Borrás-Enriquez² y Liliana Edith Rojas-Candelas¹

¹Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso.

²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles, San Luis Potosí, México.

*Autor de correspondencia: tochiuitl_anahi@outlook.com

RESUMEN

Prunus serótina contiene compuestos bioactivos con potencial beneficioso para la salud, como los antioxidantes, vitaminas y compuestos fenólicos. Este estudio tuvo como objetivo valorizar la composición del capulín en la región norte del estado de México para la obtención de fitoquímicos por las técnicas de sonicación y microondas. En la obtención del extracto, se tuvieron extractos frescos de capulín, así como deshidratados. Los extractos fueron encapsulados por el método de gelificación iónica. De las cápsulas obtenidas una parte de ellas se conservaron de manera fresca, a otras se les dio un tratamiento de liofilización y a otras se les rehidrató. Los parámetros evaluados en las cápsulas fueron forma, tamaño, color, porcentaje de humedad y cenizas. Como parte de los resultados se encontró que las cápsulas tienen formas: irregulares, esférica con una superficie lisa, y algunas presentan poros de 5 a 6 nm (cápsulas frescas) y de 1 a 3 nm en cápsulas liofilizadas. Respecto al tamaño, las cápsulas frescas presentaron el diámetro más grande (de 657.86 nm a 848.78 nm) debido a la cantidad de sólidos. En relación al color, las cápsulas frescas presentaron un color gris oscuro mientras las liofilizadas tienden a ser de tonalidades café claro. El capulín es una fuente rica de fitoquímicos y la encapsulación permite preservar estos compuestos bioactivos, haciéndolos ingredientes funcionales en diversos productos de la industria alimentaria.

Palabras clave: *Nutraceuticos, sonicación, microondas, encapsulación, morfología.*

ABSTRACT

Prunus serotina contains bioactive compounds with health-beneficial potential, such as antioxidants, vitamins and phenolic compounds. This study aimed to assess the composition of capulín in the northern region of the state of Mexico to obtain phytochemicals using sonication and microwave techniques. In obtaining the extract, fresh extracts of capulín were used, as well as dehydrated ones. The extracts were encapsulated by the ionic gelation method. Some of the capsules obtained were kept fresh, others were given a freeze-drying treatment and others were rehydrated. The parameters evaluated in the capsules were shape, size, color, percentage of humidity and ash. As part of the results, it was found that the capsules have irregular shapes, spherical with a smooth surface, and some have pores of 5 to 6 nm (fresh capsules) and 1 to 3 nm in freeze-dried capsules. Regarding size, the fresh capsules had the largest diameter (from 657.86 nm to 848.78 nm) due to the amount of solids. Regarding color, the fresh capsules had a dark gray color while the freeze-dried ones tended to be light brown in color. Capulín is a rich source of phytochemicals and encapsulation allows these bioactive compounds to be preserved, making them functional ingredients in various food industry products.

Keywords: *Nutraceuticals, sonication, microwave, encapsulation, morphology.*

INTRODUCCIÓN

En el área alimenticia, el capulín forma parte de la dieta mexicana y popularmente sus frutos se consumen frescos, secos o como ingredientes de otras preparaciones, su contenido de fenoles totales es superior al de cultivos comercialmente importantes, como la ciruela y la fresa (Guzmán *et al.*, 2020).

Estudios recientes se han enfocado en la encapsulación de compuestos bioactivos, debido a que esta tecnología brinda protección a condiciones desfavorables, ya sea medioambientales (oxígeno, luz, agua, entre otros), del tracto gastrointestinal (pH, enzimas), del procesamiento de los alimentos (temperatura, humedad), o del almacenamiento (Castromonte *et al.*, 2020).

En el área de alimentos un sistema eficiente de encapsulación debe permitir la incorporación de compuestos en matrices alimenticias, proporcionando alta estabilidad fisicoquímica y mínimo impacto en las propiedades organolépticas del producto, por lo que la gelación iónica es una técnica de encapsulación factible, además que su preparación no es compleja (Donsi *et al.*, 2011; Ortiz-Romero *et al.*, 2021).

La revalorización del capulín como fuente de fitoquímicos es esencial, ya que, los consumidores están en una búsqueda constante de alternativas saludables y sostenibles de alimentos, por lo que, el objetivo de este estudio fue valorizar la composición del *Prunus serotina* en la región norte del estado de México para la obtención de fitoquímicos mediante las técnicas de sonicación y microondas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

El fruto del capulín fue recolectado en la localidad Barrio Tungareo (19°71' de latitud norte, 99°95' de longitud oeste, 2,650 msnm) del municipio de San Felipe del Progreso, estado de México.

Extracción de fitoquímicos

Se realizaron extracciones asistidas por microondas (LG, MOD. MS2032GAS) y ultrasonido (VEVOR, 110 v) en pulpa fresca y previamente deshidratada con un deshidratador CHEFMAN RJ43-ROB-5 de 110 v, en condiciones de 52 °C durante 20 h.

En la extracción asistida por ultrasonido se utilizaron 10 g de material vegetal suspendiéndolo en 100 ml de agua destilada. La extracción se realizó durante 60 min con intervalos de sonicación de 20 s intercedidos por pausas de 40 s. (Pinzón y Gómez, 2020). Una vez obtenido el extracto, se centrifugó a 4000 rpm por 15 min a 20°C con una centrífuga de marca CRMGLOBE, CENTRITICENT VI. El sobrenadante se conservó para la elaboración de las cápsulas.

En la extracción asistida por microondas, se emplearon 10 g de material vegetal con 100 ml de agua destilada, previamente homogenizados, fueron llevados al horno de microondas, donde se realizaron las extracciones durante 2 min (Pinzón y Gómez, 2020). Una vez obtenido el extracto, se centrifugó.

Elaboración de las cápsulas por gelificación iónica

Las cápsulas fueron elaboradas con los sobrenadantes obtenidos, a los cuales se les adicionó la mezcla alginato de calcio y goma arábiga (3:1), homogenizándola perfectamente. La solución se colocó en una jeringa hipodérmica desechable de 3 ml x 32 mm y se goteó a una altura de 20 cm sobre una solución de cloruro de calcio al 14.6 % en agitación constante, para la formación de las cápsulas. Las cápsulas obtenidas fueron liofilizadas (Freezer Dryer, EGO-FD10PT, 110/60V) durante 24 h a -37.6°C y posteriormente fueron almacenadas a temperatura ambiente.

Determinación del porcentaje de humedad y cenizas

En la determinación de porcentaje de humedad y cenizas se emplearon cápsulas de extracto fresco y liofilizado, con los tratamientos de sonicación, microondas y sin tratamiento, se emplearon 2 repeticiones de cada muestra.

En el caso del porcentaje de humedad, las capsulas se colocaron en un horno (Marla, Mod J-01, 220V) a una temperatura de 110°C durante 2 h, posteriormente se enfriaron en un desecador de vidrio, para cenizas, las muestras se metieron al horno a una temperatura de 550°C durante 2 h.

Determinación de tamaño y color de las cápsulas

Para la evaluación de las cápsulas se clasificaron en: frescas, liofilizadas y rehidratadas. Se consideraron 3 capsulas por tratamiento. Se utilizó un microscopio (VELAB, STEREO VE-SI) adaptado a una cámara (AUTO-FOCUS 1080P USB2.0 15X LENS C-MOUNT), conectada a un soporte informático que registró la imagen en la pantalla del ordenador, a través del programa Hayear. Posteriormente se

analizó la imagen con el software ImageJ. La determinación de color de las cápsulas se realizó sobre el punto central de cada una de ellas.

Rehidratación de cápsulas

Para la rehidratación se adicionaron 20 ml de agua destilada en una caja petri, dejando reposar las cápsulas durante 3 min.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con el programa Statistica v.7.1, USA, se determinó un ANOVA (Análisis de la Varianza).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de encapsulación tuvo un rendimiento promedio de 76 %. El tratamiento con mayor rendimiento (91.25 ± 17.68 %) fue el de microondas con cápsulas de extracto fresco y el de menor fue el de cápsulas con extracto deshidratado sin tratamiento con 41 ± 2.12 %. Los rendimientos del tratamiento de sonicación fueron menores a los de microondas (Cuadro 1). Estos valores son comparables con los de Manzanarez *et al.*, 2020, teniéndose rendimientos semejantes.

Cuadro 1. Rendimiento del encapsulado de capulín con sonicación y microondas.

Tratamiento	Rendimiento (%)
FST	66.75 ± 7.42
FSTD	41 ± 2.12
CTSF	48.5 ± 2.83
CTSD	79.75 ± 5.30
CTMF	91.25 ± 1.77
CTMD	86.75 ± 4.60

Se presentan valores promedio $\pm$ desviación estándar, donde FST: cápsulas con extracto fresco sin tratamiento, FSTD: cápsulas con extracto deshidratado sin tratamiento, CTSF: cápsulas con extracto fresco con tratamiento de sonicación, CTSD: cápsulas con extracto deshidratado con tratamiento de sonicación, CTMF: cápsulas con extracto fresco con tratamiento de microondas, CTMD: cápsulas con extracto deshidratado con tratamiento de microondas.

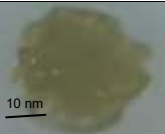
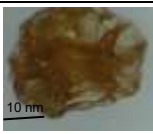
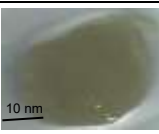
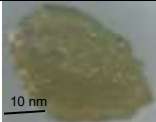
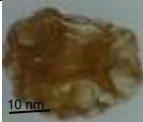
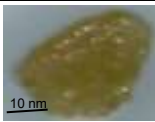
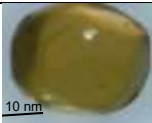
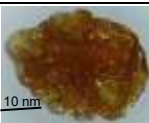
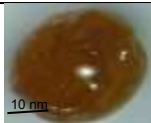
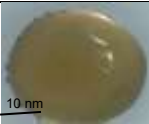
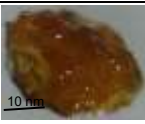
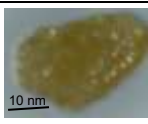
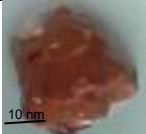
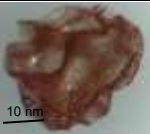
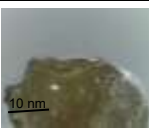
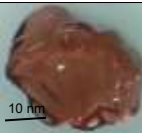
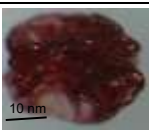
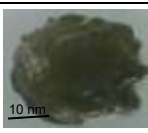
Respecto a la morfología, las cápsulas frescas presentaron una forma esférica con una superficie lisa (CTSF y CTSD), otras tuvieron una forma irregular (FST y FSTD). Sin embargo, hay capsulas que presentan zonas abolladas (CTMF y CTMD), con grietas aparentes o con poros en la superficie (de 5 a 6 nm aproximadamente), como se puede ver en el Cuadro 2. Las cápsulas liofilizadas presentaron una forma irregular con superficies rugosas, su tamaño fue más pequeño en comparación a las cápsulas frescas, perdieron su estructura original y presentaron poros de 1 a 3 nm, su capa fue más delgada con algunos bordes sobresaliente de la superficie.

Las estructuras obtenidas en las cápsulas liofilizadas son similares a las reportadas por Trujano y Lozano, 2020, presentan una morfología irregular debido a la sublimación del agua, dando lugar a una superficie porosa.

Manzanarez *et al.*, 2020 mencionan que las partículas con superficies rugosas tienen áreas de contacto más grandes que las que tienen superficies lisas, que las pueden hacer más susceptibles a reacciones de degradación, tales como la oxidación.

Las cápsulas rehidratadas no regresaron a su estructura original, tuvieron formas irregulares, con una superficie lisa y poros.

Cuadro 2. Estructura de las cápsulas frescas, liofilizadas y rehidratadas.

Tratamiento	Frescas	Liofilizadas	Rehidratadas
FST			
FSTD			
CTSF			
CTSD			
CTMF			
CTMD			

Donde, FST: cápsulas con extracto fresco sin tratamiento, FSTD: cápsulas con extracto deshidratado sin tratamiento, CTSF: cápsulas con extracto fresco con tratamiento de sonicación, CTSD: cápsulas con extracto deshidratado con tratamiento de sonicación, CTMF: cápsulas con extracto fresco con tratamiento de microondas, CTMD: cápsulas con extracto deshidratado con tratamiento de microondas.

En relación al color, las cápsulas frescas presentaron colores claros mientras las liofilizadas tienden a colores más oscuros. En el Cuadro 3 se observa que el color de las muestras, obtenido del software colormine (a) y el microscopio (b), difiere. Las cápsulas frescas presentan diversidad de colores, que van desde el amarillo, rojo, café y gris, las cápsulas liofilizadas en su mayoría presentaron tonalidades de café claro y café oscuro. En las cápsulas rehidratadas se observó una tenencia a colores más oscuros, en algunos casos a un color gris-negrizco.

Cuadro 3. Color de cápsulas frescas, liofilizadas y rehidratadas.

Tratamiento	Frescas		Liofilizadas		Rehidratadas	
FST						
	a	b	a	b	a	b
FSTD						
	a	b	a	b	a	b
CTSF						
	a	b	a	b	a	b
CTSD						
	a	b	a	b	a	b
CTMF						
	a	b	a	b	a	b
CTMD						
	a	b	a	b	a	b

Donde, **a** es el color obtenido por el software colormine y **b** es color obtenido por el microscopio. FST: cápsulas con extracto fresco sin tratamiento, FSTD: cápsulas con extracto deshidratado sin tratamiento, CTSF: cápsulas con extracto fresco con tratamiento de sonicación, CTSD: cápsulas con extracto deshidratado con tratamiento

de sonicación, CTMF: cápsulas con extracto fresco con tratamiento de microondas, CTMD: cápsulas con extracto deshidratado con tratamiento de microondas.

Por otra parte, del tamaño que tuvieron las cápsulas, sobresalen las frescas, con un diámetro entre 657.86nm y 848.78 nm, las cápsulas liofilizadas presentaron un diámetro de 218.25 nm a 506.61 nm, su tamaño se redujo debido a la evaporación del agua.

En el contenido de humedad no hubo una diferencia significativa en los tratamientos, el contenido de humedad más alto se encontró en CTSF con 22%, mientras que la más baja la tuvo CTMD con 18.5%. En cuanto a la determinación de cenizas, hubo un alto contenido de cenizas (superior al 30%) debido al 15% de alginato de calcio que contiene las cápsulas, Gómez, 2018 menciona que el contenido de cenizas representa la cantidad de componentes inorgánicos de un alimento, por lo que los encapsulados llegan a mostrar un mayor contenido.

CONCLUSIONES

Se cumplió con el objetivo de valorizar la composición del capulín por medio de la obtención de compuestos fitoquímicos y su encapsulación. Los métodos de extracción de los compuestos de interés (sonicación y microondas) mostraron diferencias en la coloración, morfología y textura de las cápsulas. De igual manera, las cápsulas frescas y liofilizadas, tuvieron diferencias visuales.

Con los resultados obtenidos se puede mencionar que los tratamientos empleados tienen un impacto significativo en la apariencia y estabilidad de los compuestos bioactivos. La encapsulación es una tecnología importante en la industria alimentaria, que permite eficacia y seguridad de los compuestos funcionales.

AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso por la realización de este proyecto.

LITERATURA CITADA

- Castromonte, M., Wacyk, J., Valenzuela, C. (2020). Encapsulación de extractos antioxidantes desde sub-productos agroindustriales: una revisión. *Revista chilena de nutrición*, 47(5), 836-847. <https://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182020000500836>
- Donsi, F., Annunziata, M., Sessa, M., Ferrari, G. (2011). Nanoencapsulation of essential oils to enhance their antimicrobial activity in foods *LWT - Food Sci. Technol.* 44 (9): 1908–1914. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.03.003>
- Gómez, H.D. de J. (2018). Microencapsulación por secado por aspersión y evaluación de estabilidad en almacén de compuestos fenólicos extraídos de frutos de *Morus nigra* L. (Tesis de Maestría). Universidad de Guadalajara, Centro universitario de los Lagos. <https://riudg.udg.mx/bitstream/20.500.12104/81801/1/MCULAGOS10006FT.pdf>
- Guzmán, F. A., Segura-Ledesma, S. D., Almaguer-Vargas, G. (2020). El capulín (*Prunus serotina* Ehrh.): árbol multipropósito con potencial forestal en México. *Madera y Bosques*, 26(1), e2611866. <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2611866>
- Manzanarez, L.E., Ruiz, S., Márquez, E., Ornelas, J. de J., Del toro, C.L., Wong, F.J., Suárez, G.M., Dévora, G.E., Holguin R. (2020). Microencapsulación de extractos de higo (*Ficus carica*) por coacervación compleja y evaluación de su capacidad antioxidante. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, XXII (2): 70-77. <https://www.scielo.org.mx/pdf/biotecnia/v22n2/1665-1456-biotecnia-22-02-70.pdf>
- Ortiz-Romero, N, Ochoa-Martínez, L.A., González-Herrera, S.M., Rutiaga-Quñones, O.M., Gallegos-Infante, J.A. (2021). Avances en las investigaciones sobre la encapsulación mediante gelación iónica: una revisión sistemática *TecnoL.* 24 (52): e1962. <https://doi.org/10.22430/22565337.1962>

- Pinzón, J.L., Gómez, J. M. (2020). Methods for the extraction and characterization of bioactive compounds in orange fruit waste (Tesis de Licenciatura). Universidad de los Andes. <http://hdl.handle.net/1992/49084>
- Trujano, F. A. y Lozano, J.M. (2020). Efecto de la gelificación iónica de alginato de sodio y gelatina de alto acido en microcápsulas adicionadas de iones calcio (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma de México, Facultad de estudios superiores Cuautitlán. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000803613/3/0803613.pdf>

SAFÍN M2024, NUEVA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO PARA SIEMBRAS DE RIEGO EN MÉXICO

Héctor Eduardo Villaseñor Mir¹, Julio Huerta Espino¹, René Hortelano Santa Rosa¹, Eliel Martínez Cruz^{1§}, Jorge Iván Alvarado Padilla² y Lourdes Ledesma Ramírez³.

¹Campo Experimental Valle de México - INIFAP, ²Campo Experimental Valle de Mexicali – INIFAP,

³Campo Experimental Bajío – INIFAP, §autor por correspondencia:

martinez.eliel@inifap.gob.mx

RESUMEN

SAFÍN M2024 es una variedad de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) que liberó el Programa de Mejoramiento Genético de trigo del INIFAP. La línea se evaluó del 2017 al 2023 por rendimiento de grano en 96 ensayos bajo riego en los ciclos Otoño-Invierno (O-I) y por resistencia a royas en 80 localidades de temporal en los ciclos Primavera-Verano (P-V). Su rendimiento de grano se comparó contra 12 variedades testigo, que fueron agrupadas en tres categorías, de bajo, intermedio y alto rendimiento; a las variedades las superó de 1 % a 16 %; su rendimiento fue semejante a Borlaug 100, Hans F2019 y Ravi “s” (alto rendimiento), sin embargo, a los de bajo rendimiento las superó de 12 % (Villa Juárez F2009) a 16 % (Kronstad F2004), y en promedio superó a los testigos en 7 %. En la evaluación por royas se comportó como una variedad resistente a moderadamente resistente a roya amarilla en el follaje (5R a 10MR) y a roya de la hoja (0R a 10MR) y fue resistente a roya amarilla en la espiga (10 %), mientras que los testigos fueron susceptibles a moderadamente susceptibles, a excepción de Borlaug 100, Noreste F2018, Hans F2019 y Ravi “s”. SAFÍN M204 es de grano duro, su masa es medio fuerte extensible adecuada para la industria de la panificación artesanal y mecanizada, y es adecuada para mejorar masas tenaces. SAFIN M204 se recomienda para siembras de riego normal y riego limitado durante el invierno (suspensión del último riego de auxilio) en fechas tempranas a tardías (fines de noviembre a fines de diciembre) en el noroeste, norte, noreste y centro del país, y en El Bajío en fechas tempranas a intermedias (fines de noviembre al 20 de diciembre).

Palabras clave: *Mejoramiento genético, resistencia a royas*

ABSTRACT

SAFIN M2024 is a variety of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) which was released by the INIFAP Genetic Wheat Improvement Program. The line was evaluated from 2017 to 2023 for grain yield in 96 irrigated trials in the Autumn-Winter (O-I) cycles and for rust resistance in 80 rainfed localities during the Spring-Summer (P-V) cycles. Their grain yield was compared against 12 control varieties, which were grouped into three categories, low, intermediate and high yield; the varieties were exceeded from 1% to 16%; its performance was similar to Borlaug 100, Hans F2019 and Ravi "s" (high performance), however, it surpassed the low performers from 12% (Villa Juárez F2009) to 16% (Kronstad F2004), and on average it surpassed the variety checks by 7%. In the rust evaluation, it behaved as a resistant to moderately resistant variety to yellow rust on the foliage (5R to 10MR) and leaf rust (0R to 10MR) and was resistant to yellow rust on the spike (10%), while the controls were susceptible to moderately susceptible, except for Borlaug 100, Noreste F2018, Hans F2019 and Ravi "s". SAFIN M204 is hard-grained, its dough is medium strong extendable suitable for the artisanal and mechanized baking industry and is suitable for improving tenacious doughs. SAFIN M204 is recommended for normal irrigation and limited irrigation plantings during the winter (suspension of the last irrigation) on early to late dates (late November to late December) in the northwest, north, northeast and center of the country, and in El Bajío on early to intermediate dates (late November to December 20).

Keywords: Genetic improvement, rust resistance

INTRODUCCIÓN

El trigo se introdujo a México por los españoles, se produce en riego y temporal, las siembras de riego aportaron en el 2021 el 90 % de la producción y se sembraron 592 mil hectáreas en las que se cosecharon 3.7 millones de toneladas (MT), de las cuales el 54 % fue de trigos macarroneros, lo que originó que se importaran 5.1 MT de trigos panificables para surtir el consumo nacional (SIAP, 2021). Los principales estados productores fueron Sonora, Guanajuato y Baja California Norte. La principal zona consumidora de trigo en México es la región centro-sur que demanda casi el

60% del total de la molienda nacional (CANIMOL, 2019). El mejoramiento genético de trigo en México inició sus actividades en 1944, el CIMMYT y el INIFAP han sido los responsables de desarrollarlo, y han realizado 150 ciclos de recombinación y selección, se han liberado más de 250 variedades y sus logros y aportaciones le permiten ubicarlo entre los programas más exitosos del mundo (Villaseñor *et al.*, 2021). Dichos programas trabajan durante dos ciclos agrícolas al año en ambientes contrastados para derivar líneas experimentales. A partir del 2002 el INIFAP implementó de manera organizada y coordinada la Red de Ensayos Nacionales (REN) para la evaluación de esas líneas; lo que permitió liberar variedades hasta con 110 evaluaciones en seis años, como Conatrigo F2015 o Conasist C2015 (Villaseñor, 2015). SAFÍN M2024 es una nueva variedad de trigo liberada por el INIFAP que se evaluó a nivel experimental en 96 ensayos bajo condiciones de riego y en 80 ambientes de temporal del 2017 al 2023. El objetivo de presente trabajo es presentar las características de la variedad SAFÍN M2024.

MATERIALES Y MÉTODOS

La variedad de trigo harinero SAFÍN M2024 (*Triticum aestivum* L.) se liberó por el Programa de Mejoramiento Genético de Trigo del INIFAP. El Programa de Mejoramiento Genético de Trigos Harineros del CIMMYT generó la línea experimental mediante un proceso que contempló recombinación genética entre dos progenitores; su genealogía es KSW/SAUAL//SAUAL/2*BORL100.

La línea se obtuvo a través de una cruce simple retrocruzada en la F₁ con la variedad Borlaug 100; en las generaciones de segregación se aplicaron los métodos de selección Masal, Masivo y de Familias; en la selección hacia homocigosis a partir del ciclo P-V/2012 se alternaron en la selección las localidades de Metepec, Edo. Méx. y Cd. Obregón, Son. para obtener en la generación F₆ la línea con el siguiente pedigrí: CMSS12Y00732T-099TOPM-099Y-099M-0SY-3M-0WGY.

La línea se evaluó a enfermedades foliares en campo por el INIFAP y en su generación F₇ en Nanacamilpa, Tlax. se identificó segregación hacia susceptibilidad (60 %) y resistencia (40 %) a roya amarilla, seleccionándose en masa 26 espigas

(026NAN), las que se sembraron en Roque, Gto. donde se realizó selección individual (13R) para obtener en Chapingo, Méx. (0C) la línea uniforme con el siguiente pedigrí: CMSS12Y00732T-099TOPM-099Y-099M-0SY-3M-0WGY-026NAN-13R-0C

Del ciclo O-I/2017-18 al ciclo O-I/2022-23 la línea se evaluó en Riego Normal y Riego Limitado en los Ensayos Nacionales de Trigo de Riego (ENTRI's), del 15voENTRI al 20voENTRI, en 96 ensayos ubicados en los estados de Guanajuato, Sinaloa, Sonora, Baja California, Coahuila y Tamaulipas. Se evaluó por su resistencia a enfermedades en 80 condiciones de temporal durante los ciclos P-V/2017 al ciclo P-V/2023 en Oaxaca, Puebla, Hidalgo, México y Tlaxcala.

RESULTADOS Y DISUSIÓN

RENDIMIENTO DE GRANO: La variedad SAFÍN M2024 se comparó con 12 variedades testigo que se ubicaron en dos grupos; el primero incluyó a Tacupeto F2001, Ónavas F2009 y Fuertemayo F2016 que se evaluaron en 30 ensayos en los ciclos O-I/2017-18 y O-I/2018-19; el segundo incluyó a Kronstad F2004, Roelfs F2007, Villa Juárez F2009, Borlaug 100, Bacorehuis F2015, Conatrigo F2015, Noreste F2018, Hans F2019 y Ravi "s" que se evaluaron en 96 ensayos de O-I/2017-18 al O-I/2022-23.

En el Cuadro 1 se presenta la comparación de rendimiento de grano SAFÍN M2024 comparada con el primer grupo, en donde se observa que superó el rendimiento de las tres variedades desde 5.5 % (Fuertemayo F2016) a 13.8 % (Tacupeto F2001), con un promedio de 10.7%; la mayor ventaja la expresó en riego limitado (suspensión del último riego de auxilio), en donde las superó de 10.1 % a 15.6 %, lo que permitirá al sustituir a las indicadas variedades incrementar la productividad y tener mayor rentabilidad del cultivo en condiciones limitadas de humedad.

En el Cuadro 2 se presenta la comparación de rendimiento de grano SAFÍN M2024 comparada con el segundo grupo, en donde se aprecia que las nueve variedades

se pueden clasificar en tres categorías; la primera es la de bajo rendimiento, en donde se consideran Kronstad F2004, Roelfs F2007 y Villa Juárez F2009, a las que superó de 12.0 % (Villa Juárez F2009) a 16.3 % (Kronstad F2004); la segunda es la de rendimiento moderado, en donde se consideran Bacorehuis F2015, Conatrigo F2015 y Noreste F2018, variedades a las que superó de 5.5 % (Noreste F2018) a 7.2 % (Conatrigo F2015); la tercera es la de rendimiento alto, en donde se consideran Borlaug 100, Hans F2019 y Ravi “s”, en donde se observa que sus rendimientos fueron similares. En el mismo cuadro se aprecia que la ventaja de SAFÍN M2024 sobre las nueve variedades testigo fue semejante en riego normal y en riego limitado.

REACCIÓN A ENFERMEDADES: En el Cuadro 3 se presenta la lectura máxima observada en la evaluación a roya amarilla (*Puccinia striiformis* Westend. f. sp. *tritici* Eriks. y roya de la hoja (*P. triticina* Ericks.) en ambientes de riego de O-I 2017-18 a O-I/2022-23 y de temporal de P-V/2017 a P-V/2023 de SAFÍN M2024 y variedades testigo. SAFÍN M2024 se comportó como una variedad resistente a moderadamente resistente a roya amarilla en el follaje (5R a 10MR) y a roya de la hoja (0R a 10MR) y es resistente a roya amarilla en la espiga (10 %).

En el indicado cuadro se observa que roya amarilla alcanzó mayores niveles de infección en el follaje que roya de la hoja y en la actualidad es la enfermedad más diseminada en las áreas trigueras del país (Huerta *et al.*, 2023). Por su reacción a roya amarilla se identificaron tres grupos de variedades; las susceptibles en donde se ubicaron Tacupeto F2001 y Kronstad F2004; las moderadamente susceptibles en donde se tiene a Roelfs F2007, Villa Juárez F2009, Ónavas F2009, Bacorehuis F2015 y Conatrigo F2015; y las resistentes a moderadamente resistentes con porcentajes bajos de infección en donde se ubicaron SAFÍN M2024, Borlaug 100, Noreste F2018, Hans F2019 y Ravi “s”. La liberación de SAFÍN M2024 permitirá sustituir a las variedades susceptibles a moderadamente susceptibles a roya amarilla y/o roya de la hoja, lo que evitará pérdidas en el rendimiento a nivel comercial y la aplicación de fungicidas que ocasiona mayores gastos y contaminación del ambiente.

CALIDAD INDUSTRIAL: SAFÍN M2024 presentó valor promedio de peso hectolítrico de 75.7 kg hl⁻¹, propio de las variedades de trigo harinero de riego en México y comparable con las variedades testigo (Cuadro 4). Por su dureza de grano, se clasificó como de grano duro similar a las variedades Borlaug 100, Kronstad F2014 y Hans F2019, lo que producirá en la molienda porcentajes de almidón dañado en la harina lo cual se asocia a mayor volumen de pan. El contenido promedio de proteína en grano y harina refinada fue de 12.1 y 11.0 %, respectivamente, similar al resto de las variedades evaluadas.

Las variables alveográficas de fuerza (W) y relación tenacidad-extensibilidad (PL) definen el uso final de la harina; SAFÍN M2024 presentó valores de masa media fuerte a fuerte ($> a$ mayores de 200×10^{-4} J), mientras que las variedades testigo presentaron valores de masa fuerte ($> a$ 300×10^{-4} J); la fuerza promedio de la masa de SAFÍN M2024 es adecuada para la elaboración de pan en México. Por otro lado, una característica distintiva de SAFÍN M2024, es su excelente extensibilidad la cual se observa por su PL = 0.6, el cual es menor a todas las variedades testigos y superando incluso a la variedad Hans F2019, de más reciente liberación, la cual se caracteriza por presentar masa fuerte balanceada (Villaseñor-Mir et al., 2022), Cuadro 4, lo cual le permite igualar los volúmenes de pan de las variedades con mayor fuerza en su masa. Es importante señalar que la extensibilidad de la masa de SAFÍN M2024 será un componente importante de su calidad, ya que producirá masas más versátiles para elaborar mayor cantidad de productos. Los resultados permiten clasificar a SAFÍN M2024 como una variedad de grano duro, de masa media fuerte a fuerte con excelente extensibilidad y buen volumen de pan, por lo que su harina es apropiada para panificación mecanizada y artesanal o como mejoradora de masas tenaces.

ÁREAS DE RECOMENDACIÓN: SAFÍN M2024 se recomienda para siembras de riego del noroeste, norte, noreste y centro del país durante el invierno en los estados Sinaloa, Baja California, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Guanajuato, Michoacán y Jalisco. Es adecuada para sembrarse en condiciones de riego normal y riego limitado (suspensión del último riego de auxilio). En las regiones

del noroeste, norte y noreste sembrarla en fechas tempranas a tardías (fines de noviembre a fines de diciembre) y en la región de El Bajío sembrarla en fechas tempranas a intermedias (fines de noviembre al 20 de diciembre).

Cuadro 1. Comparación de rendimiento de grano de SAFÍN M2024 y variedades testigo de bajo rendimiento, O-I/2017-18 y O-I/2018-19 en 30 ensayos.

VARIEDAD	General (30)	%/SAF	Riego Normal (16)	%/SAF	Riego Limitado (14)	%/SAF
TACUPETO F2001	5447	-13.8	5767	-12.4	5082	-15.6
ÓNAVAS F2009	5509	-12.8	5842	-11.2	5128	-14.9
FUERTEMAYO F2016	5973	-5.5	6464	-1.8	5413	-10.1
SAFÍN M2024	6320		6581		6023	
Ventaja promedio	-10.7		-8.5		-13.5	

%SAF = porcentaje sobre Safin M2024.

Cuadro 2. Comparación de rendimiento de grano de SAFÍN M2024 y variedades testigo de alto rendimiento, ciclos O-I 2017-18 a O-I/2022-23 en 96 ensayos.

VARIEDAD	General (96)	%/SAF	Riego Normal (51)	%/SAF	Riego Limitado (45)	%/SAF
KRONSTAD F2004	5525	-16.3	6083	-16.4	4920	-16.2
ROELFS F2007	5781	-12.5	6335	-13.0	5179	-11.8
VILLA JUAREZ F2009	5810	-12.0	6356	-12.7	5211	-11.3
BORLAUG 100	6392	-3.2	7069	-2.9	5664	-3.6
BACOREHUIS F2015	6172	-6.5	6825	-6.2	5470	-6.9
CONATRIGO F2015	6130	-7.2	6707	-7.9	5509	-6.2
NORESTE F2018	6241	-5.5	6823	-6.3	5606	-4.6
HANS F2019	6540	-1.0	7189	-1.2	5834	-0.7
RAVI "S"	6612	0.1	7239	-0.6	5934	1.0
SAFÍN M2024	6604		7279		5874	
Ventaja promedio	-7.1		-7.5		-6.7	

%SAF = porcentaje sobre Safin M2024.

Cuadro 3. Características agronómicas y fitopatológicas de SAFÍN M2024 y variedades testigo evaluadas en ambientes de riego de O-I 2017-18 a O-I/2022-23 y de temporal de P-V/2017 a P-V/2023.

VARIEDAD	Días a madurez	Altura de planta (cm)	Roya de la hoja	Roya amarilla en el follaje	Roya amarilla en la espiga (%)
TACUPETO F2001	120	93	20MR a 70S	30MS a 90S	20 a 70
KRONSTAD F2004	122	89	20MR a 80S	20MS a 80S	20 a 50
ROELFS F2007	119	90	10MR a 50MS	120MR a 60MS	5 a 50
VILLA JUÁREZ F2009	114	86	10MR a 30MR	10MR a 50MS	10 a 30
ÓNAVAS F2009	119	88	5R a 20MR	10MR a 50MS	10 a 30
BORLAUG 100	119	90	1R a 10MR	0R a 20MR	5 a 20
BACOREHUIS F2015	117	88	10MR a 20MR	10MR a 40MS	10 a 30
CONATRIGO F2015	122	90	10MR a 20MR	0R a 30MS	5 a 20
NORESTE F2018	117	88	5MR a 10MR	5MR a 20MR	5 a 10
HANS F2019	116	87	0R a 10MR	0R a 10MR	5 a 10
RAVI "S"	120	88	0R a 10R	0R a 10MR	0 a 10
SAFÍN M2024	118	88	0R a 10MR	5R a 10MR	5 a 10

R = Resistente; S = Susceptible; MR = Moderadamente Resistente; MS = Moderadamente Susceptible; Reacción a roya amarilla y roya de la hoja lectura mínima y máxima observada en riego del O-I/2017-18 al O-I/2022-23 y en temporal de P-V/2017 al P-V/2023 en los sitios en donde se presentaron las enfermedades.

Cuadro 4. Características de calidad industrial promedio de SAFÍN M2024 y testigo evaluados bajo riego, ciclos O- I 2017-18, 2018-19, 2020-21, 2021-22 y 2022-23.

VARIEDAD	PHL (kg hl⁻¹)	DG (%)	PG (%)	PH (%)	W (x10⁻⁴ J)	PL	VP (ml⁻¹)
SAFÍN M2024	76.0	39.6	12.1	11.0	245	0.6	844
HANS F2019	76.1	38.6	12.0	11.2	375	1.2	811
NORESTE F2018	76.6	40.2	12.7	11.9	329	0.9	865
BACOREHUIS F2015	75.1	43.3	12.3	11.4	348	0.8	861
CONATRIGO F2015	77.8	43.3	12.1	11.0	361	0.8	910
BORLAUG 100	77.2	38.3	12.3	11.2	382	1.1	823
KRONSTAD F2004	77.6	38.5	12.1	11.2	375	1.0	848

PHL = peso hectolítrico; DG = dureza de grano; PG = proteína en grano; PH = proteína en harina; W = fuerza de la masa; PL = relación tenacidad-extensibilidad; VP= volumen de pan.

CONCLUSIONES

La variedad SAFÍN M2024 superó el rendimiento de grano a todos los testigos con los que se comparó del 1 % al 16 %, expresando buen comportamiento bajo riego normal y riego limitado, es resistente a las royas amarilla y de la hoja, es de gluten medio fuerte extensible adecuada para la industria de la panificación artesanal y

mecanizada en México, y se recomienda para siembras de riego en las regiones productoras del noroeste, norte, noreste y El Bajío.

AGRADECIMIENTO

Se agradece por el financiamiento parcial de las investigaciones que permitieron recopilar la información presentada a: INIFAP al proyecto Programa nacional de mejoramiento genético para generar variedades resistentes a royas, de alto rendimiento y alta calidad para una producción sustentable de trigo en México, con número SIGI: 153335532, y MasAgro-Trigo Identificación de nuevas líneas con interés para la cadena de valor de trigo en México 2018 y 2019.

LITERATURA CITADA

- CANIMOLT (Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo). (2019). Reporte Estadístico. México. CANIMOLT. México.
<https://www.canimolt.org/publicaciones?04#reportes>
- Huerta, E. J., Villaseñor, M. H. E., Carranza, G. S., Hortelano, S. R. R., Martínez, C. E. y Singh, R. P. (2023). Evolución del hongo *Puccinia striiformis* W. causante de la roya amarilla del trigo en México e identificación de fuentes de resistencia. Revista Fitotecnia Mexicana, 46 (2), 167-175.
<https://doi.org/10.35196/rfm.2023.2.167>
- Villaseñor, M. H. E. (2015). Sistema de mejoramiento genético de trigo en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Pub. Esp. 6 (11), 2183-2189.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v0i11.796>
- Villaseñor-Mir, H. E., Huerta-Espino, J., Hortelano-Santa Rosa, R, Martínez-Cruz, E., Solís-Moya, E., Alvarado-Padilla, J. I., Rodríguez-García, M. F., Borbón-Gracia, A., Cortinas-Escobar, H., Espitia-Rangel, E., de Jesús Cuéllar-Villarreal, E., Chávez-Villalba, G. y Osorio-Alcalá, L. (2022). Hans F2019: nueva variedad de trigo harinero para siembras de riego en México. Revista Fitotecnia Mexicana, 45(3), 409-411.
<https://doi.org/10.35196/rfm.2022.3.409>

Villaseñor, M. H. E., Huerta, E. J., Solís, M. E., Rodríguez, G. M. F., Martínez, C. E. y Espitia R. E. (2021). Mejoramiento genético en trigo realizado por el INIFAP desde 1985 a 2020. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Pub. Esp. 25, 27-31. [10.29312/remexca.v12i25.2809](https://doi.org/10.29312/remexca.v12i25.2809)

SELECCIÓN DE CLONES DE HULE (*Hevea brasiliensis*) PRODUCTIVOS Y PRECOCES EN LA REGIÓN CENTRAL DE VERACRUZ

Elías Ortiz Cervantes^{1*}

¹Campo Experimental El Palmar, CIR-Golfo Centro, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). México. *Autor de correspondencia: ortiz.elias@inifap.gob.mx, eliasortizcervantes@hotmail.com

RESUMEN

En la región central de Veracruz, se estudiaron 32 clones de caucho procedentes de Malasia, Indonesia, Sri Lanka, Costa de Marfil, Brasil y Guatemala. Los clones se distribuyeron bajo un diseño experimental bloques al azar con tres repeticiones y 98 árboles por unidad experimental, plantados en arreglo de 6 x 3 m. El objetivo del trabajo es seleccionar clones de rápido crecimiento y alto rendimiento de látex para las plantaciones comerciales de México. A los cuatro años de plantar los árboles, se midió su crecimiento en altura de planta (AP), circunferencia del tallo (CT) y su rendimiento de látex (RL) mediante la prueba de selección temprana llamada Hammaker-Morris-Mann (Pardekooper, 1989). Para AP los clones más sobresalientes fueron IAN-873, BPM-24 e IRCA-109, con promedios de 7.23, 7.22 y 7.12 m, respectivamente. En CT, los clones brasileños IAN-710 y IAN-873 destacaron con promedio de 31.99 y 31.55 cm, respectivamente. Después vinieron BPM-24, IRCA-109, GU-198 y PB-330, con CT de 30.67, 30.32, 29.92 y 29.91 cm, respectivamente. Los clones GT-1 y RR11-105 fueron los de menor crecimiento, con CT de 18.17 y 15.65 cm, respectivamente. El clon con el mayor rendimiento de látex fue PB-314 con 25.98 gramos por árbol por pica, seguido por PB-217, IAN-710, PB-280, IAN-873, IRCA-109, RRIM-901, RRIC-102, PB-310, BPM-24 y PB-330, con rendimientos de 14.54, 13.98, 13.96, 13.82, 13.76, 13.72, 12.92, 12.91, 12.35 y 12.32 gramos por árbol por pica, respectivamente. Los clones menos productivos fueron PB-235, GT-1, PR-261 y RR11-105, con RL de 1.29, 1.01, 0.94 y 0.61 gramos por árbol por pica, respectivamente. El clon PB-314 mostró un rendimiento promedio superior y un RL por encima de la media, por lo que podría avanzar a la siguiente

etapa de validación en las condiciones de cultivo de los productores del trópico mexicano.

Palabras clave: *Pruebas tempranas, rendimiento de hule, selección de clones, evaluación clonal y circunferencia del tallo.*

ABSTRACT

In the central region of Veracruz, 32 rubber clones from Malaysia, Indonesia, Sri Lanka, Ivory Coast, Brazil, and Guatemala are being studied. The clones are distributed under a randomized block experimental design with three repetitions and 98 trees per experimental unit, planted in a 6 x 3 m arrangement. The objective of the work is to select clones with fast growth and high latex yield for commercial plantations in Mexico. Four years after planting the trees, their growth in stem girth (CT) and their latex yield (RL) were measured using the early selection test called Hammaker-Morris-Mann (Pardekooper, 1960). For AP, the best clones were IAN-873, BPM-24 and IRCA-109, with averages of 7.23, 7.22 and 7.12 m, respectively. In CT, the Brazilian clones IAN-710 and IAN-873 stood out with an average of 31.99 and 31.55 cm, respectively. Next came BPM-24, IRCA-109, GU-198, and PB-330, with CTs of 30.67, 30.32, 29.92, and 29.91 cm, respectively. Clones GT-1 and RRIL-105 were the ones with the lowest growth, with CT of 18.17 and 15.65 cm, respectively. The clone with the highest latex yield was PB-314 with 25.98 grams per tree per tap, followed by PB-217, IAN-710, PB-280, IAN-873, IRCA-109, RRIM-901, RRIC-102, PB-310, BPM-24, and PB-330, with yields of 14.54, 13.98, 13.96, 13.82, 13.76, 13.72, 12.92, 12.91, 12.35, and 12.32 grams per tree per tap, respectively. The least productive clones were PB-235, GT-1, PR-261, and RRIL-105, with RL of 1.29, 1.01, 0.94, and 0.61 grams per tree per tap, respectively. The PB-314 clone showed a higher average yield and an RL above the average, so it could advance to the next stage of validation in the growing conditions of producers in the Mexican tropics.

Keywords: *Early test, rubber yield, clone selection, clonal evaluation and stem girth.*

INTRODUCCIÓN

El árbol del hule *Hevea brasiliensis* (Wild. ex Adr. de Juss.) Muell. Arg., es la principal fuente de hule natural, que químicamente es un cis-1,4-cis-1,4-poliisopreno, con peso molecular entre 200,000 y 800,000 y con excelentes propiedades de viscosidad, elasticidad, impermeabilidad y resiliencia. El hule natural se produce en un citoplasma lechoso (látex) de células especializadas llamadas laticíferos, es una de las macromoléculas biológicas más importantes, usadas como materia prima para la manufactura de alrededor de 50,000 productos (Denduang et al., 2015).

En México, el hule se cultiva tradicionalmente entre los 14 ° y 19 ° N de latitud y comprende principalmente los estados de Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Chiapas (Picón *et al.*, 1998). La superficie establecida es de 30 mil hectáreas, de las cuales 26,000 mil (86%) están en etapa productiva y 4 mil en etapa de desarrollo (14 %). La región sur del estado de Veracruz concentra alrededor del 52 % de la superficie nacional (SIAP, 2020). La producción nacional anual se estima en 36 mil toneladas de hule seco. En 2020, se estimó una demanda de 120,000 t, de la cual la producción nacional abastece el 30%, por lo que se importan alrededor 84,000 t anuales, con la consecuente fuga de divisas por 146 millones de dólares.

Durante muchos años, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha introducido clones reportados por Centros Internacionales de Investigación en Hule como altamente productivos, producto de las evaluaciones actualmente existen recomendaciones técnicas de material genético adecuado para establecimiento de plantaciones en diferentes regiones del país (Picón *et al.*, 1998).

En 2015, Ortiz (2015) estudió la relación entre algunas variables morfológicas y el rendimiento de látex obtenido mediante la técnica de Mendes (p-MTP) (Mendes, 1971), a los 10 meses de la plantación reportó que el clon con mayor crecimiento en altura de planta fue PB-314, mientras que en circunferencia del tallo el mayor crecimiento correspondió a IAN-873. Por otro lado, también encontró que los clones GU-198, BPM-24, IRCA-230, IAN-873 y IAN-710 fueron tolerantes a la mancha

sudamericana de la hoja causada por el hongo *Pseudocercospora ulei* (Henn.) B.T.Hora & Mizubuti. En cuanto a rendimiento de látex, PB-280 presentó el mayor promedio. Sin embargo, la información reportada es insuficiente para dar una recomendación técnica, por lo que las evaluaciones continuarán hasta que se tenga la seguridad de que los clones han alcanzado su estabilidad en crecimiento y rendimiento de látex, lo que normalmente ocurre después de los 10 años de explotación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio. El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental el Palmar (CEPAL) del INIFAP, ubicado en el municipio de Tezonapa, Ver., a los 18° 32' de latitud norte y 96° 47' de longitud oeste, a una altitud de 180 m. El clima es cálido húmedo con lluvias en verano, con una precipitación de 2,885 mm anuales. La temperatura promedio anual es de 24.4°C, con 16.1 °C y 35.4 °C, como mínima y máxima, respectivamente (Rodríguez *et al.*, 1993).

Preparación del terreno. La preparación consistió en el derribo de los árboles viejos, aprovechamiento de la madera, arranque de los tocones y limpia de troncos pequeños. Después se realizó un barbecho, dos pasos de rastra, trazo, estaquillado y hoyadura.

Clones evaluados (tratamientos). Se evalúan 32 clones, de los cuales 14 son originarios de Malasia, cinco de Indonesia, tres de Sri Lanka, tres de la India, cuatro de Costa de Marfil, dos de Brasil y uno de Guatemala (Cuadro 1).

Arreglo de plantación y diseño experimental. La plantación se trazó en marco real con 6 m entre hileras y 3 m entre plantas. La unidad experimental constó de 98 plantas, distribuidas en 7 hileras de 14 plantas y una superficie de 1,764 m². Se usó un diseño experimental bloques al azar, con 32 tratamientos (clones de hule), tres bloques y 98 plantas por unidad experimental. La superficie total del experimento fue de 16.934 hectáreas.

Variables evaluadas. En esta etapa las variables evaluadas fueron altura de planta (AP) circunferencia del tallo (CT) y rendimiento de hule (RL). El rendimiento de látex, se obtuvo mediante la prueba de H-M-M (Pardekooper, 1989) en aproximadamente 60 árboles por clon. La apertura de los árboles se realizó en semi espiral, a 1.0 m de la unión injerto-patrón, en donde se fijaron tasas recolectoras. Los cortes se realizaron en día alterno, hasta completar dos series de 10 cortes. Al final de cada serie, el coagulo se pesó para obtener el rendimiento de hule fresco, después se colocaron en estufa a 70 °C, para obtener el peso seco. Se realizaron dos series de 10 picas, con periodo de descanso de 10 días entre ellas y para el análisis se utilizó el promedio en gramos por árbol por pica.

Cuadro 1. Clones de hule evaluados (tratamientos) y sus progenitores.

Clones	Progenitores	Clones	Progenitores
RRII-105	TJIR-1 x Glenshiel-1	RRIC-100	RRIC-52 x PB-86
PB-260	PB-5/51 x PB-49	RRIC-102	RRIC-52 x RRIC-7
RRII-430	RRII-105 x RRIC-100	IRCA-130	PB 5/51 x IR-22
RRII-414	RRII-105 x RRIC-100	BPM-24	GT-1 x AVROS-1734
RRIM-600	TJIR-1 X PiIB-86	GU-198	GT-711 x FX-16
GT-1	Clon Primario	IRCA-109	PB-5/51 x RRIM-600
PB-2859	Clon Primario	IRCA-41	GT-1 x PB-5/51
PB-217	PB-5/51 x PB-6/9	IAN-710	PB-86 x F-409
PB-280	PBIG (semilla)	PB-252	PB-86 x PB-32/36
PB-312	RRIM-600 x PB-235	GV-31	Clon primario
PB-314	RRIM-600 x PB-235	PB-310	PB-5/51 x RRIM-600
PR-255	TJIR-1 x PR-107	RRIM-901	PB-5/51 x RRIM-600
PR-261	TJIR-1 x PR-107	IAN-873	PB-86X F-1717
PB-235	PB-5/51 x PB-S/78	IRCA-230	GT-1 x PB-5/51
PB-330	PB 5/51 x PB-32/36	RRIM-921	PB-5/51 x FORD-351
RRIM-712	RRIM-605 x RRIM-71	RRIC-110	LCB-1312 x RRIC-7

Análisis de la información. A los resultados obtenidos se les realizó el análisis de varianza (ANOVA) y cuando las diferencias resultaron significativas ($\alpha=0.05$) se realizó la prueba de rango múltiple de Duncan ($\alpha=0.05$) mediante el paquete estadístico SAS versión 9 (Statistical Analysis System, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ALTURA DE PLANTA (AP). Al realizar el ANOVA para la variable AP, se encontraron diferencias altamente significativas entre clones ($P<0.0001$). Los resultados se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Análisis de varianza para las variables altura de planta y circunferencia del tallo para 32 clones de hule en la región central de Veracruz

Fuente de variación	GL	Cuadrado medio del error	
		Altura de planta (AP)	Circunferencia del tallo (CT)
Repeticiones	97	1.096419*	31.5278 NS
Clones	31	155.693272**	4407.6833**
Error	8640		
Total	8768		
CV (%)		15.46	21.32

GL: Grados de libertad, **altamente significativo al 0.01% de probabilidad de error, NS: No significativo, C.V.: Coeficiente de variación.

Para determinar los mejores clones para dicha variable, se realizó la prueba de rango múltiple de Duncan ($\alpha=0.01$), los resultados se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para las variables altura de planta (AP) y circunferencia del tallo (CT) de 32 clones de hule en la región central de Veracruz.

Clon	Altura de planta (m)*		Clon	Circunferencia del tallo (cm)*	
IAN-873	7.23	A	IAN-710	31.99	A
BPM-24	7.22	A	IAN-873	31.56	BA
IRCA-109	7.12	BA	BPM-24	30.67	BC
PB-330	7.05	B	IRCA-109	30.32	C
PB-310	6.99	B	GU-198	29.92	DC
IAN-710	6.95	B	PB-330	29.91	DC
GU-198	6.74	C	PB-310	29.15	DE
IRCA-230	6.47	D	RRIC-100	28.72	E
PB-314	6.44	D	PB-314	27.23	F
RRIC-100	6.34	D	PB-252	26.46	GF
RRII-430	6.17	E	RRII-414	25.78	GH
IRCA-41	6.13	FE	RRIC-102	25.51	H
PB-217	5.99	FG	IRCA-230	25.28	H
RRIM-921	5.98	FG	PR-255	24.95	IH
PB-312	5.94	HG	RRII-430	24.82	IH
PR-255	5.91	HGI	IRCA-41	24.78	IH
RRIM-901	5.90	HGI	PB-217	24.22	IJ
PB-252	5.87	HGI	PB-280	24.22	IJ
PB-2859	5.84	HJGI	PB-312	23.95	IJK
PB-280	5.77	HJKI	RRIM-901	23.61	LJK
RRIM-600	5.73	JKI	PB-2859	23.48	LMJK
RRII-414	5.69	JK	RRIM-921	23.14	LMNK
PB-260	5.62	K	RRIC-110	22.83	LMN
GV-31	5.41	L	IRCA-130	22.59	OMN
RRIC-102	5.40	L	GV-31	22.42	ON
PB-235	5.29	L	PB-260	22.37	ON
RRIC-110	5.26	ML	RRIM-600	21.67	O
PR-261	5.25	ML	PB-235	20.27	P
IRCA-130	5.11	MN	RRIM-712	19.69	P
RRIM-712	5.02	N	PR-261	19.67	P
GT-1	4.58	O	GT-1	18.17	Q
RRII-105	4.31	P	RRII-105	15.66	R
Media general	5.96			24.84	

* Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($\alpha=0.01$).

A los cuatro años de la plantación la media general de altura de planta en el experimento fue 5.96 m. Los clones con mayor altura de planta fueron IAN-873, BPM-24 e IRCA-109, con valores de 7.23, 7.22 y 7.12 m, respectivamente. Le siguieron los clones PB-330, PB-310 y IAN-710, con AP de 7.05, 6.99 y 6.95 m, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí ($P<0.05$). Los clones RRIM-712, GT-1 y RRIL-105 tuvieron el menor crecimiento en altura de planta, con promedios de 5.02, 4.58 y 4.31 m, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí, pero si con el resto de los clones ($P<0.001$). Los clones testigo IAN-873, IAN-710 presentaron crecimientos en altura de planta arriba de la media, que los mantiene como altamente competitivos; mientras que PB-314 se ubica entre los clones sobresalientes. El clon RRIL-105, recomendado en la India para plantaciones a gran escala (IRB, 2011), presenta problemas de desarrollo. En el Cuadro 4, se presentan la prueba de comparación de medias de Duncan para la variable ($\alpha=0.05$).

CIRCUNFERENCIA DEL TALLO. A los cuatro años de la plantación, la media general de circunferencia del tallo en el experimento fue 24.84 cm. Los clones IAN-710 y IAN-873, presentaron el mayor crecimiento con 31.99 y 31.56 cm, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí ($p<0.05$). Le siguieron los clones BPM-24, IRCA-109, GU-198 y PB-330, con CT de 30.67, 30.32, 29.92 y 29.91 cm, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí. Los clones con menor CT fueron GT-1 y RRIL-105, con 18.17 y 15.66 cm, respectivamente, con diferencias significativas entre sí ($p<0.01$). Los clones testigo IAN-873 y IAN-710 fueron los más sobresalientes en CT, consolidándose como materiales altamente competitivos, considerando las variables relacionadas con el vigor, mientras que el clon RRIM-600, ampliamente distribuido en las regiones productoras del mundo presentó crecimientos abajo del promedio. El clon PB-314, recomendado en la India para el establecimiento de plantaciones a mediana escala, presentó crecimiento de CT, se ubica arriba del promedio. En el Cuadro 3, se presentan la prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha=0.05$).

RENDIMIENTO DE HULE (RL). En el Cuadro 4, se presenta el ANAVA para rendimiento de látex (RL), en donde se encontraron diferencias altamente significativas entre clones de hule ($P<0.0001$). La media general de rendimiento de hule seco fue de 9.32 gramos por árbol por pica (gap). El clon más sobresaliente durante el periodo de evaluación fue PB-314, con rendimiento promedio de 25.99 gap. Le siguieron los clones PB-217, IAN-710, PB-280, IAN-873, IRCA-109, RRIM-901, RRIC-102, PB-310, BPM-24 y PB-330, con rendimiento promedio de 14.54, 13.98, 13.96, 13.82, 13.76, 13.72, 12.92, 12.92, 12.35 y 12.32 gap, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí ($p<0.05$). Los clones menos productivos fueron PB-235, GT-1, PR-261 y RRIL-105, con rendimiento de 1.29, 1.05, 0.95 y 0.65 gap, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí ($P<0.01$). **El clon PB-314**, se recomienda para el establecimiento de plantaciones comerciales en diferentes países asiáticos y es promisorio para su establecimiento y recomendación en las diferentes regiones productoras de México, presentó más de 75 % más hule que el resto de los clones. Por otro lado, los clones testigo IAN-710 y IAN-873, siguen caracterizándose por su vigor y rendimiento arriba de la media, además de que son tolerantes a la mayoría de las enfermedades foliares y del tallo.

Cuadro 4. Análisis de varianza para rendimiento de látex (RL) en dos series de evaluación (picas) mediante la prueba de Hamaker-Morris-Mann (Pardekooper, 1989), para 32 clones de hule en la región central de Veracruz.

Fuente de variación	GL	Cuadrados medios del error		
		SERIE1	SERIE2	PROMEDIO
Repeticiones	76	10.34529 NS	47.12110 NS	33.7166 NS
Clones	31	419.89163**	2097.98136 **	1644.1385 **
Error	1776			
Total	1883			
CV (%)		49.38	62.71	58.10

GL: Grados de libertad, **altamente significativo al 1% de probabilidad de error, NS: no significativo

C.V.: Coeficiente de variación

Cuadro 5. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para la variable rendimiento de látex de 32 clones de hule en la región central de Veracruz.

Rendimiento (gramos por árbol por pica)						
CLONES	SERIE 1		SERIE 2		PROMEDIO	
PB-314	17.06	A	29.73	A	25.98	A
PB-217	8.95	EFGHI	15.06	B	14.54	B
IAN-710	11.76	BC	15.02	BC	13.98	BC
PB-280	11.81	BC	14.43	BC	13.96	BC
IAN-873	10.18	CDEF	15.23	B	13.82	BC
IRCA-109	11.24	BCD	15.56	B	13.76	BCD
RRIM-901	12.65	B	14.15	BCD	13.72	BCD
RRIC-102	8.53	EFGHIJ	14.65	BC	12.92	BCDE
PB-310	10.50	BCDE	14.01	BCDE	12.91	BCDE
BPM-24	9.43	DEFGH	13.87	BCDEF	12.35	BCDEF
PB-330	7.30	HIJKL	13.93	BCDEF	12.32	BCDEF
PB-312	9.36	DEFGH	14.64	BC	11.74	CDEFG
RRIM-921	4.22	NO	11.35	EFG	11.58	DEFG
PR-255	8.22	EFGHIJ	12.28	CDEFG	10.75	EFG
IRCA-41	9.17	DEFGHI	11.68	DEFG	10.42	G
IRCA-230	6.95	IJKL	11.33	EFG	10.14	GH
GU-198	7.43	HIJKL	11.23	FG	9.90	GHI
RRIC-110	12.16	BC	10.04	GH	9.80	GHIJ
PB-260	7.80	GHIJK	8.57	HI	8.15	HIJk
RRII-430	10.11	CDEFG	7.75	HI	8.02	IJK
RRIC-100	9.21	DEFGHI	8.12	HI	7.86	IJK
PB-2859	7.88	FGHIJK	8.65	HI	7.74	JK
IRCA-130	6.61	JKLM	7.59	HI	6.57	K
PB-252	6.36	JKLM	7.30	I	6.17	KL
RRII-414	5.21	LMNO	4.79	J	4.44	LM
RRIM-600	5.71	KLMNO	4.78	J	4.36	LM
RRIM-712	4.58	MNO	3.31	JK	3.34	M
GV-31	3.66	O	3.34	JK	3.20	M
PB-235	1.53	P	1.48	KL	1.29	N
GT-1	0.85	P	1.14	KL	1.01	N
PR-261	1.28	P	1.00	KL	0.94	N
RRII-105	0.70	P	0.62	L	0.61	N
Promedio	7.76		10.21		9.32	

CONCLUSIONES

1. El clon **PB-314**, es promisorio para el establecimiento de plantaciones comerciales de hule en México, superó en rendimiento al resto de los clones en más de 75%.
2. Los clones IAN-710 y IAN-873, estuvieron dentro de los 10 mejores clones en rendimiento y fueron los más vigorosos y tolerantes a enfermedades, por lo que se justifica seguir utilizándolos en plantaciones comerciales.
3. El clon RRIM-600, recomendado para el establecimiento de plantaciones en México y en diferentes países productores de hule, al momento de la evaluación no se ubica dentro del grupo de clones promisorios para el establecimiento de plantaciones.
4. En esta etapa del desarrollo de los clones, no se puede concluir sobre su potencial de crecimiento y rendimiento, la sugerencia es hacer la evaluación en etapas más avanzadas del desarrollo de los árboles.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias el apoyo para el establecimiento y manejo del experimento durante el periodo de evaluación.

LITERATURA CITADA

- Denduang P., Korakot N. and Charassri N. 2015. Performance and genetic assessment of rubber tree clones in Southern Thailand. Sci. Agric. v.72, n.4, p.306-313, July/August 2015.
- Indian Rubber Board. 2011. Rubber planting materials approved for 2011 (en línea). Consultado el 03 de marzo del 2013. Disponible en <http://rubberboard.org.in/tenders/Plantingmaterial2011.pdf>
- Mendes, L.O.T. 1971. Poliploidização da seringueira: um novo teste para determinação da capacidade de produção de seringueira jovem. Polímeros (Brasil) 1(1): 22-30.

- Pardekooper EC (1989) Chapter 9: Exploitation of the rubber tree. In: Webster CC and Baulkwill WL (ed) Rubber. Longman Scientific & Technical, Singapore, p. 349–414
- Picón *et al.*, 1998. Manual para la producción de hule en México. Manual técnico. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental El Palmar. 98 p.
- Rodríguez Peña, MA. 1993. Metodología estadística para evaluar clones de hule a largo plazo. INIA. Folleto Misceláneo No. 2. México. 30 p.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS 9.1.3. Cary, North Caroline, USA.
- Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP). 2018. Hule hevea, productor de látex. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap/articulos/hule-hevea-productor-de-latex?idiom=es> (30 de julio de 2020).
- Sivakumaran S. 2011. Clones establecidos en los países altamente productores de hule en el mundo. Greenyfield Berthad, Malaysia. Ponencia en XI Jornadas Latinoamericanas y IX Iberoamericanas del Caucho. Medellín Colombia.

SELECCIÓN DE POBLACIONES NATIVAS DE MAÍZ RAZA PEPITILLA MEDIANTE CARACTERÍSTICAS DE MAZORCA

Juan Estrada-Urbina¹, Aquiles Carballo-Carballo^{1*}, Fernando Castillo-González²,
Gabino García-De los Santos¹, Alejandrina Robledo-Paz¹, y Félix Valerio
González-Cossio³.

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad, orientación en Producción de Semillas. ²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad, orientación en Genética. ³Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Posgrado en Socioeconomía, Estadística e Informática, orientación en Estadística y Ciencia de Datos. *Autor para correspondencia: carballo@colpos.mx

RESUMEN

Desde la perspectiva del fitomejoramiento, la gran diversidad de maíces nativos representa un amplio acervo de genes, en el que se pueden encontrar las características adecuadas para el desarrollo de nuevas variedades de maíz. La caracterización de las variedades nativas por medio de caracteres morfológicos representa un área de oportunidad para el mejoramiento genético como criterio de selección inicial. El objetivo de este estudio fue realizar la descripción varietal de 10 poblaciones nativas de maíz raza Pepitilla de la región Norte de Guerrero, mediante características de la mazorca, como criterio de selección para el diseño de un programa de mejoramiento genético. Se efectuó la descripción varietal de las 14 características de mazorca con base en la Guía Técnica para la Descripción Varietal de Maíz y el Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Maíz; adicionalmente, se realizó un análisis de correspondencia para determinar el grado de asociación poblaciones/caracteres. Se encontró que, de las 14 características descritas, las poblaciones fueron morfológicamente similares en cinco de ellas. La menor variabilidad morfológica se presentó en longitud y diámetro de mazorca, número de granos por hilera, tipo de grano, color de grano y color dorsal del grano; la mayor variación se registró en el arreglo de las hileras de granos, así como en la coloración y en la intensidad de coloración por antocianinas en glumas de olote. Del análisis de correspondencia se encontraron cinco grupos de poblaciones, así como las características distintivas de cada Pepitilla. En suma, se logró la descripción varietal

y la selección de poblaciones de Pepitilla para establecer un programa de mejoramiento genético y la futura obtención de nuevas variedades nativas mejoradas.

Palabras clave: *Descripción varietal, Forma de la corona del grano, Color de grano, Análisis de correspondencia, conglomerados.*

ABSTRACT

In terms of plant breeding, the wide diversity of native maize varieties provides a large pool of genes in which appropriate characteristics can be found for the development of new maize varieties. Characterization of native varieties through morphological traits represents an opportunity area for breeding as an initial selection criterion. The objective of this study was to carry out the varietal description of 10 native populations of Pepitilla maize from the northern region of Guerrero, based on cob characteristics, as a selection criterion for the design of an improvement program. Varietal description was performed for the 14 ear characteristics according to the Technical Guide for the Varietal Description of Corn and the Graphic Manual for the Varietal Description of Corn; additionally, a correspondence analysis was conducted to determine the degree of association between populations/characteristics. It was found that, from the 14 characteristics described, the populations were morphologically similar in five of them. The smallest morphological variability was found in cob length and diameter, number of kernels per row, kernel type, kernel color and kernel dorsal color; the highest variation was found in the alignment of kernel rows, as well as in the coloration and intensity of anthocyanin coloration in husk glumes. The correspondence analysis revealed five groups of populations, and the distinctive characteristics of each Pepitilla. In sum, it was possible to describe and select Pepitilla populations in order to establish a breeding program for the future development of new improved native varieties.

Key words: *Varietal description, Shape of the grain tip, Grain color, Correspondence analysis, Cluster analysis.*

INTRODUCCIÓN

La raza Pepitilla es asociada principalmente al grupo de maíces dentados tropicales, cuya distribución se encuentra principalmente en las regiones intermedias y de baja altitud (CONABIO, 2020). Las características distintivas de este maíz son: grano delgado, con terminación en punta afilada en la corona; el endospermo es de tipo harinoso, y, en general, el grano es color blanco marfil; no obstante, la raza Pepitilla es una de los seis maíces que se encuentran en peligro de extinción, junto con otras razas mexicanas (Vielle-Calzada y Padilla, 2009).

Evaluar la variabilidad genética mediante caracteres morfológicos es imprescindible para distinguir las poblaciones de maíz nativo que son similares en cuanto a sus características distintivas; esta puede realizarse con la metodología de la descripción varietal que consiste en el conjunto de observaciones que permiten caracterizar a un grupo de plantas para identificarlas en todas sus características fenotípicas esenciales (Fernández, 2007). En virtud de la diversidad genética de maíces nativos en México que representa un acervo de genes en el que es posible encontrar características específicas para la obtención de variedades nativas mejoradas con alta productividad (Sánchez-Hernandez et al., 2015).

En términos del rendimiento, las variedades mejoradas han mostrado ser notablemente superiores a las nativas, pero los pequeños productores suelen preferir sus variedades locales. Esto se debe a ciertas ventajas que se han identificado en las razas nativas, las cuales en su mayoría se siembran en terrenos edafológicos más limitativos (Turrent-Fernández et al., 2012).

En el estado de Guerrero, el maíz es de suma importancia para la conservación de los recursos fitogenéticos en virtud de que la mayoría de los agricultores siembran por tradición la semilla de maíces nativos que cada ciclo colectan, detectando así que el maíz pepitilla es una de las razas que predominan en Guerrero por su potencial productivo (Estrada-Urbina, 2022). Por lo anteriormente descrito, el objetivo de este estudio fue evaluar la distinción morfológica en poblaciones nativas de maíz raza Pepitilla como criterio inicial de selección para el diseño de un programa de mejoramiento genético vegetal.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en invernaderos del Colegio de Postgraduados – Campus Montecillo (ciclo de cultivo OI-2023/2024), en Texcoco, estado de México, México (a 2200 msnm en LN 19° 27' 34.0" y LO 98° 54' 10.2") utilizando como material vegetal 10 colectas de maíz de la raza Pepitilla producidas en el ciclo de cultivo primavera-verano 2020 por productores locales del municipio de Cuetzala del Progreso, Región Norte, estado de Guerrero. Se realizó la descripción varietal de los 14 caracteres de mazorca (Cuadro 1) con base en la Guía Técnica y el Manual Gráfico para la descripción Varietal de Maíz (Carballo-Carballo et al., 2014; Carballo-Carballo et al., 2010). Para la distinción varietal y de acuerdo con la nota correspondiente del nivel de expresión que se presentó con mayor frecuencia en las diez poblaciones nativas se estimó la moda estadística; asimismo, se efectuó un análisis de correspondencia para determinar la asociación de las poblaciones con los caracteres morfológicos. Los datos fueron analizados con ayuda del programa RStudio v.4.2.2 (R Core Team, 2021).

Cuadro 1. Características de mazorca evaluadas para la selección de poblaciones nativas de maíz Pepitilla de la región Norte del estado de Guerrero, México.

No.	Carácter	Tipo de expresión
1	Longitud del pedúnculo (cm), LONPED	Cuantitativo
2	Longitud de mazorca (cm), LOMAZ	Cuantitativo
3	Diámetro de mazorca (cm), DIAMAZ	Cuantitativo
4	Forma de la mazorca, FORMAZ	Pseudocualitativo
5	Arreglo de hileras de granos, ARHIGRA	Cuantitativo
6	Número hileras de granos, NUHIGRA	Cuantitativo
7	Número de granos por hilera, NUGRAHI	Cuantitativo
8	Tipo de grano, TIGRA	Cualitativo
9	Forma de la corona del grano, FOCOGRA	Pseudocualitativo
10	Color del grano, COLGRA	Cualitativo
11	Color dorsal del grano, CODOGRA	Cualitativo
12	Color del endospermo del grano, COLENGRA	Cualitativo
13	Color por antocianinas en glumas de olote, COLANGLO	Cualitativo
14	Intensidad de color por antocianinas en glumas de olote, INCOLAGLO	Cuantitativo

Fuente: Carballo-Carballo et al., 2014.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 14 características descritas se encontró que las colectas fueron diferentes únicamente en nueve variables (Cuadro 2), por lo que las 10 poblaciones fueron morfológicamente similares en los caracteres: i) LONPED “corto” (5.1 – 14.0 cm); ii) FORMAZ “cónica”; iii) NUHIGRA “poco” (de 12 – 16 hileras); iv) FOCOGRA “puntiaguda”; y v) COLENGRA “blanco”.

En la LOMAZ se encontró que las variedades nativas PEP-2401NS, PEP-2408MS y PEP-2410RP presentaron una mazorca “muy corta” (≤ 10.0 cm), mientras en el resto se encontró que la longitud estuvo en el intervalo de 10.1 – 15.0 cm; la mayoría de las colectas presentaron un DIAMAZ “pequeño” entre 4.1 – 5.0 cm y solo en la variedad nativa PEP-2403AN se encontró el nivel de expresión “medio” para esta característica (Cuadro 2).

Por otra parte, cinco de las 10 poblaciones mostraron una disposición “irregular” ARHIGRA, en las colectas PEP-2402AG, PEP-2404LS y PEP-2407FI el arreglo fue “recto”, y en la PEP-2406GU y PEP-2409GT este fue en “espiral”. En cuanto al NUGRAHI la mitad de las colectas presentaron “muy pocos” granos (≤ 20.0) y la otra mitad “pocos” granos por hilera (21 – 30). Para el TIGRA solo la colecta PEP-2405GF fue diferente del resto en virtud de que el grano es “dentado”; en el resto el TIGRA es “semidentado”.

En el COLGRA se encontró que la población PEP-2405GF fue “blanco” mientras en las demás este fue “blanco-cremoso”. Para el CODOGRA se registró una tonalidad “blanco-cremosa” en la mayoría de los Pepitilla, pero solo en la variedad nativa PEP-2401NS el CODOGRA fue “amarillo claro”.

Para el COLANGLO se registró “presencia” de antocianinas en las poblaciones PEP-2402AG, PEP-2405GF, PEP-2406GU, y PEP-2407FI; las demás no mostraron coloración. Finalmente, solo en la población PEP-2406GU la INCOLANGLO fue “fuerte” y en la PEP-2405GF y PEP-2407FI esta fue “débil”; en las colectas restantes predominó una intensidad en color “ausente o muy débil”.

Cuadro 2. Distinción varietal mediante características de la mazorca en poblaciones nativas de maíz Pepitilla del municipio de Cuetzala del Progreso, Guerrero.

No.	Carácter	Nivel de expresión	Nota	Colecta									
				01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
1	Longitud de mazorca (cm).	Muy corta ($\leq$ 10.0)	1										
		Corta (10.1 – 15.0)	3	1	3	3	3	3	3	3	1	3	1
2	Diámetro de mazorca (cm).	Pequeño (4.1 – 5.0)	3										
		Medio (5.1 – 6.0)	5	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3
3	Arreglo de hileras de granos.	Recta	1										
		En espiral	3	4	1	4	1	4	3	1	4	3	4
		Irregular	4										
4	Número de granos por hilera.	Muy pocos ($\leq$ 20.0)	1										
		Pocos (21 – 30)	3	1	3	3	3	1	3	3	1	1	1
5	Tipo de grano.	Semidentado	3										
		Dentado	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
6	Color del grano.	Blanco	1										
		Blanco-cremoso	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2
7	Color dorsal del grano.	Blanco-cremoso	2										
		Amarillo claro	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	Color por antocianinas en glumas de olote.	Ausencia	1										
		Presencia	9	1	9	1	1	9	9	9	1	1	1
9	Intensidad de color por antocianinas en glumas de olote.	Ausente o muy débil	1										
		Débil	3	1	1	1	1	3	7	3	1	1	1
		Fuerte	7										

01 = PEP-2401NS; 02 = PEP-2402AG; 03 = PEP-2403AN; 04 = PEP-2404LS; 05 = PEP-2405GF; 06 = PEP-2406GU; 07 = PEP-2407FI; 08 = PEP-2408MS; 09 = PEP-2409GT; 10 = PEP-2410RP.

En la Figura 1 se muestra el gráfico biplot del análisis de correspondencia realizado para determinar la asociación de las poblaciones de Pepitilla con las características morfológicas. Las poblaciones se encontraron en cinco grupos: 1) PEP-2404LS, 2) PEP-2403AN y PEP-2409GT, 3) PEP-2401NS, PEP-2408MS, y PEP-2410RP, 4) PEP-2405GF y PEP-2406GU, y 5) PEP-2402AG y PEP-2407FI.

El primer grupo no mostró asociación con ninguna característica, por lo que es posible deducir que este grupo presenta amplia variabilidad morfológica con relación al resto. El segundo grupo se caracterizó por el DIAMAZ y CODOGRA. Por otra parte, el ARHIGRA mostró asociación con el tercer grupo mientras el COLAGLO e INCOLAGLO lo fue para el grupo cuatro. Finalmente, las poblaciones nativas del grupo cinco se caracterización por el NUGRAHI.

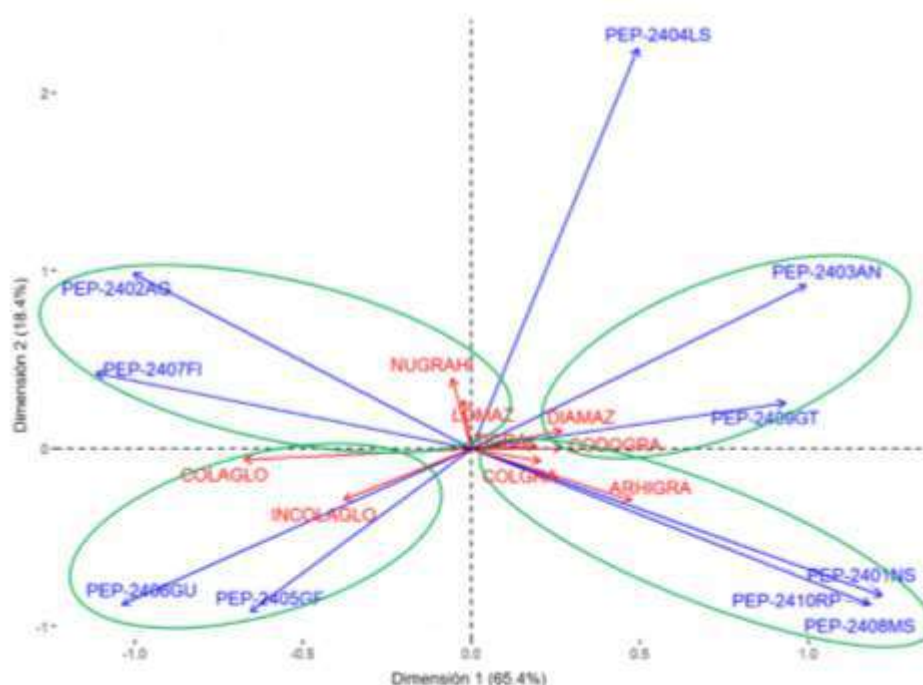


Figura 1. Gráfico biplot del análisis de correspondencia para determinar la asociación entre colectas/caracteres.

Los resultados de la descripción varietal por medio de las características de mazorca en las poblaciones de maíz Pepitilla, corresponden con lo reportado por Wellhausen (1952) quien indica que las características distintivas de este maíz son un grano delgado con un gancho filoso en la corona; con endospermo semidentado, dentado o harinoso, y grano de color blanco marfil (cremoso); las mazorcas son cónicas o cónica-cilíndricas con número de hileras de granos de 12 a 16. No obstante, la raza Pepitilla es una de los seis maíces que se encuentran en peligro de extinción en México, junto con las razas Jala, Zamorano Amarillo, Vandefño, Zapalote Grande y Motozinteco (Vielle-Calzada y Padilla, 2009). En virtud de lo

anterior, es necesario establecer esquemas de conservación para la raza Pepitilla como recurso fitogenético con importancia para el desarrollo de las zonas rurales del estado de Guerrero.

La etapa inicial del mejoramiento genético vegetal de una especie es la selección, formación y evaluación de variedades con características deseables, en la que resulta imprescindible realizar la descripción varietal para determinar la distinción con respecto a cualquier otra ya existente; la importancia de la descripción varietal radica en poder registrar una variedad ante organismos oficiales, promover su difusión y realizar adecuadamente su multiplicación, manteniendo su pureza genética (Flores-Naveda et al., 2011). Hasta la fecha, los caracteres morfológicos son los más aceptados a nivel internacional por la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) para realizar el examen de la distinción varietal (Ramírez et al., 2010). Con base en lo antes expuesto, los resultados de este estudio demuestran la relevancia de la descripción varietal como criterio inicial para la selección de poblaciones de maíz en un programa de mejoramiento genético para la obtención de una nueva variedad de la raza Pepitilla, y con ello proveer de semillas con altos niveles de calidad a los productores agrícolas de pequeña escala, como una alternativa de producción y de desarrollo social con maíces nativos mejorados.

CONCLUSIONES

Se logró identificar las características distintivas a nivel de mazorca de cada colecta de maíz Pepitilla. Con base en ello, es posible diseñar un método de mejoramiento (ej: selección masal visual estratificada) para lograr la uniformidad y estabilidad en los caracteres de cada población de maíz Pepitilla y su posterior registro como variedad nativa mejorada ante la autoridad nacional competente.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT), por asignar la beca 865799 para estudios de Doctorado en Ciencias del autor principal de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Carballo-Carballo, A., Elena-Ramírez, M., Coronado-Hernández, R., Alcázar-Andrade, J., Simental-Sánchez, F. J., Martínez-Valdés, G., Estrada-Gómez, J- A., Ramírez-Vallejo, P., Mejía-Andrade, H., Vigen-Vargas, J., Espinosa-Calderón, A., Padilla-Ramírez, R., Castillo-González, F., López-Herrera, A. y Pérez-Jerónimo, G. (2014). Guía técnica para la descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas.
- Carballo-Carballo, A., Elena-Ramírez, M., Molina-Macías, E., Chávez-Bravo, J. M. y Padilla-Vaca, E. (2010). Manual gráfico para la descripción varietal en maíz (*Zea mays* L.). 2da Edición. Colegio de Postgraduados.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2020). Pepitilla. Recuperado de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas/grupo-DentadosT/Pepitilla>. (Consultado el 21 de mayo de 2024).
- Estrada-Urbina, J. (2022). Calidad física y fisiológica en semillas de maíz raza Pepitilla de la montaña baja de Guerrero. [Tesis de Maestría en Ciencias, especialista en Producción de Semillas, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México]. *Repositorio Institucional del Colegio de Postgraduados*.
- Fernández, V. Z. (2007). Tamaño de muestra para caracterización y mantenimiento varietal en maíz. [Tesis de Maestría en Ciencias, especialista en Producción de Semillas, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México]. *Repositorio Institucional del Colegio de Postgraduados*.
- Flores-Naveda, A., Vázquez-Badillo, M. E., Borrego-Escalante, F. y Sánchez-Aspeytia, D. (2011). Análisis de la homogeneidad, distinción y estabilidad de tres variedades sobresalientes de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(1), 5-16.
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

- Ramírez, M. E., Carballo-Carballo, A., Santacruz-Varela, A., Conde-Martínez, V., Espitia-Rangel, E. y González-Cossío, F. (2010). Distinción, homogeneidad y estabilidad mediante caracterización morfológica en variedades de amaranto. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(3), 335-349.
- Sánchez-Hernández, E., De la Cruz-Lázaro, E. y Sánchez-Hernández, R. (2015). Productividad y caracterización varietal de maíces nativos (*Zea mays* L.) colectados en Tabasco, México. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 1(1), 7-15.
- Turrent-Fernández, A., Wise, T. A. y Garvey, E. (2012). Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México. *Mexican Rural Development Research Reports*, 24, 1-36.
- Vielle-Calzada, J. P. y Padilla, J. (2009). The Mexican Landraces: Description, Classification and Diversity. In Bennetzen J, L., Hake S, C. Eds. *Handbook of Maize: Its Biology*. New York. Springer. Pp. 543–561.

SINALOMEX-2018 NUEVA VARIEDAD DE GARBANZO DE ALTO RENDIMIENTO PARA LAS REGIONES PRODUCTORAS DE MÉXICO

Víctor Valenzuela-Herrera¹, Milagros Ramírez Soto¹, Jorge Alberto Acosta Gallegos², Pedro Francisco Ortega Murrieta³, Gustavo Adolfo Fierros Leyva³, Isidoro Padilla Valenzuela⁴, Raúl Hipólito Saucedo Acosta⁵, Franklin Gerardo Cota Rodríguez⁵

1. INIFAP. Campo Experimental Valle de Culiacán, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Carretera Culiacán-Eldorado Km. 17.5 C.P.80000. Culiacán, Sinaloa, México.. Campo Experimental Bajío, INIFAP, Carr. Celaya-San Miguel Allende, Celaya, Guanajuato INIFAP-Campo Experimental Norman E. Borlaug.. Calle Norman E. Borlaug km 12. Cd. Obregón, Sonora. 4Campo Experimental. Costa de Hermosillo, Hermosillo, Sonora 5Campo experimental Valle del Fuerte INIFAP valenzuela.victor@inifap.gob.mx

RESUMEN

Sinalomex-2018 se evaluó en 28 localidades de México, en los Valles agrícolas de Sonora (Costa de Hermosillo, Valle del Yaqui y Valle del Mayo), Sinaloa (Valle del Fuerte y Valle de Culiacán), El Bajío (Celaya, Gto) y Baja California Sur (Valle de Santo Domingo); en los ciclos de otoño-invierno de 2011-2012, 2012-2013 y 2013-2014; reportando en promedio, un rendimiento de 2.2.ton/ha comparado con 2.10 ton/ha de Blanco Sinaloa-92. la variedad mayormente sembrada. Sinalomex-2018 posee en promedio de todas las localidades y años calibre de grano de 43 granos/30g mientras que Blanco Sinaloa 92 presenta 46 granos/30g, lo que indica mayor tamaño de grano para Sinalomex-2018. Por otro lado, Sinalomex-2018 produce 93% de grano exportable (que se obtiene al pasar el grano por una criba de 9mm), mientras que Blanco Sinaloa 92 presenta 88% de grano exportable, en promedio de las 28 localidades evaluadas. La variedad Sinalomex-2018 posee moderada resistencia a la enfermedad denominada rabia causada por el principal hongo causante de la enfermedad *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceris* raza 5y *Fusarium solani* por las evaluaciones realizadas en invernadero bajo condiciones controladas de reacción a la infección

Palabras claves: *Cicer arietinum* L., *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceris* raza 5

ABSTRACT

Sinalomex-2018 was evaluated in 28 locations in Mexico, in the agricultural valleys of Sonora (Hermosillo Coast, Yaqui Valley and Mayo Valley), Sinaloa (Fuerte Valley and Culiacan Valley), El Bajío (Celaya, Gto) and Baja California Sur (Santo Domingo Valley); in the fall-winter cycles of 2011-2012, 2012-2013 and 2013-2014; reporting an average yield of 2.2 ton/ha compared to 2.10 ton/ha of Blanco Sinaloa-92, the most widely planted variety. Sinalomex-2018 has an average grain size of 43 grains/30g for all locations and years, while Blanco Sinaloa 92 has 46 grains/30g, which indicates a larger grain size for Sinalomex-2018. On the other hand, Sinalomex-2018 produces 93% of exportable grain (obtained by passing the grain through a 9mm sieve), while Blanco Sinaloa 92 has 88% of exportable grain, on average for the 28 locations evaluated. The Sinalomex-2018 variety has moderate resistance to the disease called rabi caused by the main fungus that causes the disease *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceris* race 5 and *Fusarium solani* according to the evaluations carried out in a greenhouse under controlled conditions of reaction to the infection

Keywords: *Cicer arietinum* L., *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceris* race 5

INTRODUCCIÓN

El cultivo del garbanzo durante el ciclo otoño-invierno, es una de las mejores opciones dentro de los cultivos de grano anual en el noroeste de México, por su bajo consumo de agua y competitividad. La producción de garbanzo en el noroeste de México se basa en la obtención de grano de alta calidad, lo que ha dado fama mundial al garbanzo mexicano. Gran parte de este éxito se debe al desarrollo de variedades con las características de grano que requiere el mercado internacional, y que en su proceso de producción muestran tolerancia a las enfermedades de la raíz conocida como “rabia” o fusariosis del garbanzo. El mejor ejemplo de este tipo de variedades es Blanco Sinaloa-92 que ha permitido que el garbanzo mexicano se exporte a más de 40 países, siendo España, Argelia e Italia los principales compradores del garbanzo (Manjarrez *et al.*, 2004). Además de Blanco Sinaloa-92

(Gómez *et al.* 2003), recientemente se han liberado las variedades Suprema-03 (Gómez *et al.*, 2003) para Sinaloa y Costa 2004 (Morales *et al.*, 2005) para Sonora. Sin embargo, la presión de los competidores de garbanzo blanco grande en el mercado internacional, demandan la generación de nuevas variedades con características superiores que permitan competir eficientemente en el sector de mercado internacional que atiende México. El trabajo de mejoramiento genético en los estados de Sinaloa y Sonora, ha permitido liberar más de 20 variedades comerciales de garbanzo con características de grano que demanda el mercado internacional, además de presentar tolerancia a la enfermedad conocida como “rabia” del garbanzo, causada por un complejo de hongos *Fusarium oxysporum f. sp. Ciceris* y *Fusarium solani* (Manjarrez *et al.*, 2010; Jiménez *et al.*, 2011). Como resultado de los trabajos de mejoramiento genético para formar variedades de garbanzo blanco con características superiores que permitan competir en el mercado internacional, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en México, libero la variedad comercial “Sianlomex-2018”. La producción de garbanzo de esta variedad permitirá competir con el garbanzo producido en otros países, debido a que presenta características similares al de Blanco Sinaloa-92.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sinalomex-2018 es una variedad de garbanzo blanco tipo kabuli que se originó de la cruce simple Cuga-424 x Tequi Blanco 98. Cuga-424 es una línea avanzada del programa de mejoramiento del Campo Experimental Valle de Culiacán de grano claro y de rugosidad media de ciclo intermedio con alto potencial de rendimiento. Tequi Blanco 98 es una variedad originada en el Campo Experimental Costa de Hermosillo, de porte semierecto de alta ramificación, de ciclo tardío, grano grande y rugosidad marcada (Morales, 1999). Sinalomex-2018 como línea avanzada experimental se denominó Cuga09-3105 seleccionada en el 2009. A partir de la primera generación de segregación (F2) se cosecho en forma masal (M) seleccionando por tamaño de grano (grande) hasta la cuarta generación. En la generación (F5-F6) se realizó selección individual, la cual correspondió a la planta No. 5 en la localidad de Los Mochis, Sinaloa. En las generaciones F6 y F7 se

cosecho en forma masal seleccionando por uniformidad en las características de la planta y calibre de grano. Su genealogía completa es IIGa.05.1-M-M-M-5LM-M-M.

Sinalomex-2018 se evaluó en parcelas de validación en el noroeste de México, durante los ciclos agrícolas otoño-invierno de 2011-2012, a 2015-2016. Sinalomex-2018 ha mostrado mayor adaptación al Valle de Culiacán, Sinaloa, por lo cual se propuso como nueva variedad de manera especial para esta área, aunque puede adaptarse a las diferentes regiones de producción de garbanzo.

Descripción varietal

Se registraron los descriptores fenotípicos más importantes que identifican a la variedad “Sinalomex-2018” de acuerdo a los lineamientos de la Unión Internacional para la Protección de Organismos Vegetales (UPOV, 2024) (Cuadro 1.). La planta de Sinalomex-2018 posee tallos de hábito semierecto, ligeramente más caído que el de la variedad Blanco Sinaloa-92. El follaje es verde oscuro y la hoja es de tipo compuesta con foliolos grandes, ovalados, de color verde semiopaco la flor es de color blanco y su vaina es de tamaño grande, midiendo en promedio 28 x 15 mm (Figuras 1 y 2).

Cuadro 1. Descriptores de la variedad de garbanzo Combo-743, *Cicer arietinum* L.

Estructura	Característica	Descripción
Planta	Ramificación	Media
Planta	Altura	Media
Tallo	Porte de planta	Semierecto
Hoja	Color de follaje	Verde oscuro
Hoja	Tipo	Compuesta
Hoja	Forma de la hoja	Ovalada
Flor	Color	Blanca
Foliolo	Longitud	Grande
Vaina	Tamaño	Grande
Vaina	Color	Verde claro
Vaina	Curva	Media
Planta	Madurez	Intermedia-tardía
Grano	Color	Blanco cremoso
Grano	Forma	Rugosidad pronunciada



Figura 1. Forma, color de hoja y flor de garbanzo de Sinalomex-2018.



Figura 2. Forma y color de vaina de Sinalomex-2018.

Calibre y rendimiento de grano

El tamaño promedio del grano de Sinalomex-2018 es de 74-78 gramos/100 semillas, equivalente a un calibre de 43 semillas/30 gramos de peso. Su grano es de color blanco cremoso, de rugosidad pronunciada, similar a la de Blanco Sinaloa-92 (Figura 3).



Figura 3. Grano de Sinalomex-2018.



Figura 4. Etapa vegetativa de la variedad Sinalomex-2018 con su máxima ramificación.

El promedio de las evaluaciones en ensayos regionales de rendimiento y validaciones para la zona del noroeste fue de 2,540 kg/ha de Sinalomex-2018 comparado con 2,206 kg/ha de Blanco Sinaloa-92 en los ciclos de evaluación. Sinalomex-2018 presenta grano más grande y en consecuencia un mayor porcentaje de grano para exportación 97%, con un calibre promedio de 42 vs. 95-96% de Blanco sinaloa-92 con calibre promedio de 41 (Cuadros 2).

CONCLUSIONES

Esta variedad presenta un rendimiento superior a los 300 kg/ha en comparación con la variedad mayor mente sembrada Blanco Sinaloa-92, por lo que se espera que tenga buena aceptación entre los productores. y se encuentra en el registro del Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) con número provisional 3797-GRZ-022-120918/C (SNICS, 2023).

LITERATURA CITADA

- Gómez, G. R. M., Gómez, G. L. y Salinas, P. R. A. 2003. Blanco Sinaloa-92, variedad de garbanzo blanco para exportación. SAGARPA-INIFAP-CIRNO-C.E. Valle de Culiacán. Folleto Técnico No. 24. 12p.
- Jiménez Díaz, R. M.; Jiménez Gasco, M. M.; Landa, B. B.; Castillo, P. and Navas Cortes, J. A. 2011. Fusarium wilt of Chickpea. *In*: compendium of Chickpea and lentil diseases. Chen, W. Sharma, H. C., and Muehlbauer, F. J. eds. APS Press. St. Paul, MN. 160 p.
- Manjarrez S. P., R. M., Gómez G., R. A. Salinas P. y J. L. Armenta S. 2004. Blanco Sinaloa-92: Caso exitosa del mejoramiento genético de garbanzo en Sinaloa. SAGARPA-INIFAP-CIRNO-C.E. Valle de Culiacán. Folleto para Productores No. 52.
- Manjarrez, S. P., Gómez. G. L. y Salinas, P. R. A. 2010. Formación de variedades de garbanzo para exportación. En; avances de investigación 2009 del CEVACU. Publicación especial No. 12. INIFAP. 87 P.
- Morales-Gómez, J.A. 1999. Tequi Blanco 98 y Desierto 98. Nuevas variedades de garbanzo para sonora. SAGAR-INIFAP produce. Centro de Investigación

- Regional del Noroeste. Campo Experimental Costa de Hermosillo, Folleto Técnico No. 20. 18 p.
- Morales G. J. A., P. Manjarrez S., N. Castillo T., R. A. Salinas P., L. Montoya C., I. Padilla V. 2005. Costa 2004: nueva variedad de garbanzo blanco para la Costa de Hermosillo. SAGARPA-INIFAP-CIRNO-C. E. Costa de Hermosillo. Folleto Técnico No. 28.
- Ortega Murrieta, P., Fierros Leyva, G., Padilla Valenzuela, I., Valenzuela Herrera, V., Acosta-Gallegos, J., Gutierrez Pérez E., Velarde Félix S., y Rodríguez Cota F. (2017). Blanoro, nueva variedad de garbanzo blanco de grano extra grande para exportación. Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas, 7(1), 209-216.
- SNICS 2023. Catálogo Nacional de Variedades Vegetales. <http://www.sagarpa.gob.mx/snics/default.html> consultado el 03 de marzo de 2019.
- UPOV, 2005. Guidelines for the Conduct of Tests for Distinctness, Homogeneity and Stability of *Cicer arietinum* L. http://www.upov.int/index_en.html.
- Valenzuela, H.V. 2012. Formación de variedades de garbanzo blanco, de hábito erecto y resistentes a rabia para Sinaloa. In: 206-210 Memoria Anual Ejercicio Operativo 2011-2012. Fundación Produce Sinaloa. Culiacán, Sin. 391 p.

TÉCNICAS *IN VITRO* PARA EVALUAR LA FERMENTACIÓN RUMINAL: UN ENFOQUE EN LA DEGRADABILIDAD Y PRODUCCIÓN DE GAS

María Guadalupe Pascacio-Sebollon¹, Amaury Ábrego-Gacía^{2*}, Gustavo Gerardo Medina-Mendoza³, Alejandra G. Yáñez-Vergara⁴, José Luis Escobar Álvarez², Patricia López Perea²

¹Estudiante de pregrado, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México ²Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-CEBAJ, Celaya, Guanajuato, México, ³Investigador, Departamento de Biotecnología y Bioingeniería, CINVESTAV-IPN, Ciudad de México, México, ⁴Investigadora, Programa Transdisciplinario en Desarrollo Científico y Tecnológico para la Sociedad, CINVESTAV-IPN, Ciudad de México, México *Autor de correspondencia: abrego.amaury@inifap.gob.mx

RESUMEN

Aunque los estudios en animales (*in vivo*) proporcionan información con mayor relevancia fisiológica y metabólica, las técnicas *in vitro* son esenciales para evaluar preliminarmente dietas o alimentos. Estas técnicas han acelerado nuestra comprensión sobre la digestión y fermentación ruminal, contribuyendo a la optimización de la productividad animal y la mitigación de los gases de efecto invernadero (GEI). El objetivo de este trabajo es presentar una revisión de las técnicas de fermentación ruminal *in vitro*. En general, estas técnicas son opciones simples, rápidas y de menor costo; sin embargo, sus principales limitaciones son propias de sistemas de digestión anaerobia cerrados y la incapacidad de simular el comportamiento de alimentación animal. Así, la selección de una técnica apropiada requiere una evaluación cuidadosa de los objetivos del investigador, ya que cada técnica revisada tiene pros y contras inherentes. La prueba *in vitro* en lote o *batch*, (IVB) y el sistema de producción de gas RF (SPG) de Ankom son técnicas valiosas para evaluar la producción de gas, metano y la degradabilidad de los alimentos. Por otro lado, la incubadora Ankom Daisy II es un equipo eficiente para estudios sobre degradabilidad ruminal. No obstante, hacen falta esfuerzos de estandarización que permitan la reproducibilidad de estas técnicas entre laboratorios.

Palabras clave: alimentos, digestión anaerobia, digestores, estandarización

ABSTRACT

Although animal-based studies (*in vivo*) provide the information with the highest physiological and metabolic relevance, *in vitro* techniques are still essential to assess diets and feedstuffs for initial screenings. These techniques have accelerated our understanding of digestion and fermentation in the rumen, contributing to the optimization of animal production and the mitigation of greenhouse gases. The objective of this work is to present a review of the *in vitro* rumen fermentation techniques. Overall, these techniques are simple, fast, and low cost options; however, their main limitations are the closed systems characteristics and the inability to simulate animal feeding behavior. Selecting the appropriate technique requires careful evaluation of the investigator's aims, as each technique reviewed has inherent pros and cons. The *in vitro* batch (IVB) and Ankom RF Gas Production System (AGPS) are valuable techniques to assess gas production, degradability, and methane production. On the other hand, Ankom Daisy II incubator is an efficient apparatus for studies on rumen digestibility. Nonetheless, standardization efforts are crucial to increasing the robustness and reproducibility of these techniques across laboratories.

Keywords: Anaerobic, digestors, feedstuffs, standardization

INTRODUCCIÓN

El primer reporte sobre la técnica de fermentación ruminal *in vitro* se publicó en la primera mitad del siglo XX (base de datos Scopus). Desde entonces, estas técnicas se han empleado para investigación en la nutrición y la microbiología de rumiantes, por ejemplo, para evaluar la degradabilidad ruminal de los alimentos (Zain et al., 2024), la cinética de la producción de gas (Shi et al., 2022) y aditivos alimenticios (Ábrego-García et al., 2022).

En general, existen dos tipos de técnicas *in vitro*: sistemas continuo y discontinuo. Ambos son rápidos y de bajo costo, además, presentan menos restricciones bioéticas en comparación con los experimentos con animales. Cabe destacar que las técnicas *in vitro* permiten una buena reproducibilidad debido al control sobre los factores que causan variaciones en la fermentación ruminal (Deitmers et al., 2022). Sin embargo, las desventajas son: (i) no se contempla el comportamiento

alimentario del animal, y (ii) desde el punto de vista termodinámico, el proceso de fermentación ruminal *in vivo* es un sistema abierto y semicontinuo con intercambios materiales significativos de reacciones químicas entre el fluido, la fase gaseosa, la microbiota ruminal y el torrente sanguíneo (transporte a través de membranas biológicas) del animal (Boles y Cengel, 2024;). Por el contrario, los ensayos *in vitro* son sistemas cerrados donde solo ocurren intercambios entre los microorganismos y las fases líquida-gaseosa de los digestores (Vinyard y Faciola, 2022). A pesar de la controversia anterior, pocas revisiones describen las técnicas actualizadas para estudiar la fermentación ruminal *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda sistemática utilizando la base de datos Scopus con las siguientes palabras clave: (*in vitro*) and (rumen or ruminant*) and (fermentation) desde 2018 hasta 2023. Se encontraron 1845 artículos y en función de estos resultados, se realizó una regresión lineal para ver la tendencia del uso de la técnica. El modelo fue robusto ($R^2 = 0.87$, R^2 ajustado = 0.84, $P < 0.0066$) y mostró un aumento de 27 artículos nuevos/año que utilizan alguna técnica *in vitro* de fermentación ruminal (Figura 1). Posteriormente, se filtraron los artículos revisión y se revisaron características, fortalezas y debilidades de las técnicas IVC, SGP de Ankom y la incubadora Ankom Daisy II.

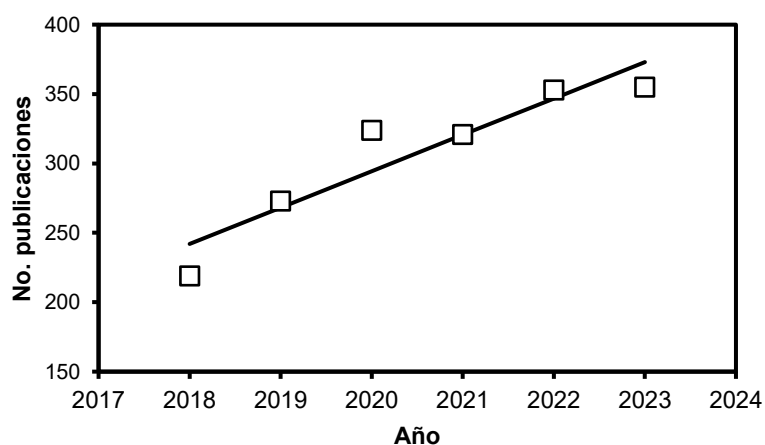


Figura 1. Análisis de regresión lineal de artículos publicados de 2018 a 2023 de acuerdo con la base de datos Scopus.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las técnicas de fermentación ruminal *in vitro* intentan replicar las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del rumen. En primer lugar, el medio de cultivo de estas técnicas se formula para el crecimiento anaeróbico de microorganismos ruminales (inóculo): pH neutro, el potencial redox (-350 a -400 mV), la materia seca de 12 %, fase gaseosa (CO₂, 65%; CH₄, 27% y N₂, 7%) y micronutrientes. En segundo lugar, se utilizan biodigestores para mantener la temperatura de fermentación y simular la motilidad ruminal (Arowolo et al., 2022).

Técnicas de fermentación ruminal in vitro

In vitro en lote o *batch*. Esta técnica de fermentación con microorganismos ruminales se realiza con una sola adición de nutrientes e inóculo durante un corto período de tiempo. De esta manera, la técnica IVB es una herramienta importante para alimentos no convencionales, aditivos y dietas contrastantes (Ábrego-García et al., 2024; Kang et al., 2024). En la nutrición de rumiantes, la evaluación de alimentos u otros, a menudo se lleva a cabo en el siguiente orden: lote > sistemas continuos > ensayos en animales antes de la decisión final y su implementación en el mercado de la nutrición animal (Danielsson et al., 2017; Vinyard y Faciola, 2022).

La técnica IVB es el primer paso para determinar si una determinada intervención en la dieta (por ejemplo, aditivos anti metanogénicos) es adecuada o podría representar un riesgo potencial para el ganado, incluidos los asociados con la toxicidad, la salud y los parámetros de rendimiento (Debevere et al., 2020; Ábrego-García et al., 2022). La evaluación *in vivo* es la forma más confiable de estudiar las características de la fermentación ruminal. Sin embargo, este es un método complejo, de alto costo y aún no disponible para muchos investigadores a nivel mundial (Hammond et al., 2016), esto podría explicar porque la técnica IVB es utilizada ampliamente para estudios de fermentación ruminal (Yáñez- Ruiz et al., 2016; Vinyard y Faciola. 2022;). Además, para esta técnica no se requieren personal especializado. Los pasos clave del protocolo incluyen: secado y molido del alimento, recolección del fluido ruminal, ajuste de la relación solución mineral reducida: fluido ruminal, muestreo de gas, recolección de muestras para analizar productos finales

de fermentación, análisis de microbiota y degradabilidad (Yáñez- Ruiz et al., 2016; Ábrego-García et al., 2021). Con respecto al digestor, se utiliza una botella serológica de 50 a 120 mL que es capaz de soportar una presión de 2 atm. Para facilitar anaerobiosis, las botellas son selladas con tapones de goma y aros de aluminio. Para medir el volumen de gas, se utilizan manómetros, salmuerómetros y jeringas de vidrio calibradas, así como técnicas de cromatografía y métodos volumétricos para la determinación de metano (Boshagh y Rostami, 2020). Además, es fácil tomar muestras de los frascos para determinar los ácidos grasos volátiles (AGV), el lactato y el nitrógeno amoniacal dentro de las botellas (Ábrego-García et al., 2024).

El SPG RF de Ankom es un equipo automatizado para medir la producción de gas durante la digestión anaeróbica basado en los principios de fermentación por lote (Cornou et al., 2013). Este sistema consta de un matraz (módulo de producción de gas) con sensores de presión y salida de gas automatizada. Las muestras (dieta) se pesan comúnmente (1 - 6 g) en bolsas de nailon (tamaño de poro de 50 μ m). La preparación del medio se realiza de la siguiente manera: una mezcla de inóculo ruminal y solución tampón fosfato-bicarbonato (1:1 v/v), esto se coloca en un matraz (capacidad: 100, 250, 500 y 1000 mL) y se incuba a 39 °C durante 24 o 48 h, como se describe en el Cuadro 1 (Castro et al., 2019)

Cuadro 1. Comparación de las técnicas *in vitro* para evaluar la fermentación ruminal

	IVB	SPG Ankom	Incubadora Daisy
Medio (L)	K ₂ HPO ₄ , 0.45; KH ₂ PO ₄ , 0.45; (NH ₄) ₂ SO ₄ , 0.45; NaCl, 0.90, MgSO ₄ , 0.18; CaCl ₂ , 0.12; Na ₂ CO ₃ , 4 (g/L). Cysteina sulfido solución 20, 1 resazurina (mL/L).	Buffer A (g/L) (KH ₂ PO ₄ , 10; MgSO ₄ •7 H ₂ O, 0.5; NaCl, 0.5; CaCl ₂ •2 H ₂ O, 0.1, y urea 0.5). Buffer B (Na ₂ CO ₃ , 15.0 y Na ₂ S•9 H ₂ O, 1.0).	Buffer A (g/L). K ₂ HPO ₄ , 10; MgSO ₄ •7H ₂ O, 0.05; NaCl, 0.5; CaCl ₂ •2H ₂ O, 0.1; Urea, 0.05. Buffer B (g/L). Na ₂ CO ₃ , 15 y Na ₂ S •9H ₂ O, 1
Duración	24 h	24 h	48 h
Parametros comunes	Cinética de producción de gas, CH ₄ , VFA, degradación de la MS y FDN, lactato y NH ₃ -N.	Cinética de producción de gas, pH, degradación de la MS, NH ₃ -N, y AGV	Degradación de la MS, MO y FDN
Fortalezas	Bajo costo de inversión, alto rendimiento, ideal para estudios a corto plazo.	La recolección automatizada de gas reduce el error humano y proporciona datos precisos.	Alta capacidad de muestra (92/corrida), adecuado para instalaciones más pequeñas.
Debilidades	La acumulación de gases y AGV puede provocar imprecisiones en estudios a largo plazo	Alto costo, posible fuga de gas, menos rentable para laboratorios pequeños.	Dificultad para mantener las condiciones anaeróbicas, posible sobreestimación de la degradabilidad.
Referencias	Yáñez- Ruiz et al., 2016; Ábrego-García et al., 2022.	Ankom, 2023; Garrett et al., 2021.	Ankom, 2023; Itavo et al., 2021.

Un sensor de presión envía una señal (lectura) y se envía a una computadora mediante transmisiones de radiofrecuencia (Ankom, 2023). El gas se libera automáticamente cuando se selecciona un intervalo de registro en espacios de 48 o 72 h o a una presión de gas específica (5,17 kPa) dentro del matraz. Cabe resaltar

que se pueden tomar rápidamente una muestra de gas para determinar la concentración de metano en el espacio gaseoso a través de un septo de las botellas (Ankom, 2023). El manual de operaciones de Ankom (2023) proporciona un modo estándar para el análisis de los datos de producción de gas mediante la ley de los gases "ideales" y la ley de Avogadro, respectivamente.

Incubadora Daisy II de Ankom. Esta es un aparato sencillo, económico y eficiente para determinar la degradabilidad de la materia seca, la materia orgánica y la fibra detergente neutra (FDN) de los alimentos por microorganismos del rumen a diferentes tiempos de incubación (Coblentz y Akins, 2019). Además, esta incubadora se puede utilizar para estudios de degradación en animales no rumiantes (Battelli et al., 2020). Esta incubadora es controlada termostáticamente, cuenta con cuatro frascos de vidrio. Cada uno tiene un agitador perforado para dividir en dos partes los frascos y un septo para evitar la acumulación de gases (Alende et al., 2018). Inicialmente, una muestra de alimento (base seca) se pesa y se deposita en bolsas de filtro de nailon (porosidad de 25 μm) para mezclarla con el inóculo ruminal, solución buffer y solución mineral (Tabla 1). Los frascos se incuban y se rotan (aproximadamente 0.95 rpm) durante el período de incubación que varía de 1 a 4 días.

CONCLUSIONES

Las técnicas de fermentación ruminal *in vitro* son ampliamente utilizadas a nivel global, especialmente en el campo de la nutrición de rumiantes. Ofrecen una opción simple, rápida y de menor costo para comprender los procesos de digestión y fermentación del rumen. Sin embargo, sus desventajas son: (i) las características de los sistemas de digestión anaerobia cerrados y (ii) la incapacidad de contemplar el comportamiento alimentario del animal. IVB y el sistema de producción de gas RF (SPG) de Ankom son técnicas valiosas para evaluar la producción de gas, metano y la degradabilidad de los alimentos. Por otro lado, la incubadora Ankom Daisy II es un equipo eficiente para estudios sobre degradabilidad ruminal. Sin embargo, se necesita esfuerzos de estandarización para aumentar la robustez y reproducibilidad de estas técnicas entre laboratorios, considerando cuestiones

físico-químicas. Finalmente, las variables y parámetros nuevos o no convencionales para la fermentación ruminal *in vitro* requieren validación en ensayos basados en animales.

LITERATURA CITADA

- Ábrego-García, A., Medina-Mendoza, G. G., & Miranda-Romero, L. A. (2024). The Anti-Methanogenic Activity of Lovastatin in Batch Cultures Using Rumen Inoculum from Sheep, Goats, and Cows. *Fermentation*, 10(8), 393. doi.org/10.3390/fermentation10080393
- Abrego-Gacia, A., Poggi-Varaldo, H. M., Mendoza-Vargas, A., Mercado-Valle, F. G., Rios-Leal, E., Ponce-Noyola, T., & Calva-Calva, G. (2021). Effects of fermented oat straw as a lovastatin carrier on in vitro methane production and rumen microbiota. *Frontiers in Energy Research*, 9, 630701. doi.org/10.3389/fenrg.2021.630701
- Ábrego-García, A., Poggi-Varaldo, H. M., Robles-González, V. S., Ríos-Leal, E., Ponce-Noyola, T., Calva-Calva, G., Estrada-Bárceñas, D.A., & Mendoza-Vargas, A. (2022). Inhibición in vitro de la metanogénesis ruminal de una dieta alta en grano con lovastatina. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 38. doi.org/10.20937/rica.54342
- Alende, M., Lascano, G. J., Jenkins, T. C., Koch, L. E., Volpi-Lagreca, G., & Andrae, J. G. (2018). Comparison of 4 methods for determining in vitro ruminal digestibility of annual ryegrass. *The Professional Animal Scientist*, 34(3), 306-309. doi.org/10.15232/pas.2017-01688
- Ankom. (2023). ANKON RF gas production system. Operator's manual. https://www.ankom.com/sites/default/files/2023-10/RF_Manual_102523.pdf
- Arowolo, M. A., Zhang, X. M., Wang, M., Wang, R., Wen, J. N., Hao, L. Z., ... & Tan, Z. L. (2022). Proper motility enhances rumen fermentation and microbial protein synthesis with decreased saturation of dissolved gases in rumen simulation technique. *Journal of Dairy Science*, 105(1), 231-241. doi: 10.3168/jds.2021-20165.

- Battelli, M., Rapetti, L., Rota Graziosi, A., Colombini, S., Crovetto, G. M., & Galassi, G. (2020). Use of undigested NDF for estimation of diet digestibility in growing pigs. *Animals*, 10(11), 2007. doi: 10.3390/ani10112007.
- Boles, M., & Cengel, Y. (2014). An engineering approach. New York: McGraw-Hill Education.
- Boshagh, F., & Rostami, K. (2020). A review of measurement methods of biological hydrogen. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(46), 24424-24452. doi: 10.1016/j.ijhydene.2020.06.07
- Castro-Montoya, J. M., & Dickhoefer, U. (2019). The use of filter bags in combination with an in vitro system to evaluate forage degradation in mixed substrates. *Animal Feed Science and Technology*, 249, 46-53. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2019.01.014
- Coblentz, W.K., & Akins MS. (2019) Comparisons of fiber digestibility for triticale forages at two different sample sizes using the ANKOM daisy incubator II system. *Journal of Dairy Science*, 102(1), 202. doi.org/10.3168/jds.2019-16681
- Cornou, C., Storm, I. M. D., Hindrichsen, I. K., Worgan, H., Bakewell, E., Yañez-Ruiz, D. R., Abecia, L., Tagliapietra, F., Cattani, M., Ritz, C., & Hansen, H. H. (2013). A ring test of a wireless in vitro gas production system. *Animal Production Science*, 53(6), 585-592. doi.org/10.1071/AN12091
- Danielsson, R., Ramin, M., Bertilsson, J., Lund, P., & Huhtanen, P. (2017). Evaluation of a gas in vitro system for predicting methane production in vivo. *Journal of dairy science*, 100(11), 8881-8894. doi:10.3168/jds.2017-12675
- Debevere, S., Schatzmayr, D., Reisinger, N., Aleschko, M., Haesaert, G., Rychlik, M., Croubels, S., & Fievez, V. (2020). Evaluation of the efficacy of mycotoxin modifiers and mycotoxin binders by using an *in vitro* rumen model as a first screening tool. *Toxins*, 12(6), 405. <https://doi.org/10.3390/toxins12060405>
- Deitmers, J. H., Gresner, N., & Südekum, K. H. (2022). Opportunities and limitations of a standardisation of the rumen simulation technique (RUSITEC) for analyses of ruminal nutrient degradation and fermentation and on microbial

- community characteristics. *Animal Feed Science and Technology*, 289, 115325. doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115325.
- Garrett, K., Beck, M. R., Marshall, C. J., Logan, C. M., Maxwell, T. M. R., Greer, A. W., & Gregorini, P. (2021). Effects of incorporating plantain, chicory, and alfalfa into a ryegrass-based diet on in vitro gas production and fermentation characteristics. *Appl Animal Science* 37:367–376. doi.org/10.15232/aas.2021-02170
- Hammond, K. J., Crompton, L. A., Bannink, A., Dijkstra, J., Yáñez-Ruiz, D. R., O’Kiely, P., Kebreab, M. A., Eugene, Z., Yu, K.J., Shingfield, A., Schwarm, A. N., & Hristov, C. K. (2016). Review of current in vivo measurement techniques for quantifying enteric methane emission from ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 219, 13-30. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2016.05.018
- Itavo, L. C. V., Ítavo, C. C. B. F., Valle C. B., Dias, M. A., Difante, G. S., Morais, M. G., Soares, C. M., Pereira, C. S., & Oliveira, R.L. (2021). Brachiaria grasses in vitro digestibility with bovine and ovine ruminal liquid as inoculum. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(4): 1045-1060. doi.org/10.22319/rmcp.v12i4.5294
- Kang, R., Lee, H., Seon, H., Park, C., Song, J., Park, J. K., ... & Park, T. (2024). Effects of diets for three growing stages by rumen inocula donors on in vitro rumen fermentation and microbiome. *Journal of Animal Science and Technology*, 66(3), 523. doi: 10.5187/jast.2023.e109.
- Shi, T., Zhang, T., Wang, X., Wang, X., Shen, W., Guo, X., ... & Jiang, Y. (2022). Metagenomic Analysis of in Vitro Ruminal Fermentation Reveals the Role of the Copresent Microbiome in Plant Biomass Degradation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(38), 12095-12106. doi: 10.1021/acs.jafc.2c03522.
- Vinyard, J. R., & Faciola, A. P. (2022). Unraveling the pros and cons of various in vitro methodologies for ruminant nutrition: a review. *Translational Animal Science*, 6(4), txac130. doi: 10.1093/tas/txac130.
- Yáñez-Ruiz, D. R., Bannink, A., Dijkstra, J., Kebreab, E., Morgavi, D. P., O’Kiely, P., Reynolds, C. K., Schwarm, A., Shingfield, K. J., Yu, Z., & Hristov, A. N. (2016).

Design, implementation and interpretation of in vitro batch culture experiments to assess enteric methane mitigation in ruminants—a review. *Animal Feed Science and Technology*, 216, 1-18. doi:10.1016/j.anifeedsci.2016.03.016

Zain, M., Tanuwiria, U. H., Syamsu, J. A., Yunilas, Y., Pazla, R., Putri, E. M., Makmur, M., Amanah, U., Shafura, P. O., & Bagaskara, B. (2024). Nutrient digestibility, characteristics of rumen fermentation, and microbial protein synthesis from Pesisir cattle diet containing non-fiber carbohydrate to rumen degradable protein ratio and sulfur supplement. *Veterinary World*, 17(3), 672. doi: 10.14202/vetworld.2024.672-681

TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE CHILE EN MICROCUENCAS PLÁSTICAS

Luis Febronio Díaz-Espino¹[£], Alfredo Arévalo Valenzuela¹, Talina Olivia Martínez-Martínez¹, Luis Eduardo Cossío-Vargas¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, km 6.5., Carr. Celaya-San Miguel de Allende 38110, Celaya Guanajuato, México. [£]autor de correspondencia: diaz.luis086@gmail.com

RESUMEN

Se ha observado que los métodos de cálculos de riego son poco eficientes en el cálculo de los volúmenes de agua y frecuencias de riego, dando como resultado en el cultivo estrés hídrico. Por ello, en este trabajo se decidió establecer una tecnología de producción de chile ancho var. San Luis bajo sistema de riego por goteo con microcuencas plásticas, este sistema se comparó con una siembra tradicional. Los resultados indicaron que con el riego por goteo y utilizando las cuencas plásticas las pérdidas de agua fueron del 5.26% lo que significó que la planta de chile para formar tallos, raíces, hojas y fruto necesitó $5,700 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$: sin embargo, se tuvieron pérdidas de agua por infiltración de $299.82 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, dando un total de $5,999.82 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de agua. Mientras que con el sistema normal la demanda hídrica fue también de $5700 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, además de las pérdidas por infiltración de $2850 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, con un total de $8,550 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Bajo estos resultados, el uso las microcuencas de plástico resulta idóneo para el ahorro de agua en la producción de chile.

Palabras clave: Riego, estrés, uso consuntivo, microcuencas plásticas

ABSTRACT

The irrigation calculation methods are inefficient in calculating water volumes and irrigation frequencies, resulting in water stress in the crop. Therefore, in this work it was established a technology for the production of ancho chili (San Luis) under a drip irrigation system with plastic micro-basins. This system was compared with

normal production system. The results indicated that with drip irrigation and using plastic basins, water losses were 5.26%, which meant that the chili plant needed 5,700 m³ ha⁻¹ to form stems, roots, leaves and fruits: however, water losses due to infiltration were 299.82 m³ ha⁻¹, giving a total of 5,999.82 m³ ha⁻¹ of water. While with the normal system, the water demand was also 5700 m³ ha⁻¹, in addition to infiltration losses of 2850 m³ ha⁻¹, with a total of 8,550 m³ ha⁻¹. Under these results, the use of plastic micro-basins is ideal for saving water in chili production.

Keywords: *Irrigation, stress, consumptive use, plastic microwatersheds*

INTRODUCCION

Durante la conducción de los trabajos de uso y manejo del agua en el proyecto 65/99 B (Ríos, 1999), se observó que los volúmenes de agua y frecuencias de riego determinados por el modelo de simulación dinámico causaban estrés al cultivo por no haber correspondencia entre la demanda hídrica del cultivo y lo calculado. Existen diversos cultivos que mantienen una importancia económica relevante para nuestro país, motivo por el cual se hace necesario el uso eficiente de agua, además de los escasos hídrica que actualmente se tiene a nivel mundial. Uno de estos cultivos es el chile que tiene tan solo en el 2023 mantuvo un valor de producción de \$45,977,653 MDP (SIAP, 2024). La producción de esta hortaliza requiere tecnologías que permitan el uso eficiente del agua de tal forma que se retenga el agua y se reduzca su evaporación. Autores como López-López *et al.* (2015) señalaron el sistema de acolchado plástico y riego por goteo como una alternativa para aumentar la producción de chile habanero bajo y el uso eficiente de agua. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de microcuencas plásticas en chile para eficientizar el uso del agua e impedir su percolación hacia el subsuelo.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se estableció en el ciclo Primavera-Verano 2003, en el Campo Experimental Bajío, Guanajuato, con diseño de bloques al azar con 6 repeticiones y 2 tratamientos, goteo normal y goteo + microcuencia plástica. El tamaño de parcela fue de 48.6 m² (1.52 m x 32 m) y se cosecho la misma superficie (Figura 1).

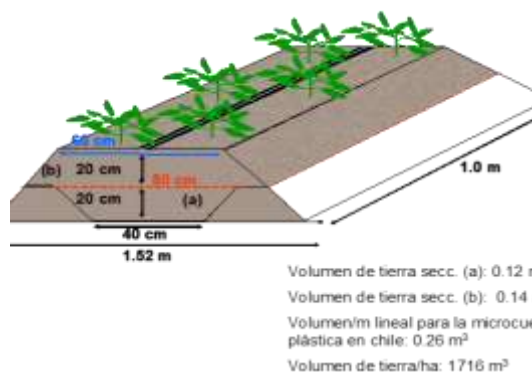


Figura 1. Diseño gráfico de microcuenca plástica.

Las camas de siembra se formaron con bordeador después de la preparación normal del terreno (barbecho, 2 rastras, nivelación y surcado) y posteriormente se instaló el plástico en donde se requería para las microcuencas (Figura 2) quedando estas con las mismas acotaciones. Para la instalación de la microcuenca plástica se uso una máquina diseñada en el C.E. Bajío (Figura 3).



Figura 2. Proceso de microcuenqueado.



Figura 3. Proceso de fabricación de la maquinaria empleada para el experimento.

El establecimiento de las plantas se realizó de forma manual con una densidad de 26,400 plantas ha^{-1} (Figura 4). Los riegos se determinaron por el método gravimétrico al 60 % de la humedad aprovechable. Se determinó la sobrevivencia de plantas y rendimiento de frutos por ha. También se evaluó la incidencia de plantas con síntomas. Para el análisis de datos se empleó un análisis de varianza y comparación de medias, se empleó el paquete estadístico SAS.



Figura 4. Aspecto general del cultivo de chile en la microcuenca plástica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 5, muestra el volumen de agua utilizada en la producción de chile con riego de goteo y goteo + microcuenca plástica en la cual se puede apreciar que con la microcuenca se tiene un ahorro de agua de 3041 m³/ha (Palacios 1963).

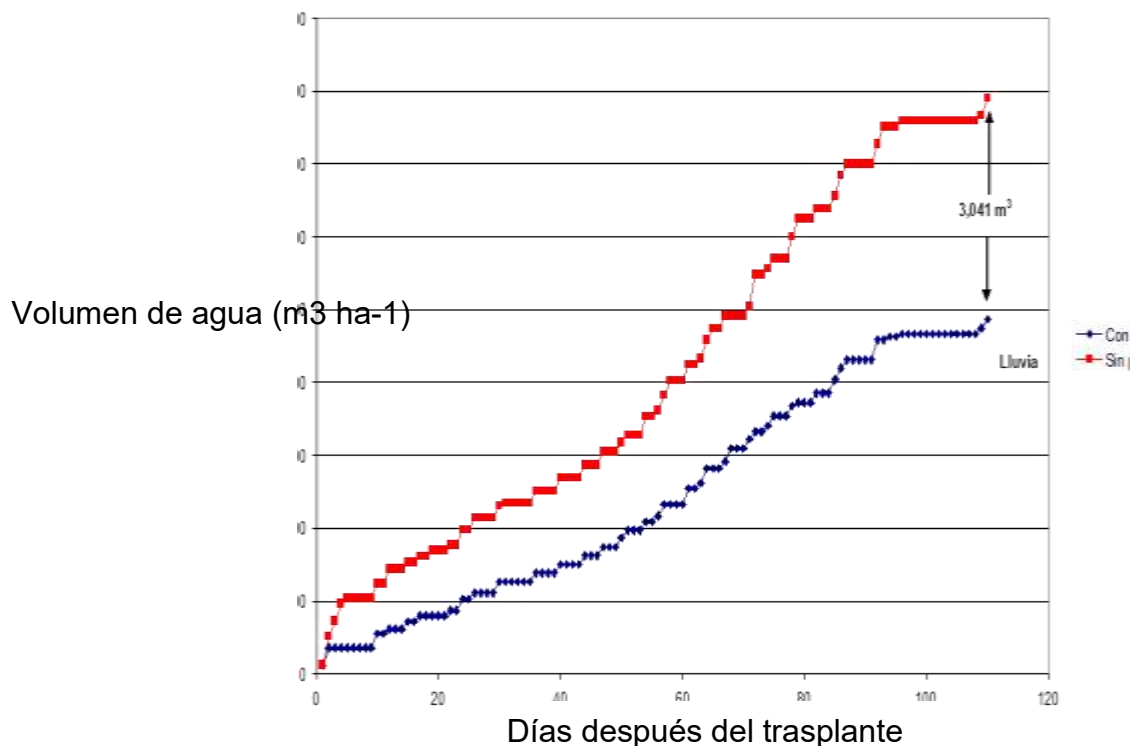


Figura 5. Volumen de agua para el cultivo de chile en microcuenca plástica

Así mismo con este último método el intervalo de riego en días es de 3.07 mientras que con el goteo normal fue de 2.66 días. En cuanto a horas de riego por días con goteo normal fue de 4.44 horas y con goteo + microcuenca plástica fue de 3.15 horas y en el tiempo total de horas de riego para el primero fue de 200 horas y para el segundo de 123 teniendo un ahorro de 77 horas de riego.

En el tiempo que se utilizó el agua del subsuelo para regar el chile se utilizaron 7909 m³ con el goteo normal y con goteo + microcuenca plástica 4868 m³ teniendo un ahorro de agua del 38.44% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tiempo y volumen de agua para producir chile con dos técnicas de manejo. CEBAJ 2005.

No.	Método	Intervalo de Riego (Días)	Horas de riego *		m ³ / ha	Ahorro (%)
			/ día	Total		
1	Goteo Normal	2.66	4.44	200	7909	
2	Goteo + Microcuenca plástica	3.07	3.15	123	4868	38.44

* Con bomba de 1HP

En el Cuadro 2 se muestra el rendimiento y la eficiencia del agua con las dos técnicas de manejo para producir chile. En cuanto a plantas enfermas el análisis no mostro diferencia significativa pero numéricamente y contrario a lo que se pensaba hubo un menor número de plantas enfermas en el goteo + microcuenca plástica. En este el rendimiento supero al de goteo normal y el análisis indico diferencia altamente significativa.

La eficiencia del agua también rebaso ampliamente al goteo normal necesitando solamente 0.159 m³/kg equivalente a un 48% más de eficiencia.

Cuadro 2. Rendimiento de chile y eficiencia de agua con dos técnicas de manejo. CEBAJ 2005.

No.	Método	Plantas enfermas (%)	Tukey (0.05)	Rend. (kg/ha)	Tukey (0.05)	m ³ de agua/kg
1	Goteo Normal	15.57	a	25,813	b	0.306
2	Goteo + Microcuenca plástica	13.64	a	30,611	a	0.159
C.V.=19.8				C.V.=5.48		

En cuanto al incremento de salinidad se pudo apreciar que con la microcuenca hay un mayor incremento en la conductividad eléctrica al final de la producción ya que en esta fue de un 66% y con goteo normal de un 31% aproximadamente, (Levit, 1972).

CONCLUSIONES

La utilización de la microcuenca plástica en el goteo es una innovación tecnológica confiable para el ahorro de agua en Chile, ya que la eficiencia del ensayo preliminar del 2003 y la experimental del 2005 fueron más o menos iguales teniéndose que para producir 1 kg de Chile en el primero se necesitan 0.168 m³ y para el segundo 0.159 m³.

El ahorro de agua es de un 38.44% comparado con el goteo normal y se tiene un incremento en producción del 15.6% aproximadamente.

De lo que se observó en el incremento de sólidos totales se requiere deslindar cuanto corresponde a agua y cuantos a nutrientes con el fin de reducir el uso de fertilizante y precisar técnicas de manejo de agua para evitar acumulaciones salinas que perjudiquen a la utilización de la microcuenca plástica y rotación de cultivos.

Es necesario dar continuación a esta investigación ya que falta el diseño de la maquinaria para el establecimiento de la microcuenca plástica.

Se requiere también la combinación de la microcuenca plástica con coberturas vegetales y plásticas para evitar la fuga de humedad por evaporación y tener un mayor ahorro del agua de riego.

LITERATURA CITADA

- Aguilera, C.M. 1986. Relaciones Agua-Suelo-Planta. Dpto. De Irrigación U.A.CH. Dep. De Irrigación, U.A.CH. Méx. 321 P. <http://www.biblioteca.uach.cl/>
- Burgueño, H. 1996. La Fertigación; Los elementos minerales de la fertilización y su relación suelo-planta; dosificación y tiempo de aplicación de los elementos fertilizantes. Tesis. Universidad Autónoma Antonio Narro.
- Levit, J. 1972. Responses Of Plant To Environmental Stresses. Academic Press New York and London. P 323-567. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1106090>

- López, L. R.; Inzunza, I. M. A.; Sánchez, C. I.; Fierro, A. A. and Sifuentes, I. E. 2015. Water use efficiency and productivity of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) based on two transplanting dates. *Water Sci. Technol.* 71(6):885-891.
- Palacios, V.E. 1963. Fórmula Para Obtener La Curva De Retención De Humedad De Un Suelo En Función De La Capacidad De Campo Y El Punto De Marchitamiento Permanente. S.M.C.S. Mem. 1er Congreso. <https://agriperfiles.agri-d.net/research>.
- Ríos, R. S. 1999. Seminarios técnico-científicos. SAGARPA. INIFAP. CEBAJ. <https://www.gob.mx/inifap>.

TIEMPO DE ACCIÓN DE *Beauveria bassiana* EN EL CONTROL DE *Plutella xylostella*

Juan Pablo Soto Camarillo¹, Anabel Flores-Lee², Yareli Alejandra Velasco León³ y Luis Patricio Guevara-Acevedo⁴

¹Estudiante de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, Cuitzeo de los Naranjos CP 36976, Los Naranjos, Abasolo, Gto. ² ³Docente de ingeniería en innovación agrícola sustentable. Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, Cuitzeo de los Naranjos, CP 36976, Los Naranjos, Abasolo, Gto. ⁴Docente del Tecnológico Nacional de México-Roque, Km 8 Carretera J. Rosa-Celaya, CP 38110 Celaya, Gto.

Autor de correspondencia: AS21110138@tecabasolo.edu.mx

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el tiempo de acción de la cepa de *Beauveria bassiana* en el control de *Plutella xylostella* generando una aposición a las prácticas comunes en el control de plagas. El proyecto se estableció en el Instituto Tecnológico Superior de Abasolo. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos y un testigo: *Beauveria bassiana* cepa L.P.G.A, *Beauveria bassiana* comercial, producto químico a base de permetrina y un testigo de agua destilada utilizando 30 larvas por tratamiento. Se evaluó el porcentaje de control y el tiempo de acción cada 24 horas. Se obtuvo como resultado que el tratamiento de la cepa de *Beauveria bassiana* obtuvo un control igual al producto químico sin mostrar diferencias estadísticamente significativas, por lo que se comprobó la eficiencia de *Beauveria bassiana* en el control de larvas de *Plutella xylostella*.

Palabras clave: Plagas, insecticidas, control biológico, resistencia y microorganismos

ABSTRACT

The research objective was to evaluate a *Beauveria bassiana* strain in the *Plutella xylostella* control, providing an alternative to common pest control practices. The

project was conducted at the Instituto Tecnológico Superior de Abasolo. A completely randomized experimental design was used with three treatments and a control: *Beauveria bassiana* strain L.P.G.A, commercial *Beauveria bassiana* product, a chemical permethrin based product and a control with distilled water, using 30 larvae per treatment. The control percentage and the time action were evaluated every 24 hours. The results indicated that the treatment with the *Beauveria bassiana* strain achieved control equivalent to the chemical product without showing statistically significant differences, confirming the efficiency of *Beauveria bassiana* in controlling *Plutella xylostella* larvae.

Key word: Pest, insecticides, biological control, resistance and microorganisms

INTRODUCCIÓN

Plutella xylostella ha sido identificada como una de las plagas más nocivas de las crucíferas alrededor del mundo ya que afecta a un rango muy amplio de especies. Esta plaga tiene una excelente capacidad de adaptación a diferentes condiciones de clima, por lo que se ha convertido en un insecto cosmopolita (Padilla, 1990).

Para el control de la palomilla dorso de diamante, se aplican insecticidas en diversos cultivos de brassicaceas. En algunos países tropicales, es común mezclar productos no selectivos y aplicarlos hasta dos veces por semana. Este uso excesivo promueve la resistencia de la plaga, elimina enemigos naturales, contamina el medio ambiente y genera altos costos (Furlong et al., 2013). Muchos productos químicos aplicados contra este lepidóptero no han logrado el control esperado Talekar y Shelton, (1993).

Para revertir el uso inadecuado de los productos químicos, existen algunas alternativas que son amigables con el medio ambiente y que no permiten que los insectos desarrollen resistencia, un ejemplo de ellos es el control biológico mediante microorganismos entomopatógenos, tal como algunas especies de bacterias, hongos, nematodos y virus.

Beauveria bassiana es un hongo que ha demostrado ser eficaz en el control biológico de insectos en el ámbito agrícola (Chiriboga et al., 2015). Se caracteriza por tener un color blanco que puede cambiar a amarillento o incluso rojizo. La parte inferior puede ser incolora, de un amarillo pálido o rosada, y produce conidios en forma de racimos (Zimmerman, 2007). Por lo tanto, el propósito de este proyecto de investigación fue analizar a *Beauveria bassiana* como un agente de control biológico en las larvas L1 de la palomilla dorso de diamante.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico Superior de Abasolo (ITESA), en el área de laboratorios. Se evaluaron larvas de *Plutella xylostella*, recolectadas y transportadas a jaulas entomológicas para su reproducción, proporcionándoles alimento y luz. Se realizó una resiembra de una cepa de *Beauveria bassiana*, facilitada por el Dr. Luis Patricio Guevara Acevedo, del Instituto Tecnológico de Roque en Celaya, Guanajuato. Para la producción en arroz, se llenaron frascos con 100 gramos de arroz de la marca Campo Santo®, que fueron sellados con tapones de algodón y gasas. Luego, los frascos se sometieron a esterilización en la autoclave durante una hora a 121°C y 1.5 atmósferas. Tras dejar enfriar a temperatura ambiente, se inocularon con trozos del medio de cultivo con crecimiento de *B. bassiana*, para permitir su desarrollo durante 25 días. Transcurrido este tiempo, se realizó un conteo de esporas en cámara de Neubauer, utilizando diluciones seriadas a partir de 100 ml de agua esterilizada y 100 g de arroz con crecimiento del hongo entomopatógeno, conforme a la metodología de Vélez et al. (1997), generando una muestra 10^4 para el conteo de esporas. Se seleccionaron larvas L1 de la palomilla dorso de diamante, infectadas por inmersión durante 3 segundos, conforme a la metodología de Espinosa y Vallejos (2016). Posteriormente, las larvas inoculadas se colocaron en cajas Petri para su monitoreo cada 24 horas. Se estableció un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos: *Beauveria bassiana* cepa L.P.G.A, *Beauveria bassiana* comercial, un producto químico a base de permetrina y un testigo con agua estéril,

utilizando 30 larvas por tratamiento, con un total de 120 larvas. Se evaluó el porcentaje de control y el tiempo de acción de cada tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tiempo de acción

Veinticuatro horas posteriores a la aplicación de los tratamientos

Se consideraron muertas las larvas que no mostraron movimiento al ser manipuladas. El modelo reveló diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, destacando que la cepa *Beauveria bassiana* tuvo un efecto notable a las 24 horas. El tratamiento testigo, que recibió la letra (A), no mostró mortalidad, lo que fue favorable. El tratamiento T2 obtuvo letras (A) y (B), indicando que es intermedio y diferente del testigo, pero no de T1 y T3. Los tratamientos T3 y T1 recibieron la letra (B), sin diferencias significativas entre ellos, aunque T3 (Permetrina) fue más efectivo en el control de larvas a las 24 horas. López – Sánchez (2021) menciona que la rápida germinación de *B. bassiana* es una característica de las cepas virulentas, ya que, si se facilitan las condiciones de humedad y temperatura propicias, aumentan la rapidez en el crecimiento del hongo, reportando en su investigación un control efectivo de *B. bassiana* a las 24 horas del 51.7%, aunque las diferencias significativas no fueron las mismas entre sus tratamientos.

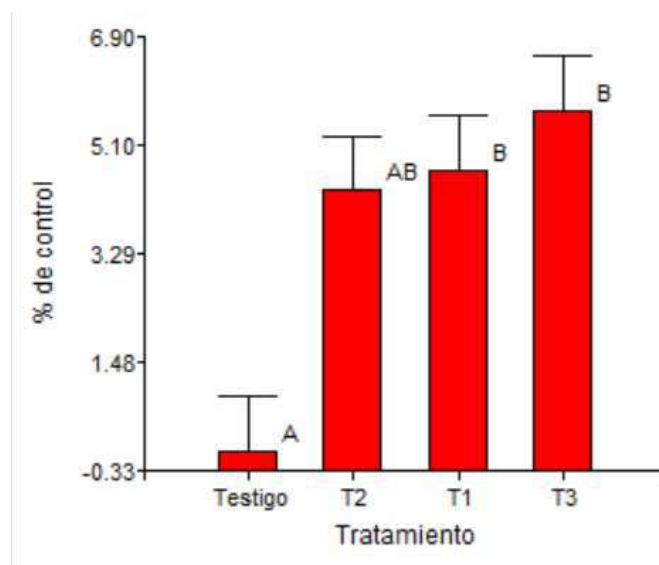


Figura 1 - Porcentaje de control, análisis de varianza (ANOVA), primeras 24 horas.

Cuarenta y ocho horas posteriores a la aplicación de los tratamientos

A las 48 horas, el tratamiento testigo recibió la letra (A), indicando que no hubo mortalidad y que es significativamente diferente de los demás. El tratamiento T2 obtuvo letras (A) y (B), manteniéndose intermedio, sin ser significativamente diferente al testigo, pero generando cierta mortalidad, aunque menor que T1 y T3. Por lo tanto, T2 tiene cierta efectividad, pero no suficiente. Los tratamientos T1 y T3 mantuvieron la letra (B), mostrando que son significativamente diferentes de los tratamientos testigo y T2, lo que indica un efecto positivo en la mortalidad de la plaga, sin diferencias significativas entre ellos. Bacca y Lagos (2014) reportaron un control del 53.55% a las 48 horas con *Beauveria bassiana* en larvas de *Galleria mellonella*, sin diferencias significativas entre tratamientos, lo que garantiza la efectividad del hongo.

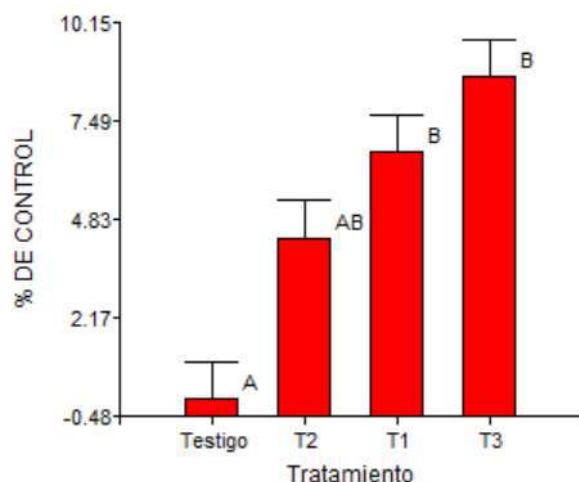


Figura 3 - Porcentaje de control, análisis de varianza (ANOVA), 48 horas.

Setenta y dos horas posteriores a la aplicación de los tratamientos

El tratamiento testigo recibió la letra (A), indicando que no hubo mortalidad y que es significativamente diferente de los demás. Los tratamientos T2, T1 y T3 obtuvieron la letra (B), lo que significa que mostraron mortalidad significativamente diferente al testigo, pero no hay diferencias significativas entre ellos en términos de efectividad. Los resultados indican que T1, T2 y T3 son eficaces para controlar larvas de *Plutella xylostella*, siendo más efectivos después de 72 horas. Gonzáles et al. (2017) reportaron un control del 78.5% y 85% en sus tratamientos de *B. bassiana*, sin diferencias significativas, excepto en el testigo, que no mostró larvas muertas, confirmando la efectividad del hongo entomopatógeno sobre larvas de lepidópteros.

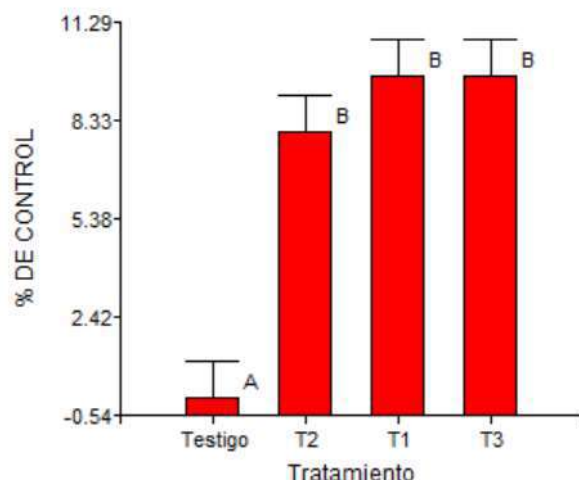


Figura 4 - Porcentaje de control, análisis de varianza (ANOVA), 72 horas.

CONCLUSIONES

La evaluación de la efectividad de los tratamientos aplicados para el control de larvas de *Plutella xylostella* mostró resultados prometedores, destacando la cepa de *Beauveria bassiana* (T1) como la más eficaz, alcanzando un control del 95% a las 72 horas. Comparado con el tratamiento comercial de *Beauveria bassiana* (T2), que presentó un control inferior, y el tratamiento químico con permetrina (T3), que mostró resultados similares a T1, se establece que el uso de hongos entomopatógenos puede ser una alternativa viable y efectiva en el manejo de plagas. Los análisis estadísticos revelaron diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos aplicados, confirmando la efectividad de los tratamientos, especialmente bajo las condiciones adecuadas de humedad y temperatura. Los resultados sugieren que la implementación de *Beauveria bassiana* en programas de control integrado de plagas podría ser beneficiosa e igual de efectiva sustituyendo a los productos químicos, contribuyendo a un enfoque más sostenible en la agricultura.

LITERATURA CITADA

Bacca, T., & Lagos, T. C. (2014). Efecto de *Beauveria bassiana* y del entomonemátodo *Steinernema sp.* sobre larvas de *Galleria mellonella*. Boletín Científico. Centro de Museos. *Museo de Historia Natural*, 18(1), 247-258.

- Chiriboga, H., Garcés, K., Gómez, G., (2015). Protocolos para formulación y aplicación del bio-insumo *Beauveria bassiana*, hongo entomopatógeno para el control biológico de hormigas cortadoras (ysaú).
- Espinosa, G. C., & Vallejos, F. L. (2016). Desarrollo de formulaciones bioplaguicidas a base de *Beauveria bassiana* (Bals & Vuils) con materiales sólidos y líquidos (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria).
- Furlong, M. J.; Wright, D. J.; Dosdall, L. M. 2013. Diamondback moth ecology and management: problems, progress, and prospects. *Annual Review of Entomology*, 58(1): 517-541.
- [González, H. L., Sánchez, C. W. A., López, J. W. G., Malca, R. M., & Vásquez, J. M. V. \(2017\). Patogenicidad de *Beauveria bassiana* \(bals\) Vuill., sobre el gusano barrenador del loche *Diaphania hyalinata* \(Lepidoptera: Pyralidae\) en laboratorio. *UCV Hacer*, 6\(2\), 73-79.](#)
- López - Sánchez, L. A. D. Y. (2021). Bioensayo para el control de la garrapata (*Rhipicephalus microplus*) de bovino utilizando diluciones del hongo *Beauveria bassiana*, manta, 2021 (Doctoral dissertation).
- Padilla, M. (1990). Evaluación de alternativas de manejo de *Plutella xylostella* L., en el cultivo de repollo (*Brassica oleracea* var. *capitata*) en Honduras. [Tesis de doctorado, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano]. Tegucigalpa (Honduras).
- Talekar, N. S., Shelton, A. M. (1993) Biology, ecology, and management of the diamondback moth. *Annu Rev Entomol* 38:275–30.
- Vélez, P.E., Posada, F.J., Marín., González, M.T., Osorio, E., y Bustillo, A.E. (1997). Técnicas para el control de calidad de formulaciones de hongos entomopatógenos.
- Zimmerman, G. (2007). Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*. *Biocontrol Science and Technology*, 17 (556), 553-596.

TRANSCRIPTÓMICA DE AJO (*Allium sativum* L.) PARA LA IDENTIFICACIÓN DE QUINASAS INDUCIDOS POR *Streptomyces* spp.

¹González-Frías MC; ²Sánchez García BM; ²Heredia-García E; ²Villordo Pineda E. y ²Mora-Avilés MA.

¹Universidad Politécnica de Guanajuato. Avenida Universidad Sur 1001, C.P. 38496. Cortazar, Guanajuato, México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Bajío. Carretera Celaya-San Miguel de Allende km 6.5. Celaya, Guanajuato, México. C. P. 38110. *Autor de correspondencia:

mora.alejandra@inifap.gob.mx

RESUMEN

El ajo (*Allium sativum* L.) es una de las hortalizas más rentable a nivel nacional. La vulnerabilidad de los genotipos de ajo a factores bióticos ha limitado su potencial de rendimiento. La incidencia de pudrición de bulbo está directamente relacionada con la presencia de patógenos. Hasta el momento no se cuenta con un sistema eficiente de control de patógenos en suelo por lo que se ha optado por microorganismos antagonistas de amplio espectro. En el presente estudio, el transcriptoma de ajo, inoculado con *Streptomyces* spp., fue secuenciado para conocer los genes involucrados en mecanismos de señalización múltiple durante la detección de patógenos, en presencia de microorganismos benéficos, y compararlos en ausencia de los mismos, en tres tiempos posteriores a la aplicación de *Streptomyces* spp. Los transcritos se compararon con bases de datos como referencia, para identificar las familias quinasas. Se obtuvieron un total de 1 549 (0.92 %) unigenes las cuales se analizaron mediante Uniprot, Tair entre otras. La familia de receptores tipo quinasas (RLK) fue la más sobresaliente ya que se encontraron un total de 288 unigenes con expresión diferencial en relación con el estrés biótico. Se identificaron genes de interés al expresarse en los tres tiempos del tratamiento como LECRK82, probable proteína quinasas similar al receptor de repetición rico en leucina inactiva At1g66830, CPK28 y AHK5. Una subexpresión podría indicar regulación en la planta como LYK3, el cual es un regulador negativo de la defensa de las plantas. Esto sugiere el

potencial de *Streptomyces* al inducir genes de defensa de la familia quinasa en plantación de ajo a nivel de campo.

Palabras clave: *Allium sativum*, *Streptomyces* spp., Bioinformática, ARN-seq, expresión diferencial.

ABSTRACT

Garlic (*Allium sativum* L.) is one of the most profitable vegetables at a national level. The vulnerability of garlic genotypes to biotic factors has limited its yield potential. The incidence of bulb rot is directly related to the presence of pathogens. To date, there is no efficient system for controlling pathogens in soil, so broad-spectrum antagonistic microorganisms have been chosen. In the present study, the transcriptome of garlic, inoculated with *Streptomyces* spp, to determine the genes involved in multiple signaling mechanisms during the detection of pathogens, in the presence of beneficial microorganisms, at three different times after the application of *Streptomyces* spp. Transcripts were compared to reference databases to identify kinase families. 1 549 (0.92%) were analyzed using Uniprot, and Tair, among others, to identify those specifically involved with biotic stress. The family of receptor-like kinases (RLK) was the most outstanding since 288 unigenes had differential expression concerning biotic stress. This family also presented more overexpressed genes. Genes of interest were identified as expressed at the three treatment times, such as LECRK82, XA21, CPK28, and AHK5. An under-expression could indicate regulation in the plant, such as LYK3, which is a negative regulator of plant defense. This suggests the potential of *Streptomyces* to induce defense genes of the kinase family in garlic plantations at the field level.

Keywords: *Allium sativum*, *Streptomyces* spp., Bioinformatics, ARN-seq, differential expression.

INTRODUCCIÓN

El ajo (*Allium sativum* L.) es una de las hortalizas más rentables a nivel nacional, el cual se cultiva en 21 entidades de México (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021), entre las primeras se encuentra Guanajuato con una producción de más del 90% (Morales-González *et al*, 2019). Sin embargo, las pérdidas anuales de producción y almacenamiento de ajo como resultado de enfermedades pueden variar desde vestigios hasta el 50 % o más, dependiendo de la ubicación, el medio

ambiente, el cultivo huésped y los agentes causales involucrados (Schwartz y Mohan, 2008).

Las proteínas quinasas constituyen una de las familias de genes más grandes en los genomas de plantas. Son responsables de las fosforilaciones y juegan un papel relevante en la transmisión de señales (Romero y Martínez, 2022). Al agregar grupos fosfato a las proteínas sustrato, las proteínas quinasas controlan la actividad, la localización, la asociación con otras proteínas y la función general de muchas proteínas, por lo tanto, regulan casi todos los procesos celulares (Wang *et al.*, 2020).

En particular, las proteínas quinasas son componentes centrales en las respuestas de las plantas al estrés ambiental como en situaciones de estrés biótico, las quinasas juegan un papel clave en la defensa de las plantas, activando cascadas de señalización que facilitan respuestas adaptativas (Romero y Martínez, 2022).

En el campo de la sanidad vegetal *Streptomyces* spp. pueden exhibir rasgos funcionales beneficiosos mediante la producción de metabolitos especializados que mejoran la absorción de nutrientes, promueven el crecimiento de las plantas, alivian el estrés abiótico, inducen resistencia, previenen la invasión y el establecimiento de patógenos o plagas mediante actividades nematocidas o insecticidas (Park *et al.*, 2023; Dow *et al.*, 2023). *Streptomyces* podría beneficiar la expresión de numerosos genes relacionados con la vía de transmisión de señales de la familia quinasa involucrados en las respuestas de las plantas a la infección por patógenos.

Por esta razón, el objetivo principal del presente estudio fue identificar los genes quinasa inducidos por *Streptomyces* spp. en *Allium sativum* L. a través de la técnica ARN-Seq.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico

Se analizaron dos genotipos de ajo: Pebeco y Texcoco proporcionados por el programa de mejoramiento genético de ajo del INIFAP. Se analizaron 5 cepas de *Streptomyces* spp. en dos tipos de aplicación (drench y aspersión). La menor incidencia de plantas enfermas ocurrió en la parcela conformada por el consorcio S.

lasiicapitis, *S. olivochromogenes* y *S. neyagawaensis* (proporcionadas por el banco de cepas del laboratorio de cultivo de tejidos-fitosanidad de INIFAP Campo Experimental Bajío). Derivado de que no se encontraron diferencias en la incidencia entre Pebeco y Texcoco, ni en las formas de aplicación (drench y aspersión) en las tres repeticiones; se realizó el muestreo de doce parcelas (del tejido vegetal de los segundos pseudotallos más jóvenes de 2 plantas de ajo) a los 4, 7 y 14 días, posterior a la inoculación con *Streptomyces* spp.

Extracción del ARN

La purificación del ARN total fue a través del método TRIzol (TRI Reagent) (López, 2014). Una vez extraído el ARN de cada grupo de plantas por parcela se realizaron *bulks* unificando los volúmenes de cada una de las 12 extracciones del tejido vegetal para cada uno de los tres tiempos posteriores a la inoculación con *Streptomyces* spp. y uno para el control absoluto sin *Streptomyces* spp. La cuantificación del ARN se hizo mediante bioanalizador Agilent 2100 (Agilent Technologies, Inc.). Se realizó la secuenciación y construcción de bibliotecas en la Unidad Universitaria de Secuenciación Masiva y Bioinformática (UUSMB), del Instituto de Biotecnología (IBT) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (uusmb.unam.mx).

Análisis de transcritos

Al obtener la biblioteca de secuencias se depuraron aquellas que no estaban asociadas a alguna anotación o función biológica específica, después se realizó un segundo filtro depurando las secuencias que solo tenían datos de SignalP. Se realizó la búsqueda de los transcritos Trinity presentes en la base de datos Uniprot, SWISPROT, BLASTX, y las bases de datos no redundantes (NR) en NCBI, GO, Pfam y TAIR. Con los datos recopilados en el recurso proteico universal (Uniprot), y con sustento del algoritmo GO se clasificó la función biológica de cada secuencia, utilizando una clasificación de componente celular, proceso biológico y función molecular (Sun *et al.*, 2012).

Análisis de expresión diferencial de genes

Con el nuevo filtro de la base de datos, se realizó una búsqueda de las secuencias que estaban relacionadas a la transducción de señales involucradas en la defensa

de las plantas, específicamente de la familia quinasa. Los datos de expresión relativa fueron normalizados para definir la expresión con respecto al control y se realizaron mapas de calor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de transcritos

El número de anotaciones iniciales fue de 284 576 *contigs*, estas fueron comparadas con la base de datos de proteínas no redundantes (Nr) del NCBI utilizando BLASTX con un e-value de 10^{-3} . El total de anotaciones finales fue de 166 584 y el número total de genes 22 754 lo cual indica que hay modificaciones postraduccionales o isoformas (Zhong *et al.*, 2023).

Análisis de expresión diferencial de genes de la familia quinasa

Se encontraron un total de 1 549 unigenes de la familia quinasa de 166 584 unigenes analizados y filtrados previamente (0.92 %). Posteriormente fueron identificadas 7 familias asociadas al estrés biótico; RLK (*Receptor-like kinases*), CDK (*Cyclin-dependent kinases*), CDPK (*Calcium-dependent protein kinases*), Quinasas activadoras de SnRK1 (*SnRK1-activating kinases*), MAPK (*Mitogen-activated protein kinases*), WAK (*Wall-associated kinases*) y HKs (*Histidine kinases*).

Estas familias presentaron un total de 356 unigenes, con distintos comportamientos en la expresión diferencial; 92 unigenes presentaron sub expresión, 198 expresión transitoria, 31 expresión estable y 35 unigenes mostraron sobre expresión crónica o aguda de 5 familias de quinasas (RLK, CDK, CDPK, MAPK y HKs) (Cuadro 1).

RLK

De los 29 unigenes sobre expresados de la familia RLK, LECRK82, LECRK1, At1g66830 y ZAR1 mostraron una expresión crónica a través de los tres tiempos en comparación con los demás unigenes pertenecientes a la familia RLK. Las quinasas tipo receptor de lectina tipo L (L-LecRKs) actúan como sensores de señales extracelulares y como iniciadores de respuestas inmunes de plantas (Sun *et al.*, 2023). Se sabe que la quinasa del receptor de lectina de tipo L VIII.2 (LecRK VIII.2,

LecRK82) está involucrada en la respuesta de resistencia a los oomicetos patogénicos; *P. infestans* y *P. capsici* (Wang *et al.*, 2014; Naithani *et al.*, 2021).

El resto de los genes de la familia RLK mostraron expresiones agudas temporales como ERECTA y MIK2 cada una de ellas con dos isoformas con expresión diferencial.

Se ha demostrado que PIP1 funciona como un amplificador de la respuesta inmune de las plantas contra patógenos biotróficos y necrotróficos a través de RLK7 como receptor principal (Hou *et al.*, 2014; Najafi *et al.*, 2022). Mientras que en el estudio de Najafi *et al.* (2022), la aplicación exógena del péptido sintético PIPL6 en *Arabidopsis* provocó la expresión de genes marcadores inmunitarios de una manera dependiente de RLK7, lo que indica que RLK7 desempeña un papel importante como receptor de la señalización iniciada por PIPL6 en la regulación de la inmunidad.

tanto bacterianos como fúngicos. Las plantas de *Arabidopsis* transformadas con el gen ERECTA mostraron una mayor tolerancia al marchitamiento bacteriano. Los alelos mutantes de *Arabidopsis erecta* son más susceptibles a *Plectosphaerella cucumerina*. Investigaciones posteriores demostraron que BAK1 puede interactuar con ERECTA y TMM, ya que el receptor multiproteico formado por los tres genes modula la resistencia de *Arabidopsis* a este patógeno (Jordá *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2021).

Cuadro 1. Mapa de calor de los niveles de expresión del control (C) y tratamiento *Streptomyces* BCE (t4, t7 y t14) de las familias quinastas con relación al estrés biótico en ajo.

Familia	Función de la proteína	Nombre del gen	t4	t7	t14
RLK	Roya de la hoja 10 locus de resistencia a enfermedades proteína quinasa similar a receptor 2.2	LRK10L-2.2	0	1.91	0
RLK	Proteína familia de receptores strubbelig 8	SRF8	0	0	1.20
RLK	Posible receptor quinasa inactiva At1g48480	RKL1	0.70	1.10	0.61
RLK	Receptor quinasa VIII.2 que contiene dominio lectina tipo L	LECRK82	17.37	3.22	3.65
RLK	Receptor quinasa IX.1 que contiene dominio lectina tipo L	LECRK91	0.36	1.12	0.30
RLK	Quinasa de resistencia a la oxidación Lr10	LRK10	0.34	0.27	1.78
RLK	Receptor quinasa IX.1 que contiene dominio lectina tipo L	LECRK91	1.44	0.55	0
RLK	Proteína quinasa tipo receptor 7	RLK7	0.68	1.10	0.60
RLK	Proteína quinasa tipo receptor 7	RLK7	0.71	1.09	0
RLK	Lectina tipo G, proteína quinasa de serina/treonina similar al receptor S LECRK1	LECRK1	4.88	5.01	4.31
RLK	Proteína quinasa similar al receptor de repetición rico en leucina PEPR2	PEPR2	1.09	0.27	0
RLK	Probable proteína quinasa similar al receptor de repetición rico en leucina inactiva At1g66830	At1g66830	13.02	9.18	11.94
RLK	Serina/treonina-proteína quinasa similar al receptor LRR EFR	EFR	0	0.55	1.21
RLK	Probable proteína quinasa de serina/treonina similar al receptor LRR RKF3	RKF3	2.85	1.68	0.63
RLK	Serina/treonina-proteína quinasa similar al receptor S de lectina de tipo G At2g19130	At2g19130	5.61	12.16	0
RLK	Receptor quinasa LRR SERK2	SERK4	1.18	1.28	0.20
RLK	Receptor quinasa 1 del inductor de quitina	CERK1	4.79	0	3.98
RLK	Receptor de dominio LysM tipo quinasa 3	LYK3	0	3.58	0
RLK	Serina/treonina-proteína quinasa similar al receptor LRR ERECTA	ERECTA	1.04	0.64	0.44
RLK	Serina/treonina-proteína quinasa similar al receptor LRR ERECTA	ERECTA	1.06	0.59	0.24
RLK	Probable proteína quinasa de serina/treonina similar al receptor LRR At3g47570	N/A	0.87	0.65	1.18
RLK	Probable proteína quinasa de serina/treonina similar al receptor LRR At5g10290	N/A	0	0	1.24
RLK	Receptor 1 de fitosulfocina	PSKR1	1.44	2.29	0.62
RLK	Receptor quinasa tipo 2 que interactúa con MDIS1	MIK2	0	3.10	10.39
RLK	Receptor quinasa tipo 2 que interactúa con MDIS1	MIK2	5.61	0	0
RLK	Serina/treonina-proteína quinasa SD3-1 similar al receptor S de lectina de tipo G	SD31	1.44	0	0
RLK	Probable proteína quinasa similar al receptor At4g10390	N/A	11.14	0	0
RLK	Probable proteína quinasa de serina/treonina similar al receptor LRR At3g47570	N/A	3.71	5.60	0
RLK	Proteína similar a la proteína quinasa del receptor ZAR1	ZAR1	4.61	6.80	3.76
CDK	Proteína determinada en la esterilidad inducida por baba 1	IBS1	3.04	0	1.07
CDPK	Proteína quinasa dependiente de calcio 28	CPK28	5.34	2.03	4.53
MAPK	Proteína quinasa quinasa quinasa 9 activada por mitógenos	MEKK2	13.21	0	0
MAPK	Proteína quinasa 9 activada por mitógenos	MPK9	0.71	1.09	0
HKs	Histidina quinasa 5	AHK5	2.11	1.14	1.82
HKs	Probable histidina quinasa 4	HK4	1.07	0.55	0.91

Bajo Alto

ERECTA es un gen vital involucrado en la defensa del huésped contra patógenos,

CDK

Posterior a la inoculación con *Streptomyces* el gen IBS1 de la familia CDK, mostró sobreexpresión en t4 y t7. En la literatura se menciona que la progenie ibs1 tratada

con BABA también mostró una resistencia transgeneracional mejorada contra *Pseudomonas syringae* (Pst DC3000) y contra el oomiceto *Hyaloperonospora Arabidopsidis* (Slaughter *et al.*, 2011).

CDPK

Mientras que en la familia CDPK el gen CPK28 presentó sobreexpresión en t4, t7 y t14 por el tratamiento con *Streptomyces* spp. se sabe que CPK28 regula las señales de defensa reactivas mediadas por oxígeno y también puede participar en el equilibrio específico de tejido de ácido jasmónico (JA) y ácido giberélico (GA) (Wu *et al.*, 2021).

MAPK

En este estudio se exploraron también los genes de la familia MAPK, y se encontró que dos genes sobre expresaron en distintos tiempos del tratamiento, MEKK2 en t4 y MPK9 t7. De acuerdo con Nitta *et al.* (2020) la activación de las respuestas de defensa mediadas por SUMM2 induce la expresión de MEKK2, que a su vez bloquea la fosforilación de MPK4 para amplificar aún más las respuestas inmunes mediadas por SUMM2. La sobreexpresión de MEKK2 indujo retraso en el crecimiento, muerte celular, acumulación elevada de H₂O₂ y expresión del gen PR en plantas WT (Liu *et al.*, 2020).

HKs

En la familia HKs, el gen AHK5 sobre expresó en los tres tiempos del tratamiento y AHK4 mostró sobreexpresión en t4. Se ha informado sobre AHK5, que puede actuar para integrar respuestas en la superficie de la hoja a diversos estímulos exógenos y la pérdida de la función AHK5 aumenta la susceptibilidad al patógeno bacteriano Pst DC3000 (Pham *et al.*, 2012). Mientras que AHK4 es activada por algunas citoquininas (CK) originadas de bacterias (Hoang *et al.*, 2021).

Comparando la expresión diferencial de los unigenes de las familias quinasas, se puede mencionar que los 35 unigenes involucrados en el estrés biótico, fueron inducidos por el tratamiento de *Streptomyces*, comparando con el control. Mientras que en el análisis filogenético a escala de kinoma clasificó las quinasas en dos

clados principales: las quinasas similares a receptores ubicadas en la membrana y las quinasas citosólicas solubles, RLK pertenece a las quinasas similares a receptores ubicadas en la membrana, mientras que CDK, CDPK, SnRK1, MAPK, WAK y HKs a las quinasas citosólicas solubles, la otra relación son sus motifs de fosforilación que son comúnmente encontrados a partir de sus sustratos (Wu *et al.*, 2021). Uno de los grupos más grandes es el de las quinasas similares a receptores (RLK), por esta razón se encontraron más unigenes dentro de esta familia.

CONCLUSIONES

Los genes sobre expresados de las familias quinasas pueden ser genes claves inducidos por *Streptomyces* para la resistencia de ajo a la diversidad de fitopatógenos ya que mantuvieron sobre expresión, durante los días posteriores a la inoculación con *Streptomyces* spp. en comparación con el control. Los resultados obtenidos en este estudio permiten conocer el consorcio que puede haber entre *Streptomyces* spp. y *A. sativum* en la regulación del estrés biótico.

LITERATURA CITADA

- Dow, L., Gallart, M., Ramarajan, M., Law, S. R., & Thatcher, L. F. (2023). *Streptomyces* and their specialised metabolites for phytopathogen control – comparative in vitro and in planta metabolic approaches. *Frontiers in Plant Science*. 14:1151912. doi: 10.3389/fpls.2023.1151912.
- Godiard, L., Sauviac, L., Torii, K. U., Grenon, O., Mangin, B., Grimsley, N. H., & Marco, Y. (2003). ERECTA, an LRR receptor-like kinase protein controlling development pleiotropically affects resistance to bacterial wilt. *The Plant Journal*, 36(3), 353–365. doi:10.1046/j.1365-3113x.2003.01877.x.
- Hoang, X. L. T., Prerostova, S., Thu, N. B. A., Thao, N. P., Vankova, R., Tran, L. S. P. (2021). Histidine Kinases: Diverse Functions in Plant Development and Responses to Environmental Conditions. *Annual Review of Plant Biology*, 72:297–323. doi: 10.1146/annurev-arplant-080720-093057.
- Hou, S., Wang, X., Chen, D., Yang, X., Wang, M., Turrà, D., Di Pietro, A., Zhang, W. (2014). The Secreted Peptide PIP1 Amplifies Immunity through Receptor-Like Kinase 7. *PLoS Pathogens*, 10(9). doi:10.1371/journal.ppat.1004331.

- Jordá, L., Sopeña-Torres, S., Escudero, V., Nuñez-Corcuera, B., Delgado-Cerezo, M., Torii, K. U., & Molina, A. (2016). ERECTA and BAK1 Receptor Like Kinases Interact to Regulate Immune Responses in *Arabidopsis*. *Frontiers in Plant Science*, 7. doi:10.3389/fpls.2016.00897.
- Li, H., Yang, Y., Wang, H., Liu, S., Jia, F., Su, Y., Li, S., He, F., Feng, C., Niu, M., Wang, J., Liu, C., Yin, W., and Xia, X. (2021). The Receptor-Like Kinase ERECTA Confers Improved Water Use Efficiency and Drought Tolerance to Poplar via Modulating Stomatal Density. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(14), 7245. doi:10.3390/ijms22147245.
- Liu, J., Huang, Y., Kong, L., Yu, X., Feng, B., Liu, D., Zhao, B., Mendes, G. C., Yuan, P., Ge, D., Wang, W.M., Fontes, E.P.B., Li, P., Shan, L., He, P. (2020). The malectin-like receptor-like kinase LETUM1 modulates NLR protein SUMM2 activation via MEKK2 scaffolding. *Nature Plants*, 6, 1106–1115. doi:10.1038/s41477-020-0748-6.
- López, J. (2014). Evaluación de Técnicas de Extracción de ARN para la Determinación de la Expresión del Gen ACC oxidasa en *Dasyliro cedrosanum* Trel. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.
- Morales-González, J.A., Madrigal-Bujaidar, E., Sánchez-Gutiérrez, M., Izquierdo-Vega, J.A., Valadez-Vega, M. del C., Álvarez-González, I., Morales-González, Á., Madrigal-Santillán, E. (2019). Garlic (*Allium sativum* L.): A Brief Review of Its Antigenotoxic Effects. *Foods*, 17(3), 343. doi:10.3390/foods8080343.
- Naithani, S., Komath, S. S., Nonomura, A., & Govindjee, G. (2021). Plant lectins and their many roles: Carbohydrate-binding and beyond. *Journal of Plant Physiology*. doi.org/10.1016/j.jplph.2021.153531.
- Najafi, J., Gjennestad, R. S., Kissen, R., Brembu, T., Bartosova, Z., Winge, P., Bones, A. M. (2022). PAMP-Induced secreted Peptide-Like 6 (PIPL6) functions as an amplifier of plant immune response through RLK7 and WRKY33 module. *bioRxiv*. doi: 10.1101/2022.11.30.518506.

- Nitta, Y., Qiu, Y., Yaghmaiean, H., Zhang, Q., Huang, J., Adams, K., & Zhang, Y. (2020). MEKK2 inhibits activation of MAP kinases in *Arabidopsis*. *The Plant Journal*. doi:10.1111/tpj.14763.
- Park, E.-J., Jang, H.-J., Park, J.-Y., Yang, Y. K., Kim, M. J., Park, Lee, S., Yun, B.-S., Lee, S.-J., Lee, S.-W., Rho, M.-C. (2023). Efficacy evaluation of *streptomyces nigrescens* KA-1 against the root-knot nematode *meloidogyne incognita*. *Biological Control*, 179, 105150. doi: 10.1016/j.biocontrol.2023.105150.
- Pham, J., Liu, J., Bennett, M.H., Mansfield, J.W., and Desikan, R. (2012). *Arabidopsis* histidine kinase 5 regulates salt sensitivity and resistance against bacterial and fungal infection. *New Phytologist*, 194(1), 168–180. doi:10.1111/j.1469-8137.2011.04033.x.
- Romero, H. G and Martinez, M. (2022). Plant Kinases in the Perception and Signaling Networks Associated With Arthropod Herbivory. *Frontiers in Plant Science*, 13:824422. doi: 10.3389/fpls.2022.824422.
- Schwartz, H. F., and Mohan, S. K. (2008). Compendium of Onion and Garlic Diseases and Pests. The American Phytopathological Society. 2nd Edition. St Paul, Minnesota, pp. 2.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2021). Se ubica México como el noveno exportador mundial de ajos. Gobierno de México. Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/se-ubica-mexico-como-el-noveno-exportador-mundial-de-ajos?idiom=es>.
- Slaughter, A., Daniel, X., Flors, V., Luna, E., Hohn, B., and Mauch-Mani, B. (2011). Descendants of Primed *Arabidopsis* Plants Exhibit Resistance to Biotic Stress. *Plant Physiology*, 158(2), 835–843. doi:10.1104/pp.111.191593.
- Sun, E., Yu, H., Chen, Z., Cai, M., Mao, X., Li, Y., Zuo, C. (2023). Enhanced Valsa canker resistance conferred by expression of MdLecRK-S.4.3 in *Pyrus betulifolia* is largely suppressed by PbePUB36. *Journal of Experimental Botany*, 3;74(14):3998-4013. doi: 10.1093/jxb/erad126.
- Sun, X., Zhou, S., Meng, F., and Liu, S. (2012). De novo assembly and characterization of the garlic (*Allium sativum*) bud transcriptome by Illumina

- sequencing. *Plant Cell Reports*, 31(10), 1823–1828. doi:10.1007/s00299-012-1295-z.
- Torii, K. U. (2004). Leucine-Rich Repeat Receptor Kinases in Plants: Structure, Function, and Signal Transduction Pathways. *InteARNtional Review of Cytology*, 1–46. doi:10.1016/s0074-7696(04)34001-5.
- Wang, P., Hsu, C. C., Du, Y., Zhu, P., Zhao, C., Fu, X., Zhang C., Paez, J. S., Macho, A. P., Tao, W. A., Zhu, J. K. (2020). Mapping proteome-wide targets of protein kinases in plant stress responses. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201919901. doi:10.1073/pnas.1919901117.
- Wang, Y., Bouwmeester, K., Beseh, P., Shan, W., & Govers, F. (2014). Phenotypic Analyses of *Arabidopsis* T-DNA Insertion Lines and Expression Profiling Reveal That Multiple L-Type Lectin Receptor Kinases Are Involved in Plant Immunity. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 27(12), 1390–1402. doi:10.1094/mpmi-06-14-0191-r.
- Wu, Y., Zhang, L., Zhou, J., Zhang, X., Feng, Z., Wei, F., Zhao, L., Zhang, Y., Feng, H., and Zhu, H. (2021). Calcium Dependent Protein Kinase GhCDPK28 Was Identified and Involved in Verticillium Wilt Resistance in Cotton. *Frontiers in Plant Science Front*, 12:772649. doi: 10.3389/fpls.2021.772649.
- Zhong, Q., Xiao, X., Qiu, Y., Xu, Z., Chen, C., Chong, B., Zhao, X., Hai, S., Li, S., An, Z., Dai L. (2023). Protein posttranslational modifications in health and diseases: Functions, regulatory mechanisms, and therapeutic implications. *MedComm*, 2;4(3):e26. doi: 10.1002/mco2.261.

TRATAMIENTO PREGERMINATIVO CON LOMBRICOMPOSTA Y *Trichoderma sp* EN SEMILLA DE GARBANZO

Jesús E. Regato Tovar¹, Luis P. Guevara Acevedo^{2*}, Ricardo Yáñez López², María E. Gallardo Rodríguez², Fernando Germán Flores Guillen², Daniel Rodríguez Mercado²

Estudiante de Ingeniería en Agronomía del TecNM-Campus Roque carretera Juventino Rosas – Celaya, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ²Instituto Tecnológico de Roque, Celaya Gto. *Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de *Trichoderma sp*, y lombricomposta como tratamientos pregerminativos de semillas de garbanzo y su relación con su calidad fisiológica. El experimento se realizó en el rancho La Galera de la Esperanza, Juventino Rosas, en 0.5 ha. El terreno fue preparado con dos pases de rastra y surcos de 0.75 m por 100 m, seguido de un riego saturado. Se inocularon semillas de garbanzo blanco, variedad Mazocahui, con té de lombricomposta 3.6 mL kg⁻¹ y *Trichoderma sp* 3.6 mL kg⁻¹ añadiendo 15 g de azúcar por kilogramo de semilla. La mezcla se agitó manualmente durante 10 minutos. La siembra se realizó en un diseño experimental bloques al azar con 4 bloques con 2 tratamientos que fueron lombricomposta y *Trichoderma sp*, y un testigo sin inocular. Cada unidad experimental consistió en 3 surcos de 4 m. Se sembraron 8 semillas por metro, con un total de 3,456 semillas en los bloques. A los 12 días se registró la emergencia de plántulas durante 7 días. Se tomaron 5 muestras por unidad (45 plantas por bloque), midiendo altura, longitud de raíz y plúmula, así como los pesos frescos de planta, raíz, plúmula, semilla y hojas. Esto permitió evaluar el impacto de los tratamientos en el desarrollo del cultivo. Finalmente podemos decir que las inoculaciones en garbanzo de lombricomposta y *Trichoderma sp*. con una dosis de 3.6 mL por Kg⁻¹ cada una refleja efectos favorables sobre la planta como lo son altura de planta, longitud de raíz, longitud de plúmula, peso fresco de la hoja, de la plúmula, de la hoja y sobre la velocidad de germinación en comparación al testigo

comercial utilizado siendo una alternativa mucho más viable para el desarrollo vegetativo del cultivo de garbanzo y con ello poder aumentar la producción en cantidad y calidad.

Palabras clave: Inoculación, emergencia, metabolitos, promotores de crecimiento, abonos orgánicos

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the effect of *Trichoderma sp.* and vermicompost as pre-germinative treatments of chickpea seeds and their relationship with their physiological quality. The experiment was carried out at the ranch La Galera de la Esperanza, Juventino Rosas, on 0.5 ha. The field was prepared with two times and furrows of 0.75 m by 100 m, followed by saturated irrigation. Seeds of white chickpea, Mazocahui variety, were inoculated with vermicompost tea 3.6 mL kg⁻¹ and *Trichoderma sp.* 3.6 mL kg⁻¹ adding 15 g of sugar per kilogram of seed. The mixture was shaken manually for 10 minutes. Planting was carried out in a randomized block experimental design with 4 blocks with 2 treatments, which were vermicompost and *Trichoderma sp.* and a control without inoculation. Each experimental unit consisted of 3 furrows of 4 m. 8 seeds were sown per meter, for a total of 3,456 seeds in the blocks. After 12 days, seedling emergence was recorded for 7 days. 5 samples were taken per unit (45 plants per block), measuring height, root and plumule length, as well as fresh weights of plant, root, plumule, seed and leaves. This allowed us to evaluate the impact of the treatments on crop development. Finally, we can say that the inoculations in chickpea of vermicompost and *Trichoderma sp.* with a dose of 3.6 mL per Kg⁻¹ each one reflects favorable effects on the plant such as plant height, root length, plumule length, fresh weight of the leaf, plumule, leaf and on the speed of germination in comparison to the commercial control used, being a much more viable alternative for the vegetative development of the chickpea crop and thus being able to increase production in quantity and quality.

Keywords: Inoculation, emergence, metabolites, growth promoters, organic fertilizers

INTRODUCCION

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es una leguminosa ampliamente cultivada en México, especialmente en las regiones del noroeste y centro del país. Este cultivo es apreciado por los agricultores ya que demanda poca agua y requiere un bajo nivel de mantenimiento (INIFAP, 2021). A pesar de sus beneficios, este cultivo tiene grandes desafíos, como la competencia por recursos hídricos y el cambio climático que en muchas ocasiones desfavorece la producción (FAO, 2022). Actualmente se buscan alternativas que promuevan prácticas agrícolas sostenibles que pueden tener un impacto positivo en el medio ambiente (PNUD, 2020), una de ellas es el uso de microorganismos, como lo es el *Trichoderma* sp que se ha destacado por su capacidad promotora (Rajput et al., 2010) y el generar metabolitos secundarios promotores de crecimiento (Abdel-Monaim, M. 2020). y solubilización de minerales e inducción de resistencia sistémica (Hernández-Melchor et al., 2019). Otra alternativa viable son los abonos orgánicos que se utilizan para mejorar la fertilidad del suelo en la producción de cultivos; un ejemplo es la lombricomposta, ya que contiene macro y micronutrientes que son importantes para el crecimiento de las plantas (Morales Munguía et al., 2009); además, ayuda a restablecer cadenas tróficas por medio de la biota edáfica que se desarrolla (Domínguez, 2004; Olivares-Campos et al., 2012). Es por ello que el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de *Trichoderma* sp, y lombricomposta como tratamientos pregerminativos de semillas de garbanzo y su relación con su calidad fisiológica.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se llevó a cabo en el rancho La Galera de la Esperanza en Juventino Rosas en una superficie de 0.5 ha, primeramente se preparó el terreno con 2 pases de rastra y se formaron surcos de 0.75 m y 100 m de largo terminado el labor mecánico se aplicó un riego saturado, se inoculó la semilla de garbanzo blanco de la variedad Mazocahui: con té de lombricomposta con unas dosis de 3.6 m L o *Trichoderma* sp a 3.6 mL Kg⁻¹ de semilla y se le adicionó 15 g de azúcar. La semilla se colocó en un contenedor y se le agrego el tratamiento según el caso y se agito de manera manual por de 10 min. La siembra se realizó en un diseño experimental

de bloques al azar con 4 bloques y 2 tratamientos, inoculación de semilla con *Trichoderma sp* y té de lombricomposta y un testigo sin inocular. La unidad experimental estuvo conformada por 3 surcos de 4 m de largo, se sembraron 8 semillas x metro haciendo un total de 32 semillas por surco y una densidad de siembra de 3,456 semillas en total de los bloques. A los 12 días después de la siembra se inició la emergencia de la semilla y a partir de ese momento de inicio a contar diariamente el número de plantas emergidas, este conteo duro 7 días hasta que se estandarizaron. Acto siguiente de ello se tomaron 5 muestras por unidad de un total de 45 plantas por bloque, después de tomar las muestras se midió altura con una regla BACO® las siguientes variables longitud de raíz, longitud de plúmula; y también se tomó el peso fresco de la planta, peso fresco de raíz, peso fresco de plúmula, peso fresco de semilla y peso fresco de las hojas con una báscula analítica ADAM®.

Con los resultados de cada variable, se realizó un análisis de varianza y cuando este presento diferencias se realizó una prueba de medias Tukey, todo esto en el programa estadístico SAS systems 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron que en los tratamientos presentaron diferencias altamente ($Pr > F$) en altura de planta (0.0001**), incluyendo longitud de raíz (0.0005**), peso fresco de planta (0.0003**) y peso fresco de hoja (0.0001**) a los 12 días después de siembra esto quiere decir que tienen un efecto favorable en base a la inoculación de la semilla con lombricomposta liquida.

Y de acuerdo a longitud de plúmula (0.0071*), y peso fresco de plúmula (0.0012*) mostraron diferencias significativas. En cambio, el peso fresco de semilla (0.9642^{ns}) no presentaron efecto.

Para la altura de planta con lombricomposta en una dosis de 3.6 mL kg⁻¹ presento mayor valor con un promedio de 23.88 cm mientras que el testigo que presentó una altura de 20.54 cm esto quiere decir que aumento 3.34 cm y con *Trichoderma sp*.

con una dosis de 3.6 mL kg^{-1} presento una altura de 22.99 cm, esto también marco un aumento de 2.45 cm en comparación al testigo (Cuadro 1), estos resultados son similares a Gómez-Merino *et al.* (2013) que reportaron un valor de 23.58 cm en la altura de Lulo (*Solanum quitoense*) por efecto de sustratos orgánicos como lombricomposta. Además, el tratamiento de lombricomposta presento el mayor valor en la longitud de raíz con un promedio de 5.69 cm en comparación con el testigo que tuvo 4.42cm comparado con Vasallo *et al.* (2013) que también demostró resultados similares que en su investigación trabajó con *Rhizobium etli* y tuvo una longitud de raíz de 5.8 cm en *Capsicum annum*.

Para la longitud de plúmula y el peso fresco de la planta, la lombricomposta a 3.6 mL kg^{-1} mostró un mayor resultado con un valor de 6.46 cm y 2.82 g y los tratamientos con *Trichoderma sp* el testigo mostraron estadísticamente los menores valores con 5.65, 5.52 cm y 2.48, 2.47 g respectivamente. Estos valores indican que con aplicaciones de lombricomposta se aumenta en promedio más de 13.5% para estas 2 variables en comparación con el testigo. Los valores observados para la longitud de plúmula muestran similitud con los reportados Córdoba (2015) quien obtuvo 6.48 cm usando sustratos e inoculantes como la lombricomposta en *Bactris gasipaes*.

El tratamiento con lombricomposta y *Trichoderma sp* presentaron estadísticamente los mayores valores con 0.099 y 0.098 g en el peso fresco de hoja, siendo el testigo quien presento un peso de 0.025 g que fue el menor valor, los pesos frescos de las hojas para los tratamientos con lombricomposta y *Trichoderma sp* fueron superiores a los reportados por Aragón (2014) que observó 0.091 g de peso fresco de hojas en *Jatropha spp* por efecto de aplicaciones de lombricomposta.

La variable de peso fresco de plúmula se observo que el tratamiento pregerminativo con lombricomposta con dosis de 3.6 mL kg^{-1} y *Trichoderma sp* con una dosis de 3.6 mL kg^{-1} mostraron estadísticamente los mayores valores con 2.48 y 2.38 g respectivamente, al respecto Caballero (2020) reportó valores superiores con un 5.67g en tomate de cascara con sustrato de compostaje.

Cuadro 1. Efecto de tratamiento pregerminativo en parámetros agronómicos de plantas de garbanzo.

No. Trat	Tratamiento	Dosis L ⁻¹	Altura de planta (cm)	Long raíz (cm)	Peso fresco hojas (g)	Peso fresco plúmula (g)
1	Lombricomposta	3.6 mL	23.887 a	5.69 a	0.099 a	2.48 a
2	<i>Trichoderma sp</i>	3.6 mL	22.99 a	5.29 a	0.098 a	2.38 a
3	Testigo	-	20.54 b	4.42 b	0.025 b	2.09 b

Cuadro 2. Resultados en longitud de plúmula y peso fresco de planta.

Long plum (cm)	Peso fresco de planta (g)
6.46 a	2.82 a
5.65 b	2.48 b
5.52 b	2.47 b

Para la velocidad de germinación los tratamientos presentaron diferencias altamente significativas ($Pr > F$) en la emergencia de las plantas (0.0001**).

La velocidad de emergencia con lombricomposta a 3.6 mL kg⁻¹ mostró mayores resultados con 40.94% de germinación y *Trichoderma spp* con una dosis de 3.6 mL se mostró inferior a la lombricomposta con 36.63%, siendo testigo con 35.56% que presentó el menor valor (Cuadro 2), al respecto a (Russo *et ál* 2010) menciona que factores abióticos no siempre favorecen es por ello que las inoculaciones son promotores en germinación y emergencia de la planta teniendo un 31% en *Brassica napus* L sin inocular.

Cuadro 3. Efecto de porcentaje de germinación de semillas de garbanzo por efecto de tratamiento pregerminativos con lombricomposta y *Trichoderma sp*.

No. Tratamiento	Tratamiento	Dosis mL ⁻¹	Germinación
1	Lombricomposta	3.6 ml	40.94 a
2	<i>Trichoderma sp</i>	3.6 ml	36.63 b
3	Testigo	-	35.56 b

CONCLUSION

Las inoculaciones en semilla de garbanzo de lombricomposta y *Trichoderma sp.* con una dosis de 3.6 mL por Kg⁻¹ refleja efectos favorables sobre la planta como lo son altura de planta, longitud de raíz, longitud de plúmula, peso fresco de la hoja, peso fresco de la plúmula, peso fresco de la hoja y sobre la velocidad de germinación, siendo una alternativa mucho más viable para el desarrollo vegetativo del cultivo de garbanzo y con ello poder aumentar la producción en cantidad y calidad.

LITERATURA CITADA

- Abdel-Basat, S.; Abdel-Monaim, M. (2020). Nematicidal potential of some natural botanical extracts in biocontrolling *Meloidogyne javanica* on soybean under laboratory and greenhouse conditions. *Egyptian Journal of Agronomatology*, 19(1), 1-18.
https://journals.ekb.eg/article_105859_997da5f9535e5d3b2674c6f2fc81a5e4.pdf
- Caballero S.; J. C., Ovando S.; S. G., Núñez R.; Aguilar C, F. Sustratos alternativos para la producción de plántulas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Chiapas Alternative substrates for the production of tomato seedlings (*Physalis ixocarpa* Brot.) in Chiapas 2020.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Sustratos-alternativos-para-la-produccion-de-plantulas-de-tomate-de-casca-Ovando-Salinas/50cfb248c988b22775f2ae31ad4bf7ef3c37e981?p2df>
- Córdoba C. (2015). Influencia de sustratos sobre germinación y longitud de plúmula de la semilla de pifá (*Bactris gasipaes*). *Ciencia Agropecuaria*, (23), 134-141.
 Recuperado a partir de <http://200.46.165.126/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/140>
- De Nariño, G. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD.(2020). *Plan decenal DHANA 2020, 2029*.
<https://annualreport.undp.org/2020/es>

- Domínguez, J. 2004. State of the art and new perspectives on vermicomposting research. pp. 402-421. In: C. A. Edwards (ed.). *Earthworm Ecology*. CRC Press. Spain <https://doi.org/10.1201/9781420039719.ch20>
- Gómez M.; Fernando C.; Trejo T.; Libia I.; García A.; J. Cruz.; Morales R.; Victorino. (2013). Lulo (*Solanum quiroense* Lamarck.) como nuevo elemento del paisaje en México: germinación y crecimiento en sustratos orgánicos *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5:877-887 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4spe5a2.pdf>
- Gómez, P. G. (2010). *EFFECTO DE DOSIS y MOMENTO DE APLICACIÓN DE LOMBRICOMPOSTA EN LA AGROFAZ* ISSN 1665-8892 , de <https://es.scribd.com/document/495336285/EFFECTO-DE-DOSIS-Y-MOMENTO-DE-APLICACION-DE-LOMBRICOMPOSTA-EN-LA#:~:text=I.%20AGRICULTURA%20ORG%C3%81NICA%20%E2%80%80Efecto%20de%20dosis>
- Hernández-Melchor, D. J., Ferrera-Cerrato, R., & Alarcón, A. (2019). Trichoderma: importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 35(1), 98-112. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0719-38902019005000205&script=sci_arttext
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). (2021). "Beneficios agronómicos del garbanzo." <https://www.gob.mx/inifap>
- Martiñón-Martínez, A. S., & Aragón Sánchez, A. (2014). Evaluación de sustratos y genotipos en la germinación de *Jatropha* con potencial comestible (*Jatropha* spp.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(7), 1179-1192.
- Morales M.; J. C., M. V. Fernández R.; A. Montiel C. y B. C. Peralta B. 2009. Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*Eisenia foetida*). *Biotecnia* 11: 19-26. <https://www.redalyc.org/pdf/6729/67297116003.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2022). “Desafíos y oportunidades en la agricultura mexicana.” <https://www.fao.org/home/es>

Rajput, J.; Kaith, B. S., Kaur, M., & Sharma, S. (2010). Synthesis of ZnO nanoparticles and study of their antibacterial and antifungal properties. *Thin solid films*, 519(3), 1224-1229. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/69402104/j.tsf.2010.08.07320210911-21681-12uewm8-libre.pdf?1631384189=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSynthesis_of_ZnO_nanoparticles_and_study.pdf&Expires=1732053137&Signature=GBue~ZIB~Ek~oVHPlltoaesree41t8CnltOQhOWiTizd3-834zYjdY4itrqtHEFxfkj8Cb0Hn9-5YhruFU5sJI4Oj9biJ2b2J8OCzsYUAvurqFOTUnnJveZG6A9qyvZlmWX30ikFV8GUFAuf93CpMNRUmbnbll1sH3lr0f9as9iBn~ZuUcsjBYnMN-SN4SfJTWL1icFI8aSoCTYx8hFNtGpz2xEftHjMMxE7rRAmePJ-q33PIKzEje4cq5yUhKWv7Tb0g~BR-7uVyN-yrgFK4WDHB-v3U0dBFQ3eo3HaK-mGJfIJxwvlrFU33nyBBxlgLmddi5VhXbLFeYF87282Q__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Ramos S.; R. A., Reboloso P.; O. N. (2018). Respuesta del cultivo de chile morrón (*Capsicum annuum* L.) a la inoculación de microorganismos benéficos en condiciones de invernadero <https://www.sidalc.net/search/Record/oai:https://repositorio.uaaan.mx:123456789-45676/Description>

Russo, V. M., Bruton, B. D., & Sams, C. E. (2010). Classification of temperature response in germination of Brassicas. *Industrial Crops and products*, 31(1), 48-51.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669009001344>

Vazallo, S. N., Ramírez, L. T., Carranza, L. T., García, B. Z., Bernilla, B. S. (2013). Efecto de la inoculación de *Rhizobium etli* y *Trichoderma viride* sobre el crecimiento aéreo y radicular de *Capsicum annum* var. *longum*. *Revista Rebiolest*, 1(1): 11-21.

Versión resumida de El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo
2024. (2024). <https://doi.org/10.4060/cd1276es>

[https://www.fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-food-security-and-nutrition-in-the-](https://www.fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-food-security-and-nutrition-in-the-world/2022/es#:~:text=Hace%20un%20seguimiento%20de%20los%20progr)

[world/2022/es#:~:text=Hace%20un%20seguimiento%20de%20los%20progr](https://www.fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-food-security-and-nutrition-in-the-world/2022/es#:~:text=Hace%20un%20seguimiento%20de%20los%20progr)
[esos%20relacionados%20con,lograr%20la%20Agenda%202030%20para%20el%20Desarrollo%20Sostenible.](https://www.fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-food-security-and-nutrition-in-the-world/2022/es#:~:text=Hace%20un%20seguimiento%20de%20los%20progr)

[https://www.fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-food-security-and-nutrition-in-the-](https://www.fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-food-security-and-nutrition-in-the-world/2022/es#:~:text=Hace%20un%20seguimiento%20de%20los%20progr)

[world/2022/es#:~:text=Hace%20un%20seguimiento%20de%20los%20progr](https://www.fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-food-security-and-nutrition-in-the-world/2022/es#:~:text=Hace%20un%20seguimiento%20de%20los%20progr)
[esos%20relacionados%20con,lograr%20la%20Agenda%202030%20para%20el%20Desarrollo%20Sostenible.](https://www.fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-food-security-and-nutrition-in-the-world/2022/es#:~:text=Hace%20un%20seguimiento%20de%20los%20progr)

TRATAMIENTO PREGERMINATIVO DE *Trichoderma* sp Y ALGAS MARINAS EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE GARBANZO

Francisco Camacho Ortega¹, Juan José Rodríguez Moreno¹, Luis P. Guevara Acevedo^{2s}, Hans E. Arredondo², Ricardo Yáñez López², Luis M. Valdez Rivas¹.

¹Estudiante de Ingeniería en Agronomía TecCM-campus Roque, Carretera Celaya- Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato.²TecNM-campus Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ^sAutor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

En esta investigación se evaluó el efecto de tratamientos pregerminativos de *Trichoderma* y algas marinas en el desarrollo vegetativo del cultivo de garbanzo. El experimento se realizó en el Tecnológico Nacional de México Campus Roque primeramente se realizó la preparación de un terreno con un barbecho y pase de rastra y se surco a una distancia de 75 cm entre sí, Para la siembra se inocularon semillas de garbanzo variedad Sinaloa con 7.2 mL de *Trichoderma* más 5 mL de algas marinas (NG-PLUS) y 15.53 g de azúcar por kg de semilla las cuales se mezclaron en un recipiente de 4 L y se agitaron manualmente por 10 min, inmediatamente se sembraron en un diseño experimental de cuatro bloques al azar con un tratamiento y un testigo blanco, donde el testigo blanco no fue sometido a ningún tratamiento. Cada unidad experimental se dividió en tres surcos de 15 m de largo con una densidad de siembra de 120 semillas por surco, y una separación entre plantas de 14 cm, a los 7 días posteriores a la siembra (DPS) se realizó un conteo de las plantas que habían germinado y alcanzado la etapa de emergencia el conteo se llevó a cabo diariamente hasta que se estandarizo el número de plantas emergidas. En seguida realizó un muestreo destructivo de 15 plantas por unidad experimental donde se evaluaron las siguientes variables altura de planta (cm), longitud de raíz (cm), longitud de plúmula (cm), peso fresco de la planta (g), peso fresco de raíz (g), peso fresco de semilla, plúmula, hoja (g), peso seco de planta (g), peso seco de raíz, semilla, plúmula y hoja (g). Los resultados obtenidos de cada una de las variables antes mencionadas fueron avaluados con una prueba de

medias Tukey en el programa SAS Systems (9.4) donde en los resultados se observa que el tratamiento con *Trichoderma* + algas marinas a una dosis de 7.2 mL + 5 mL Kg⁻¹ presentaron los mayores valores para las variables evaluadas.

Palabras clave: *Parámetros agronómicos, biomoléculas, longitud de raíz, inoculación, altura de planta*

ABSTRACT

In this research, the effect of pre-germination treatments with *Trichoderma* and seaweed on the vegetative development of chickpea crops was evaluated. The experiment was carried out at the National Technological Institute of Mexico Campus Roque. First, a land was prepared with a fallow and a harrow and furrow were made at a distance of 75 cm from each other. For sowing, chickpea seeds of the Sinaloa variety were inoculated with 7.2 mL of *Trichoderma* plus 5 mL of seaweed (NG-PLUS) and 15.53 g of sugar per kg of seed, which were mixed in a 4 L container and shaken manually for 10 min. They were immediately sown in a four-block experimental design at random with one treatment and a blank control, where the blank control was not subjected to any treatment. Each experimental unit was divided into three furrows of 15 m long with a sowing density of 120 seeds per furrow, and a separation between plants of 14 cm, 7 days after sowing (DPS) a count was made of the plants that had germinated and reached the emergence stage, the count was carried out daily until the number of emerged plants was standardized. Next, a destructive sampling of 15 plants per experimental unit was carried out where the following variables were evaluated: plant height (cm), root length (cm), plumule length (cm), fresh weight of the plant (g), fresh weight of root (g), fresh weight of seed, plumule, leaf (g), dry weight of plant (g), dry weight of root, seed, plumule and leaf (g). The results obtained from each of the aforementioned variables were evaluated with a Tukey means test in the SAS Systems program (9.4) where the results show that the treatment with *Trichoderma* + seaweed at a dose of 7.2 mL + 5 mL Kg⁻¹ presented the highest values for the variables evaluated.

Keywords: *Agronomic parameters, biomolecules, inoculation, plant height, root length*

INTRODUCCION

El garbanzo (*Cicer arietinum*) es una leguminosa de gran importancia económica y nutricional en diversas regiones del mundo, especialmente en el Mediterráneo, Asia y América Latina. Este cultivo ha encontrado un lugar destacado en la dieta humana debido a su alto contenido de proteínas, fibra y micronutrientes, convirtiéndose en un alimento básico en muchas culturas (FAO, 2021). Uno de los principales desafíos es el cambio climático, que ha generado alteraciones en los patrones de precipitación y temperatura. Según un estudio de Daba *et al.* (2020), el cambio climático también puede facilitar la aparición de enfermedades y plagas, lo que agrava aún más los problemas de producción (Bashir *et al.*, 2021). La implementación de prácticas agrícolas sostenibles, como la rotación de cultivos y el uso de variedades resistentes, puede ser efectiva para mitigar los efectos adversos del clima y mejorar la productividad del garbanzo (Kumar *et al.*, 2020). Diversos factores, tanto abióticos como bióticos, pueden restringir la producción de garbanzo. Entre los abióticos, se encuentran aspectos climáticos como la temperatura, que influye en la germinación, el crecimiento y los procesos fisiológicos de la planta. (InfoAgro, 2019). La utilización de biomoléculas puede ayudar a los procesos de germinación (Calvo *et al.*, 2014), entre estas se encuentran los extractos de algas marinas (Renuka *et al.*, 2018). En la actualidad, la urgente necesidad de salvaguardar el medio ambiente y combatir los impactos negativos del cambio climático en la agricultura ha llevado a una creciente aceptación del uso de extractos de plantas y algas. Estos se utilizan para mejorar los rendimientos agrícolas y para prevenir y tratar enfermedades en las plantas. Además, estos extractos son biodegradables y presentan baja o ninguna toxicidad para animales y seres humanos. (Povero, 2016). Además, las algas verdes participan en la generación de metabolitos como hormonas vegetales, polisacáridos y compuestos antimicrobianos, los cuales son fundamentales para la fisiología de las plantas y para el desarrollo de comunidades microbianas en el suelo, (Renuka, 2018).

MATERIALES Y METODOS

El experimento tuvo lugar en el Instituto Tecnológico Nacional de México Campus Roque, en una parcela de 640 m² y en el laboratorio de Fitosanidad. La preparación del terreno consistió en un barbecho y pase de rastra y se surco a una distancia de 75 cm entre sí. Para la siembra se inocularon semillas de garbanzo variedad Sinaloa con 7.2 mL de *Trichoderma* más 5 ml de algas marinas (NG-PLUS) y 15.53 g de azúcar por kg de semilla las cuales se mezclaron en un recipiente de 4 L durante 10 min, en seguida se sembraron en un diseño experimental de cuatro bloques al azar con un tratamiento y un testigo blanco, donde el testigo blanco no fue sometido a ningún tratamiento. Cada unidad experimental se dividió en tres surcos de 15 m de largo con una densidad de siembra de 180 semillas por surco, y una separación entre plantas de 14 cm, a los 7 días posteriores a la siembra se realizó un conteo de las plantas que habían germinado y alcanzado la etapa de emergencia el conteo se llevó a cabo diariamente hasta que se estandarizo el número de plantas emergidas, en seguida se realizó un muestreo destructivo de 15 plantas por unidad experimental donde se evaluaron las siguientes variables longitud de planta, longitud de raíz, longitud de plúmula, las cuales se midieron con una regla de plástico cm en seguida se diseccionaron con unas tijeras el tallo, raíz, plúmula, semilla, las cuales fueron pesadas en una balanza analítica (ADAM®) en g, donde sacamos peso fresco de hoja, peso fresco de semilla, peso fresco de plúmula, peso fresco de raíz, posteriormente se introdujeron en una estufa (FELISA®) 48 hs a una temperatura de 72 °C , después de este proceso realizó el peso seco hoja, peso seco de raíz, peso seco de semilla. Con los pesos fresco y seco de cada variable se determinó la biomasa restando el peso seco al peso fresco. Con los datos de cada variable se realizó un análisis de varianza y cuando esta presento diferencias ($P > 0.05$) se realizó una prueba de medias Tukey, todo ello en el programa SAS Systems (9.4).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza muestran que los tratamientos presentaron efecto al 99% de significancia ($P < 0.001$) ($Pr > F$) en la longitud de raíz ($< 0.0001^{**}$), peso fresco de semilla (0.0004^{**}), peso fresco de hoja (0.0021^{**}) y biomasa de hoja ($< 0.0001^{**}$) estos valores son semejantes a lo reportado por Ruiz *et al.*, (2018) quien en un trabajo de investigación indujo el crecimiento en longitud de raíz al ser inoculado con *Trichoderma harzianum*, y difieren en la biomasa de hoja y peso fresco de hoja a lo reportado por Silva *et al.*, (2020) quien en un estudio realizado con soya menciona que las plantas tratadas con *Trichoderma* y algas marinas mostraron diferencias significativas en los tratamientos.

Mientras que, para las variables de longitud de plúmula (0.8519^{ns}), altura de planta (0.1008^{ns}), peso de planta (0.0634^{ns}), peso fresco de raíz (0.6699^{ns}), peso fresco de plúmula (0.6231^{ns}), peso seco de planta (0.4134^{ns}), peso seco de semilla (0.9477^{ns}), peso seco de plúmula y peso seco de hoja (0.7348^{ns}), biomasa de planta (0.0564^{ns}), biomasa de raíz (0.4380^{ns}), biomasa de plúmula (0.6600^{ns}), biomasa de semilla (0.1104^{ns}) se mostraron valores no significativos en los tratamientos aplicados a las semillas.

Cuadro 1. Efecto de tratamiento pregerminativo en parámetros agronómicos de plantas de garbanzo

Tratamiento	Dosis (ml)	Longitud de raíz (cm)	Peso fresco de semilla (g)	Peso fresco de hoja (g)	Biomasa de hoja (g)
<i>Trichoderma</i> + Algas marinas	7.2+5	13.77 a	0.26 b	7.07 a	0.06 b
Testigo	-	8.87 b	0.39 a	5.91 b	0.20 a

Para longitud de raíz el tratamiento con *Trichoderma* + algas marinas a una dosis de 7.2 mL + 5 mL Kg⁻¹ presentó el mayor valor con un promedio de 13.77 cm, mientras que el testigo comercial presentó el menor valor con un promedio de 8.87 cm esto quiere decir que la combinación de *Trichoderma* + algas marinas aumenta en más de 4.9 cm en la longitud de raíz, este valor es inferior a lo reportado por

Hoyos-Carvajal *et al.* (2009) quien obtuvo un promedio de 14.4 cm en sus plantas de garbanzo con la aplicación de *Trichoderma*.

Los datos obtenidos sobre el peso fresco de hoja en esta investigación, se observó que el mayor valor se obtuvo con la aplicación de *Trichoderma* + algas marinas con 7.07 g a diferencia del testigo que presento un menor valor con un promedio de 5.91 g esto quiere decir que existe una diferencia en el peso fresco de hoja de 1.16 gr sobre el tratamiento antes mencionado, este valor es superior a lo reportado por Agrotterra (2011) quien en una investigación obtuvo un promedio de 5.66 gr en plantas de rosa con la aplicación de *Trichoderma*.

El tratamiento de la combinación de *Trichoderma* y algas marinas observó un valor de 0.20 g mientras que el tratamiento de la combinación de *Trichoderma* + algas marinas presento el menor valor con un promedio de 0.06 gr esto quiere decir que hay una diferencia de 0.14 gr en biomasa de hoja sobre el tratamiento antes mencionado, este valor es inferior a lo reportado por Prado-Garcia (2022) quien en una investigación en el rendimiento de garbanzo blanco obtuvo un promedio de 0.73 gr en la biomasa de hoja.

CONCLUSIÓN

Se recomienda realizar inoculaciones a la semilla de garbanzo con *Trichoderma* y algas marinas a una dosis de 7.2 mL + 5 mL Kg⁻¹ debido a que con ello se aumenta en más del 19 % la longitud de raíz, peso fresco de la hoja en comparación del testigo comercial utilizado, siendo así una buena alternativa para un mejor desarrollo vegetativo en el cultivo de garbanzo y con ello aumentar la producción en cantidad y calidad.

LITERATURAS CITADA

Agrotterra. 2011. *Trichoderma harzianum*. *Trichoderma harzianum*. Disponible en línea: <http://www.agrotterra.com/blog/actualidad/trichoderma-harzianum/65418/>

- Bashir, M. H., et al. (2021). "Impact of Climate Change on Chickpea Production: A Review." *Agricultural Reviews*, 42(3), 221-229.
- Calvo P, Nelson L, Kloepper JW. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and soil*. 2014;383(1-2):3-41.
- Daba, K., et al. (2020). "Effects of Climate Change on Chickpea Production: A Review." *Journal of Plant Nutrition*, 43(12), 1886-1902.
- FAO. (2021). "The State of Food Security and Nutrition in the World 2021." Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Hoyos Carvajal, *et al.* (2009). *Enfermedades de plantas: control biológico*. Bogotá, Colombia, Universidad Estatal de Colombia. 217 p.
- InfoAgro. El cultivo del garbanzo [Internet]. 2002 [cited 28/04/2019].
- Kumar, S., et al. (2020). "Sustainable Agricultural Practices for Chickpea Production." *Field Crops Research*, 251, 107756.
- Povero G, Mejia JF, Di Tommaso D, Piaggese A, Warrior P. A Systematic Approach to Discover and Characterize Natural Plant Biostimulants. *Frontiers in Plant Science*. 2016;7:435. doi:10.3389/fpls.2016.00435
- Prado García.2022. RENDIMIENTO DE GARBANZO BLANCO CON SOLO RIEGO DE PRESIEMBRA EN DOS LOCALIDADES DE GUANAJUATO, Gto., México CP 38110.
- Renuka N, Guldhe A, Prasanna R, Singh P, Bux F. Microalgae as multi-functional options in modern agriculture: current trends, prospects and challenges. *Biotechnology advances*. 2018;36(4):1255-73
- Renuka N, Guldhe A, Prasanna R, Singh P, Bux F. Microalgae as multi-functional options in modern agriculture: current trends, prospects and challenges. *Biotechnology advances*. 2018;36(4):1255-73.
- Ruiz-Cisneros, M. F.; Ornelas-Paz, J. J.; Olivas-Orozco, G. I.; Acosta-Muñiz, C. H.; Sepúlveda-Ahumada, D. R.; Pérez-Corral, D. A.; Ríos-Velasco, C.; Salas-Marina, M. A. and Fernández-Pavía, S. P. 2018. Efecto de *Trichoderma* spp. y hongos fitopatógenos sobre el crecimiento vegetal y calidad del fruto de jitomate. *Rev. Mex. Fitopatol.* 36(3):444-456.

Silva, M; Nascente, A; de Filippi, M; Lanna, A; da Silva, G; Arruda E Silva, J. 2020. Individual and combined growth-promoting microorganisms affect biomass production, gas exchange and nutrient content in soybean plants. Rev. Caatinga, 33(3):619-632.

Trichoderma* spp. Y MECANISMOS DE DEFENSA SOBRE EL DESARROLLO DE *Fusarium oxysporum* Y *Botrytis cinerea

Nadia Landero-Valenzuela^{1*}, Georgina Hernández-Barrera², Judith Hernández-Callejas³,

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Horticultura, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. ²Tecnológico Nacional de México, Campus Occidente del Estado de Hidalgo, Ingeniería en Industrias Alimentarias, Paseo del Agrarismo núm. 2000. Carr. Mixquiahuala-Tula Km. 2.5, Mixquiahuala, México, ³Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Departamento de Agrotecnología, Calle Domicilio Conocido, sin número exterior ni interior, Colonia Domicilio Conocido, 42660 Tepatepec, Francisco I. Madero, Hidalgo.

*Autor de correspondencia: nadialandero00@gmail.com

RESUMEN

Los fungicidas empleados para el control de fitopatógenos son tóxicos, residuales y caros, por lo que es necesario buscar alternativas para preservar la agricultura sustentable. El objetivo del estudio fue conocer los mecanismos antagónicos de cepas *Trichoderma* spp. *in vitro*, bajo un diseño experimental completamente al azar con 3 repeticiones. Se utilizaron 4 cepas de *Trichoderma* spp. *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* (cepas no nativas) y *Trichoderma* C3 y *Trichoderma* C2 (cepas nativas). Se identificaron y evaluaron los mecanismos de antagonismo por competencia de espacio, micoparasitismo, antibiosis sobre hongos fitopatógenos. Las cepas de *Trichoderma* spp. presentaron rápido crecimiento en los tratamientos TVB, TVF, TC2B, TC3B, primer contacto a los 4.5 a 5.5 días; TVB, TC3B, TC2B y TVF presentaron mayor porcentaje de colonización. El porcentaje de inhibición en el enfrentamiento dual (PICR) para *Botrytis cinerea* fue de 27 al 53% y para *Fusarium oxysporum* de 19.05 a 33.33%. El porcentaje de inhibición por metabolitos no volátiles para *B. cinerea* fue de 49.4% al 88% y de 16.4 al 31.8 % para *F. oxysporum*. Las cuatro cepas de *Trichoderma* spp. presentaron todos los mecanismos de micoparasitismo sobre *B. cinerea* y *F. oxysporum*, mostraron control sobre los hongos fitopatógenos, con diferencia significativa y ventaja de las cepas nativas con respecto a las no nativas en cuanto al % de inhibición de hongos fitopatógenos por antagonismo.

Palabras clave : Mecanismos de acción, *Trichoderma*, patógenos, sustentabilidad, alternativa a pesticidas

ABSTRACT

The fungicides used to control phytopathogens are toxic, residual and expensive, so it is necessary to look for alternatives to preserve sustainable agriculture. The objective of the study was to know the antagonistic mechanisms of *Trichoderma* spp. strains *in vitro*, under a completely randomized experimental design with three repetitions. Four strains of *Trichoderma* spp were used: *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma viride* (non-native strains) and *Trichoderma* C3 and *Trichoderma* C2 (native strains). The mechanisms of antagonism due to space competition, mycoparasitism, and antibiotics on phytopathogenic fungi were identified and evaluated. Strains of *Trichoderma* spp. showed rapid growth in the TVB, TVF, TC2B, TC3B treatments, first contact at 4.5 to 5.5 days; TVB, TC3B, TC2B and TVF presented a higher percentage of colonization. The percentage of inhibition in the dual confrontation (PICR) for *Botrytis cinerea* was 27 to 53% and for *Fusarium oxysporum* from 19.05 to 33.33%. The percentage of inhibition by non-volatile metabolites for *B. cinerea* was 49.4% to 88% and 16.4 to 31.8% for *F. oxysporum*. The four strains of *Trichoderma* spp. presented all the mechanisms of mycoparasitism on *B. cinerea* and *F. oxysporum*, they showed control over phytopathogenic fungi, with a significant difference and advantage of the native strains with respect to the non-native ones regarding the % inhibition of phytopathogenic fungi due to antagonism.

Keywords: Mechanisms of action, *Trichoderma*, pathogens, sustainability, alternative to pesticides

INTRODUCCIÓN

El control de hongos fitopatógenos con productos químicos causantes de enfermedades de plantas y frutos con aplicación en follaje, semillas y suelo, en la mayoría de los casos, los fungicidas son efectivos (Wilson, 1997; Oh y Lee, 2000); sin embargo, su uso trae como consecuencias efectos nocivos sobre el ambiente

debido a su residualidad (Batra, 1982; O'Keeffe y Farell, 2000), acumulándose en cuerpos de agua, suelo, plantas y animales, además de que generan resistencia por parte de los fitopatógenos (Ho, 2000; Falloon, Follas, Butler y Goulden, 2000; Elad, 2000), sin olvidar las afectaciones causada en la salud humana (Kookana y Simpson, 2000; Paoletti y Pimentel, 2000). Una alternativa a estos pesticidas es el control biológico que es una condición bajo la cual la actividad de supervivencia de un fitopatógeno es reducida, a través de un organismo vivo, como resultado se tendrá la reducción de incidencia o severidad de enfermedades que cause el patógeno. Estas características han sido estudiadas y observadas ampliamente en el género *Trichoderma*. Las especies de *Trichoderma* se han investigado como agentes de control biológico por cerca de 70 años, se caracterizan por ser hongos saprófitos, que sobreviven en suelos con diferentes cantidades de materia orgánica, los cuales son capaces de descomponerla y en determinadas condiciones pueden ser anaerobios facultativos, lo que les permite mostrar una mayor plasticidad ecológica (Rodríguez, 1990). Los géneros *Fusarium* y *Oxysporum* son patógenos de gran importancia económica en la agricultura, por las pérdidas que causan, por lo que en el presente trabajo se planteó como **objetivo** conocer y evaluar los mecanismos de acción de hongos nativos y no nativos de *Trichoderma* spp. sobre hongos fitopatógenos (*Fusarium oxysporum* y *Botrytis cinerea*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron dos hongos *Trichoderma* no nativos (*Trichoderma harzianum* TH-CEPLAC, *Trichoderma viride* TV-CEPLAC) y dos hongos nativos de *Trichoderma* (*Trichoderma* spp TC2-HGO-19, *Trichoderma* spp TC3-HGO-19) colectados del área experimental de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero en Hidalgo, México, en total fueron ocho tratamientos, con cuatro repeticiones, los hongos patógenos fueron *Fusarium oxysporum* y *Botrytis cinerea* Tratamientos: TV-CEPLAC sobre *Fusarium oxysporum* (TVF), TV-CEPLAC sobre *Botrytis cinerea* (TVB), TH-CEPLAC sobre *Fusarium oxysporum* (THF), TH-CEPLAC sobre *Botrytis cinerea* (THB), TC2-HGO-19 sobre *Fusarium oxysporum* (TC2F), TC2-HGO-19 sobre *Botrytis cinerea* (TC2B), TC3-HGO-19 sobre *Fusarium oxysporum* (TC3F),

TC3-HGO-19 sobre *Botrytis cinerea* (TC3B); Testigo *Fusarium oxysporum* (TESTFUSARIUM), testigo *Botrytis cinerea* (TESTBOTRYTIS) y control químico sobre *Fusarium oxysporum* (Q.FUSARIUM), control químico sobre *Botrytis cinerea* (Q. BOTRYTIS). se enfrentaron con hongos *Fusarium oxysporum* y *Botrytis cinerea*, las variables evaluadas fueron el porcentaje de inhibición del hongo fitopatógeno, porcentaje de colonización por competencia de espacio y nutrientes de hongos antagonista, antibiosis (metabolitos volátiles y no volátiles), y tipos de micoparasitismo por observaciones microscópicas. Se empleó un diseño completo al azar. Todos los datos fueron analizados a través de programa SAS versión 9.0 (SAS,1987), Se hicieron ANOVAS, las medias fueron comparadas empleando la prueba Tukey ($p < 0.05$);

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico mostró que existen diferencias significativas; los tratamientos TVB, TC3B, TC2B y TVF presentaron mayor porcentaje de colonización por competencia de espacio y nutrientes sobre los hongos fitopatógenos con una clase de antagonismo nivel 1 de acuerdo a la escala de Bell *et al.* (1982), los tratamientos que presentan mayor % de inhibición (antagonismo) son TC3B (53.19%), TC2B (51.98%).

Cuadro 1. Porcentaje de inhibición de crecimiento radial del hongo fitopatógeno (PICR), clase de antagonismos de cepas *Trichoderma* spp., porcentaje de colonización de hongos antagonistas y porcentaje de colonización de hongos fitopatógenos.

Tratamiento	Colonización de hongo antagonista (%)	% inhibición de hongos fitopatógenos (PICR)	Clase de antagonismo
THB	50.1 ^g ± 1.6	27.76 ⁱ ± 3.9	3
TVB	100.0 ^b ± 7.8	45.92 ^c ± 10.9	1
TC3B	100.0 ^a ± 17.6	53.19 ^a ± 6.0	1
TC2B	100.0 ^c ± 7.0	51.98 ^b ± 4.9	1
THF	42.0 ^h ± 4.2	19.05 ^j ± 8.2	3
TVF	100.0 ^d ± 0.4	33.33 ^e ± 4.8	1
TC3F	80.2 ^f ± 3.3	31.75 ^g ± 5.5	2
TC2F	89.4 ^e ± 7.1	31.75 ^h ± 2.7	2

Clase de antagonismo de acuerdo a escala de Bell et al. (1982): **1** (la cepa coloniza el 100% de la superficie del medio y crece sobre el patógeno), **2** (la cepa coloniza dos terceras partes de la superficie del medio de cultivo y limita el crecimiento del fitopatógeno), **3** (la cepa y el fitopatógeno colonizan cada uno la mitad de la superficie, ningún hongo domina); las medias con letras no iguales en columnas indican que son estadísticamente diferentes (Tukey ≤ 0.05).

Los tratamientos que presentaron mayor colonización sobre el hongo fitopatógeno fueron TVB (1.171 cm), TC3B (1.173 cm), TC2B (1.057 cm) y TVF (1.01 cm) con mayor actividad de micoparasitismo; en los casos del porcentaje de inhibición por antibiosis por metabolitos no volátiles los mejores tratamientos fueron TVB (88.49%), TC3B (69.03%) y TC2B (83.11%), por otro lados en el caso de los metabolitos volátiles los tratamientos THB (56.75%), TVB (40.87%), TC3B (41.27%) y TC2B (35.32%) observaron los porcentajes más altos a diferencia del resto de los tratamientos; en las observaciones de micoparasitismos las cepas de *Trichoderma* presentaron todos los mecanismos de micoparasitismo (crecimiento quimiotrófico, adhesión celular, enroscamiento, formación de apresorios, lisis y penetración de hifas de *Trichoderma* spp. sobre hongo fitopatógeno). Los hongos TC2-HGO-19 y TC3-HGO-19 colectados en la plataforma experimental de UPFIM mostraron capacidad antagónica sobre *Botrytis cinerea* por arriba del 50% y sobre *Fusarium oxysporum* menor del 50%. Aceves et al., (2008) menciona que las especie *T. harzianum* tienen potencial biocontrolador ya que al enfrentarlas con la *F.oxisporum*

las diferentes especies de *T. harzianum* presentaron inhibiciones del 41% hasta 62.9%.

Con respecto a los días de contactos, se observó que los tratamientos muestran diferencia significativa, los tratamientos TC3F, TC2F, TC3B presentaron los siguientes resultados 7.75 días, 6.25 días, 5.5 días, respectivamente. Por otro lado, los tratamientos TC2B y TVF son iguales teniendo una media de 5.0 días, en comparación de los tratamientos TVB que fue de 4.5 días y de THF que fue de 10 días. Aceves et al., (2018) menciona que las cepas nativas de hongos antagonistas de *Trichoderma* spp. de Tecoaapa y Ayutla, Guerrero presentaron días de contacto de 3, 4 y 5 días en enfrentamiento con *Fusarium oxysporum* y *Phytophthora parasítica*

Los hongos TC2-HGO-19 y TC3-HGO-19 destacaron por inhibir el crecimiento por arriba del 50% de *Botrytis cinerea* en enfrentamientos duales, mientras que TV-CEPLAC, TC2-HGO-19 y TC3-HGO-19 se destacaron por estar arriba del 100% de colonización y observar esporulación sobre *Botrytis cinerea*. En cuanto a TV-CEPLAC, este presentó una colonización por arriba del 100% y observó esporulación sobre *Fusarium oxysporum*. La competencia de espacio y nutrientes de los hongos TV-CEPLAC, TC2-HGO-19 y TC3-HGO-19 presentaron crecimiento en todo el medio entre 4.5 a 5.5 días sobre *Botrytis cinerea*. El hongo antagonista TV-CEPLAC, mostró crecimiento (competencia de espacio y nutrientes) en todo el medio en 5.0 días sobre *Fusarium oxysporum*. Por otro lado, TV-CEPLAC, TH-CEPLAC, TC2-HGO-19, TC3-HGO-19 observaron mecanismos de micoparasitismo (crecimiento quimiotrófico, adhesión en pared celular, enroscamiento, formación de opresores y penetración y lisis), como resultado final se presentó pérdida de citoplasma de las células del hospedante, lo que disminuye la actividad patogénica por debilitamiento. TV-CEPLAC, TH-CEPLAC, TC2-HGO-19, TC3-HGO-19 observaron un porcentaje de 49.44 a 88.49% de inhibición por metabolitos no volátiles sobre *Botrytis cinerea* y por abajo del 32% para *Fusarium oxysporum*. Los hongos TV-CEPLAC, TH-CEPLAC, TC2-HGO-19, TC3-HGO-19 observaron un porcentaje de 35.32 a 56.75% de inhibición por metabolitos volátiles sobre *Botrytis cinerea*. Y por abajo del 15% para *Fusarium oxysporum*.

Cuadro 2. Mecanismos de micoparasitismos de las cepas *Trichoderma* spp. observados en los enfrentamientos duales en microcultivos.

Tratamiento	Mecanismos de micoparasitismo de cepas <i>Trichoderma</i> spp.			
	a Crecimiento quimiotrófico	b Adhesión en pared celular	c Enroscamiento y formación de opresores	d Penetración y lisis
THB	+	+	+	+
TVB	+	+	+	+
TC3B	+	+	+	+
TC2B	+	+	+	+
THF	+	+	+	+
TVF	+	+	+	+
TC3F	+	+	+	+
TC2F	+	+	+	+

(+) = presencia de mecanismo de micoparasitismo; (-) = ausencia de mecanismo de micoparasitismo.

Las 4 cepas de *Trichoderma* spp. presentan los 4 mecanismos de micoparasitismo como mencionan Chet e Inbar (1994): crecimiento quimiotrófico (**a**), adhesión en la pared celular (**b**), el enroscamiento, formación de opresores (**c**) y finalmente la penetración y lisis de la pared celular de los hongos fitopatógenos (**d**), lo que hace que tenga debilitamiento y muerte por inanición del hongo fitopatógeno.

De acuerdo a Elad et al. (1983) la adhesión de las hifas de *Trichoderma* (**a**) ocurre gracias a la asociación de un azúcar de la pared del antagonista con una lectina presente en la pared del patógeno, las lectinas son proteínas enlazadas a azúcares o glicoproteínas, las cuales aglutinan células y están involucradas en las interacciones entre los componentes de la superficie de las células y su ambiente extracelular. Howell (2003) menciona que el crecimiento quimiotrófico es estimulado por moléculas de naturaleza desconocida procedentes del hongo fitopatógeno, las únicas que se han detecta son aminoácidos y azúcares, cuando la respuesta de reconocimiento es positiva las hifas de cepas de *Trichoderma* spp. se adhieren (**b**) a las del hospedante mediante la formación de estructuras parecidas a ganchos y apresorios, se enrollan alrededor de estas (**c**), todo esto está mediado por procesos enzimáticos (Pérez, 2004). Barondes (1981) menciona que una vez que se adhieren se enrosca alrededor de este y forma el apresorio (**c**), la lisis es el mecanismo en el

cual intervienen las enzimas hidrolíticas producidas por los microorganismo antagonistas como factores biocontroladores, en el caso de *Trichoderma* produce celulasas, quitinasas, glucanasas y proteasas, que degradan las paredes celulares del hospedante lo que hace posible la penetración de las hifas del antagonista (Haram et al., 1996), al producir la lisis, aparecen los orificios (**d**), por donde penetra la hifa del hongo hospedante.

Cuadro 3. Porcentaje de inhibición de hongos fitopatógenos por metabolitos no volátiles (solubles) de cepas *Trichoderma* spp.

Tratamiento	% inhibición por metabolitos no volátiles.
THB	49.44 ^d ± 10.8
TVB	88.49 ^a ± 23.4
TC3B	69.03 ^c ± 2.8
TC2B	83.11 ^b ± 5.5
THF	16.36 ^h ± 3.9
TVF	28.10 ^g ± 5.1
TC3F	31.79 ^e ± 16.4
TC2F	31.61 ^f ± 2.4

Nota: las medias con letras iguales en columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey ≤ 0.05).

En el cuadro 3 se muestran los % de inhibición de hongos fitopatógenos por metabolitos no volátiles de las 4 cepas de *Trichoderma* spp. Los tratamientos muestran mayor % de inhibición para *B. cinerea* y menor para *F. oxysporum*, se observó crecimiento micelial por parte de los hongos fitopatógenos, pero no de conidios ni de micro y macroconidias; cada tratamiento muestra diferencia significativa.

CONCLUSIONES

Las especies nativas *T. C3* y *T. C2* (TC3-HGO-19, TC2-HGO-19) y la no nativa *T. viride*, (TV-CEPAL) se destacaron por estar arriba del 100% de colonización y observar esporulación sobre *Botrytis cinerea*

La especie no nativa *T. viride* (TV-CEPLAC), presentó una colonización por arriba del 100%, esporulación sobre la especie *Fusarium oxysporum*

Las especies *T. viride*, *T. harzianum*, *T.C2* y *T.C3* (TV-CEPLAC, TH-CEPLAC, TC2-HGO19, TC3-HGO-19) observaron un porcentaje de 49.44 a 88.49% de inhibición por metabolitos no volátiles sobre *Botrytis cinerea* y por debajo del 32% para *Fusarium oxysporum*

Las especies nativas *T. C3*, *T. C2* (TC3-HGO-19, TC2-HGO-19) y la no nativa *T. viride*, (TVCEPAL), presentaron intersección con hongos fitopatógenos de 4.5 a 5.5 días sobre *Botrytis cinerea*.

La especie *T. viride* (TV-CEPLAC), presentó crecimiento (competencia de espacio y nutrientes) en todo el medio en 5.0 días sobre *Fusarium oxysporum*.

Las especies nativas *T. C3* y *T. C2* (TC3-HGO-19, TC2-HGO-19) y las especies no nativas *T. harzianum* y *T. viride* (TH-CEPLAC, TV-CEPLAC) presentaron capacidad antagónica (competencia de espacio y nutrientes, micoparasitismo y antibiosis) sobre especies *Botrytis cinerea* y *Fusarium oxysporum*

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero por el apoyo financiero e infraestructura para concluir con el presente trabajo.

LITERATURA CITADA

- Batra, S. (1982). Biological control in agroecosystems. *Science* 215, 134-139.
- Binder, C. G. G. (2016). Simulating human and environmental exposure from hand-held knapsack pesticide application: Be-WetSpa-Pest, an integrative, spatially explicit modeling approach. *J. Agric. Food Chem*, 64 (20), 3999–4008.

- Cruz-Cárdenas, C.I. (2021). Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en México: consideraciones y retos. *Rev Mex Cien Agric.*, pp.899-913.
- Chávez-Díaz, I.F. (2020). Consideraciones sobre el uso de biofertilizantes como alternativa agro-biotecnológica sostenible para la seguridad alimentaria en México. *Rev Mex Cienc Agric* 11, 1423-1436.
- Edwin, R. G. B. (2018). Antibiosis y efecto de pH-temperatura sobre el antagonismo de cepas de *Trichoderma asperellum* frente a *Alternaria solani*. *Revista de protección vegetal*, 9.
- Elad, Y. C. I. (2000). Parasitism of *Trichoderma* sp. on *Rhizoctonia solani* and *Sclerotium rolfsii* scanning electron microscopy and fluorescence microscopy. *Phytopathol*, 73:78.
- Falloon, R. F. (2000). Resistance in *Peronospora viviae* to phenylamide fungicides: reduced efficacy of seed treatments of pea (*Pisum sativum*) and assessment of alternatives. *Crop Protection*, 19, 313-325.
- Hernández-Melchor, D.J. (2019). *Trichoderma*: importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Chil J Agric Anim.*, 35, 98-112.
- Ho, C. C. (2000). Spider-mite problems and control in Taiwan. *Experimental & Applied Acarology*, 24, 453-462
- Oh, H., & Lee, Y. (2000). A target-site-specific screening system for antifungal compounds on appressorium formation in *Magnaporthe grisea*. *Phytopathology*. 90, 116-116
- O’Keeffe, M., & Farrell, F. (2000). The importance of chemical residues as a food safety issue. *Irish Journal of Agricultural y Food Research* 39, 257-264
- Kookana, R., & Simpson, B. (2000). Pesticide fate in farming systems: research and monitoring. *Communications in Soil Science y Plant Analysis*. 31, 164-165.
- Paoletti, M., & Pimentel, D. (2000). Environmental risks of pesticides versus genetic engineering for agricultural pest control. *Journal of Agricultural y Environmental Ethics*. 12, 279-303

- Rodríguez I. (1990). Efecto antagónico de ocho aislamientos de *Trichoderma* contra *Fusarium moniliforme* (Booth) y *Fusarium subglutinans* (Booth). Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo . Universidad Agraria de La Habana.
- Wilson, C. L., Solar, J. M., Ghaouth, E. A., & Wisniewski, M. E. (1997). Rapid evaluation of plant extracts and essential oils for antifungal activity against *Botrytis cinerea*. *Plant Disease* 81, 204-210

USO DEL EXTRACTO DE *Argemone mexicana* PARA EL MANEJO DE PULGÓN Y SU IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL CHILE SERRANO

María Fernanda Elías-Vásquez, Yareli Alejandra Velasco León, Anabel Flores Lee y Mariana Quiroz González.

Estudiante de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, Cuitzeo de los Naranjos CP 36976, Los Naranjos, Abasolo, Gto. Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, Cuitzeo de los Naranjos CP 36976, Los Naranjos, Abasolo, Gto. Tecnológico Nacional de México-Roque, Km 8 Carretera J. Rosa-Celaya, CP 38110 Celaya, Gto.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres concentraciones del extracto vegetal de *Argemone mexicana* en el control pulgón y su impacto en el rendimiento del chile serrano. El experimento se llevó a cabo en un campo agrícola en la comunidad de San Rafael de Horta, se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos a base de diferentes concentraciones de etanol (100%, 70%, 50%) además de un control que fungió como testigo, en el mismo se evaluaron dos variables principales que fueron la efectividad del extracto vegetal y el rendimiento del cultivo de chile serrano. Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas en la eficacia del control del pulgón entre las diferentes concentraciones, aunque se observó una reducción moderada en la población de pulgones en los tratamientos con extracto, lo que indicó una efectividad similar en todas las dosis. Respecto al rendimiento, T2 obtuvo un mayor rendimiento con 0.54 t/ha, seguido de T4 con 0.52 t/ha, mientras que el resto de los tratamientos 1 y 3 mostraron menores rendimientos. Esto sugiere que el uso de extractos vegetales puede ser una alternativa viable y amigable con el medio ambiente para el manejo de plagas, pero sin un impacto evidente en el rendimiento del cultivo de chile serrano. Se recomienda realizar más estudios para determinar la eficacia y los posibles beneficios de los extractos botánicos en condiciones más controladas y diversas.

Palabras clave: *Argemone mexicana*, *Pulgón verde*, *Chile serrano*, *Control*, *Extracto botánico* y *Rendimiento*.

ABSTRACT

The present research work aimed to evaluate the effect of three concentrations of the *Argemone mexicana* plant extract on aphid control and its impact on the performance of the serrano pepper. The experiment was carried out in an agricultural field in the community of San Rafael de Horta, an experimental design of completely random blocks was used, with four treatments based on different concentrations of ethanol (100%, 70%, 50%) in addition to a control that served as a witness, in it two main variables were evaluated that were the effectiveness of the plant extract and the yield of the serrano chili cultivation. The results showed that there were no significant differences in the effectiveness of aphid control between the different concentrations, although a moderate reduction in the aphid population was observed in extract treatments, which indicated a similar effectiveness in all doses. Regarding performance, T2 obtained a higher yield with 0.54 t/ha, followed by T4 with 0.52 t/ha, while the rest of treatments 1 and 3 showed lower yields. This suggests that the use of plant extracts may be a viable and environmentally friendly alternative for pest management, but without an obvious impact on the yield of the serrano pepper crop. It is recommended to carry out more studies to determine the effectiveness and possible benefits of botanical extracts under more controlled and diverse conditions.

Keywords: *Mexican Argemone*, *Green Aphid*, *Serrano pepper*, *Control*, *Botanical Extract* and *Performance*.

INTRODUCCIÓN

El chile serrano (*Capsicum annuum*) es un cultivo de gran importancia económica en México debido a su alto consumo y producción a nivel mundial (Aguilar-Rincón et al., 2010), sin embargo, enfrenta problemas de calidad y rendimiento debido a plagas como el pulgón verde, que afecta el cultivo en todas sus etapas de desarrollo y actúa como vector de enfermedades virales (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], (2021).

En respuesta a esto, los extractos vegetales han surgido como una alternativa más ecológica y segura para el control de plagas agrícola. Diversos estudios han resaltado la efectividad de los extractos botánicos en manejo de plagas, señalando su capacidad para reducir poblaciones de insectos dañinos sin afectar el equilibrio ecológico de los cultivos (Smith et al., 2018). Por lo tanto, el uso de extractos de *Argemone mexicana*, una planta nativa comúnmente conocida como chicalote, representa una alternativa viable para el manejo de plagas en los cultivos como el chile serrano (Hernández, 2021). Este estudio es respaldado por investigaciones que sugieren que las propiedades insecticidas de los extractos vegetales pueden variar según la concentración y tipo de solvente utilizado, además de las condiciones ambientales de la región (Vargas y López, 2020).

Estudios previos han examinado el uso de extractos de diferentes plantas en concentraciones variables, destacando que su efectividad depende de factores específicos que pueden optimizarse para maximizar su impacto en el control de plagas (Aguirre-Mancilla et al., 2017). Bravo et al. (2013) también señalan la importancia de comprender los aspectos biológicos y ecológicos de las plagas agrícolas para mejorar la aplicación de estos métodos naturales.

Estas investigaciones respaldan el presente estudio, que busca evaluar el control de pulgón verde mediante un extracto vegetal a base de *A. mexicana*, la cual es considerada una maleza dentro del estado de Guanajuato.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en un campo agrícola en la comunidad de San Rafael de Horta, Abasolo, Guanajuato, bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar. Los tratamientos consistieron en tres concentraciones de extracto de *Argemone mexicana* (100%, 70%, 50%) obtenidos por fermentación en etanol, además, se incluyó un control sin tratamiento mismos que se distribuyeron en cuatro bloques, cabe mencionar que cada una de las unidades experimentales incluyó 10 plantas generando así un total de 128 plantas en el experimento, se evaluaron dos variables que fueron la efectividad del extracto y el rendimiento del

cultivo de chile serrano. Las aplicaciones de los tratamientos se realizaron los días 20 y 30 de julio de 2024 reiterando que se monitoreó la cantidad de pulgones en cada planta antes y después de las aplicaciones, también se obtuvo el rendimiento al final del ciclo. Para el análisis estadístico se utilizó el software InfoStat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectividad de *Argemone mexicana* en tres concentraciones diferentes

Se observó que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos aplicados. Estos hallazgos coinciden con los resultados obtenidos de Smith et al. (2018) quienes evaluaron la efectividad de diferentes extractos botánicos en el control de plagas en cultivos de hortalizas. Aunque dichos extractos mostraron cierta eficacia en la reducción de insectos plaga, las diferencias entre tratamientos no siempre resultaron ser estadísticamente significativas, lo cual atribuyen a factores como la variabilidad ambiental y la resistencia de las plagas. En este sentido, la adopción de extractos botánicos puede reducir la incidencia y la densidad poblacional de plagas como el pulgón (*Myzus persicae*), así mismo, Vargas y López (2020) examinaron extractos de plantas como métodos de control de plagas en cultivos de hortalizas y encontraron que la efectividad de los extractos dependían de la concentración y del tipo de solvente utilizado, donde en sus experimentos, las concentraciones más altas (etanol al 100%) proporcionaron cierto control, pero la diferencia con otras concentraciones no siempre fue estadísticamente significativa, misma que coincide con los resultados que se obtuvieron de T1 y T2, donde el etanol al 100% y al 75% presentaron la misma efectividad.

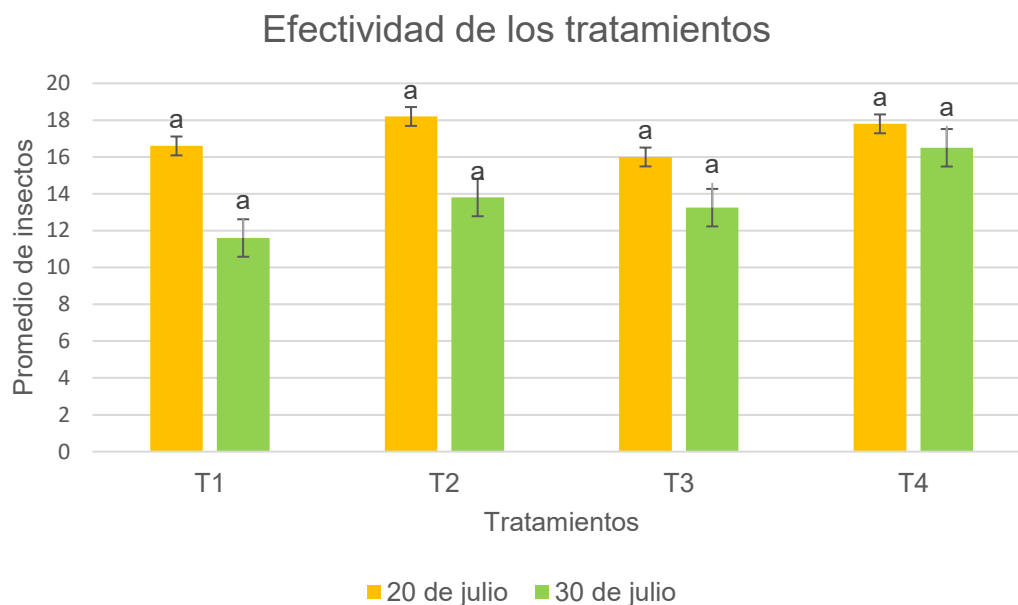


Figura 1 – Promedio de insectos antes y después de aplicación de los tratamientos.

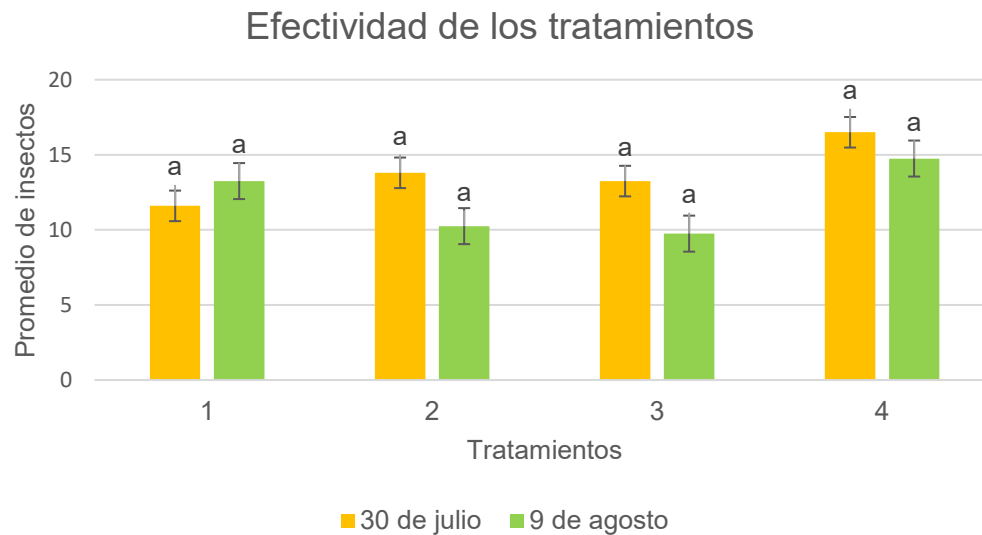


Figura 2 – Promedio de insectos antes y después de aplicación de los tratamientos.

Rendimiento del cultivo de chile serrano

Así mismo, en esta variable se determinó el rendimiento obtenido por los diferentes tratamientos aplicados, se observó que T2 obtuvo el mayor rendimiento con 0.54 t/ha, seguido de T4 con 0.52 t/ha, mientras que el resto de los tratamientos (T1 y T3) presentaron rendimientos menores (0.45 t/ha y 0.42 t/ha respectivamente). Esta variabilidad en los resultados se atribuye a las diferencias en la efectividad de los tratamientos aplicados, así como la posible influencia de factores ambientales durante el experimento. De acuerdo con Martínez et al. (2020), los tratamientos a base de extractos naturales pueden tener efectos variables en el rendimiento de los cultivos, estos efectos dependen de factores como la concentración del extracto y las condiciones del suelo. En este caso, es posibles que T2 haya coincidido con una mezcla favorable a estos factores, por lo cual explicaría su rendimiento alto. Así mismo Martínez et al. (2020) sugieren que la aplicación adecuada y la concentración optima es indispensable para maximizar el impacto positivo de los tratamientos en el rendimiento de los cultivos. Por otro lado, Gómez y Pérez (2019) destacan que los cultivos pueden responder de manera no directa en las aplicaciones de extractos vegetales, ya que estos a veces no ofrecen un control constante como en los químicos. Finalmente, Sánchez et al. (2021) sugieren que la variabilidad en el rendimiento entre tratamientos puede estar relacionada con diferencias en la absorción de nutrientes en el suelo, un factor en el rendimiento general de los cultivos. Por lo que los resultados mostraron que los tratamientos 2 y 4 fueron más efectivos en el rendimiento, debido a la concentración adecuada.

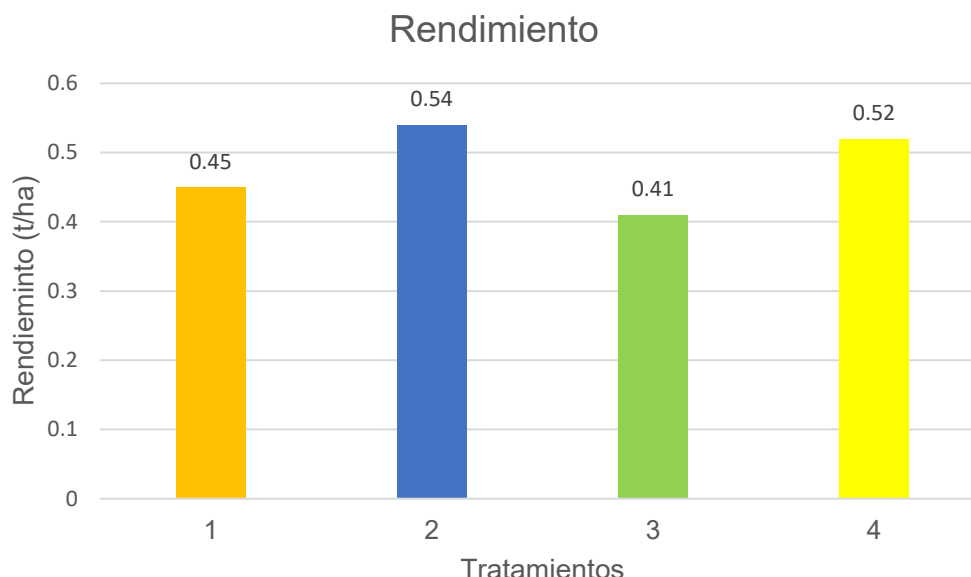


Figura 4.2 – Rendimiento (t/ha) del cultivo de chile serrano.

CONCLUSIONES

El extracto de *Argemone mexicana* no demostró una reducción significativa en la población de pulgones, ya que la variabilidad de los extractos suele depender de la concentración del solvente, en cuanto al rendimiento, el tratamiento T3 (etanol al 75%) obtuvo mayor rendimiento con 0.54 t/ha, seguido del testigo con 0.52 t/ha. Esto debido a que tuvo una mejor asimilación del extracto en comparación con T1 Y T3, los cuales tuvieron rendimientos menores. Sin embargo, este estudio destaca la importancia de continuar investigando el uso de extractos botánicos como alternativas a los plaguicidas convencionales, lo cual se recomienda realizar más investigaciones que incluyan variaciones en el tipo de solvente y formulación para optimizar la aplicación de extractos vegetales en el control de plagas.

LITERATURA CITADA

Aguilar-Rincón, VH, Gámez-Pastrana, R., García-Mateos, MR, Aviña, AC, Villaseñor, MA, y Peña, LM (2010). Los chiles de México y su distribución. Colegio de Postgraduados.

- Aguirre-Mancilla, C. L., Rodríguez-Pérez, J. E. y Mendoza-Figueroa, J. O. (2017). El chile (*Capsicum annuum* L.), cultivo y producción de semilla. *Ciencia y Tecnología*, 5(1), 19-31.
- Bravo, E., Reyes, C. y Soto, J. (2013). Plagas de importancia económica en México: aspectos de su biología y ecología. *Boletín Científico*, 23(2), 45-62.
- Hernández, C. (2021). Evaluación de extractos de neem para el control de pulgones en cultivos de chile. *Revista de Investigación Agrícola*, 45
- Martínez, P., López, R., y Jiménez, S. (2020). Influencia de tratamientos biológicos en el rendimiento de cultivos de chile. *Journal of Agricultural Science*, 25(4), 56-68.
- Gómez, J., y Pérez, L. (2019). Efecto de los extractos naturales en el rendimiento de cultivos hortícolas: Una revisión. *Revista de Agricultura Ecológica*, 15(3), 120-134.
- Sánchez, R., Torres, M., y Ramírez, F. (2021). Factores ambientales y su impacto en el rendimiento de cultivos bajo tratamientos alternativos. *Agroecología y Sostenibilidad*, 10(1), 45-58.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2021). Atlas agroalimentario 2021.
- Smith, J., Brown, L. y Lee, K. (2018). Control biológico de plagas con extractos vegetales: Un análisis comparativo. *Estudios Agrícolas*, 29
- Vargas, L., y López, M. (2020). Efecto de diferentes concentraciones de extractos vegetales en cultivos de hortalizas. *Revista de ciencia vegetal*, 41(3),

USO DE EXTRACTOS VEGETALES PARA EL BIOCONTROL DEL GUSANO COGOLLERO DEL MAÍZ Y SU POSIBLE EFECTO PROMOTOR DEL DESARROLLO

Jesús Antonio González Hernández¹, Francisco Cervantes Rodríguez¹, Leandris Argentel Martínez²

¹Tecnológico Nacional de México, campus Roque, Celaya, Guanajuato. ²Tecnológico nacional de México, Campus Valle del Yaqui, Bácum Sonora. Autor para correspondencia: oleinismora@gmail.com

RESUMEN

Dada la importancia del maíz para el consumo nacional y para disminuir las importaciones es necesario implementar medidas amigables con el ambiente que permitan el biocontrol del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) que es la plaga que, en la actualidad, causa mayores pérdidas a este cultivo. El uso de extractos vegetales puede ser una alternativa sustentable y económicamente viable. El presente trabajo se desarrolló en áreas experimentales del Instituto Tecnológico de Roque con el objetivo de evaluar la efectividad de tres extractos vegetales en genotipos regionales de maíz y su posible efecto promotor del desarrollo. Se evaluaron las variables de altura de planta, número de hojas, total de plantas infectadas por subparcela y rendimiento. Como resultado se obtuvo que las mejores plantas para la variable altura de planta se encontraron T3, T2 y T1 en los genotipos Celaya, Roque 2015 y Amarillo Querétaro, respectivamente. Para la variable número de hojas los genotipos destacados fueron Celaya, Roque 2015 y Amarillo Querétaro. Y para el número de plantas infectadas se aprecia una disminución de plantas afectadas en los genotipos Celaya, Roque 2015 y Amarillo Querétaro, en los tratamientos T4, T1 y T4, respectivamente.

INTRODUCCIÓN

El uso de extractos vegetales como estrategia en el manejo de plagas ha adquirido una creciente relevancia en la agricultura moderna, especialmente en el contexto

de la agricultura sostenible y la necesidad de reducir el uso de pesticidas químicos (Martínez y Ramírez., 2023). El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) es una de las plagas más destructivas del maíz, un cultivo esencial en México y en muchas partes del mundo (Chisonga et al., 2023). Esta plaga no solo provoca pérdidas económicas significativas, sino que también afecta la seguridad alimentaria y el bienestar de los agricultores. La dependencia de insecticidas sintéticos ha llevado a problemas como la resistencia de las plagas y efectos nocivos sobre el medio ambiente y la salud pública (González et al., 2021).

Entre los extractos vegetales más prometedores para el biocontrol de *S. frugiperda* se encuentran el neem (*Azadirachta indica*), la gobernadora (*Larrea tridentata*) y el palo verde (*Parkinsonia aculeata*) (Argente et al., 2024). El neem es conocido por sus propiedades insecticidas y repelentes, debido a su contenido de azadiractina, que interfiere en el ciclo de vida de los insectos (Sharma et al., 2023). Por otro lado, la gobernadora ha demostrado eficacia en estudios recientes, mostrando efectos tóxicos sobre larvas de *Spodoptera* (Cruz et al., 2022). El palo verde, aunque menos estudiado, también ha mostrado potencial en la reducción de poblaciones de plagas, gracias a sus compuestos bioactivos (Martínez et al., 2023). Estudios recientes han demostrado que el uso de extractos de neem puede reducir significativamente las poblaciones de *S. frugiperda*, ofreciendo una alternativa eficaz y menos dañina para el medio ambiente (Mendez et al., 2022).

Con base en lo anterior se desarrolló la presente investigación con el objetivo de explorar la efectividad de los extractos vegetales en el biocontrol del gusano cogollero en maíz, contribuyendo a un manejo más ecológico de las plagas en la región de El Bajío. A través de la presente, se busca no solo reducir la dependencia de agroquímicos, sino también promover prácticas agrícolas más sostenibles, que también promuevan la salud del ecosistema agrícola y la seguridad alimentaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se realizó en áreas experimentales del Instituto Tecnológico de Roque. Se evaluó el efecto de los tres extractos vegetales en cinco genotipos de

maíz. El experimento se realizó en un diseño de parcelas divididas. En ese estudio las parcelas grandes correspondieron a tres tratamientos de extractos hidroalcohólicos y un control sin aplicación de extracto (Control absoluto, T1), y los otros tres a base de extractos vegetales, uno de *Azadirachta indica* (Neem, T2), otro de *Larrea tridentata* (Gobernadora, T3) y el último de *Parkinsonia aculeata* (Palo verde, T4). Las parcelas pequeñas se conformaron por los genotipos, uno de polinización libre (Amarillo Querétaro), una línea (TNM), una variedad (Roque 2015), un criollo (Celaya) y un híbrido comercial (Antílope), para comparar diferencias en cuanto a desarrollo vegetativo y susceptibilidad a la plaga.

Los extractos se aplicaron a una dosis de 150ml de extracto diluidos en 20L de agua por tratamiento. La aplicación se realizó con un aspersor eléctrico de 20L marca Husky.

La superficie total del experimento tuvo una extensión 800 m², cada unidad experimental fue conformada por ocho surcos de cinco metros de largo, con 1 m de calle entre tratamientos. Se establecieron cinco repeticiones por tratamiento. Cada repetición representó un genotipo, dando un total de veinte sub parcela. Las semillas se sembraron a 14cm, dando un total de 7 semillas por metro, y 35 semillas por surco, en total 280 semillas por genotipo.

Para la pre siembra se realizaron trabajos comunes de preparación de suelo. La siembra se realizó manualmente, un día después se realizó una fertilización manual a base de Urea (46%) y un fertilizante con un balance de NPK, 21%, 17% y 3% respectivamente, para promover el crecimiento en las primeras etapas vegetativas. Al tercer día posterior a la siembra se realizó el riego superficial. El control de malezas se realizó de forma manual, para evitar el uso de productos químicos y reducir el riesgo de alteraciones en los resultados.

Las aplicaciones de los tratamientos se realizaron semanalmente cada viernes, de 8:00 am a 10:00 am, a los 20 DDE (días después de la emergencia). La toma de datos se realizó semanalmente cada lunes, entre 8:00 am y 10:00 am, después de las aplicaciones. Las variables documentadas en estas mediciones semanales eran

el número de hojas de la planta, la altura de las plantas, la cual se tomaba utilizando una cinta métrica convencional, y el número de plantas infectadas en cada sub parcela, para su posterior procesamiento estadístico.

Procesamiento estadístico

Se analizó el cumplimiento de los supuestos teóricos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Posteriormente se realizó un análisis de varianza de clasificación doble basado en un modelo lineal de efectos fijos. Al detectar diferencias significativas entre las fuentes de variación que conformaron los tratamientos se utilizó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey para niveles de significación de 0.05 y 0.01. Todos los análisis se desarrollaron en el paquete estadístico profesional STATISTICA, versión 14.2 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta

No existieron diferencias significativas entre los extractos para la variable altura de las plantas ($F=1.053$, $p=0.370482$). Este resultado demuestra que el efecto fue similar en los diferentes genotipos. Sin embargo, la fuente de variación genotipos las diferencias fueron altamente significativas ($F=17.247$, $p=0.00002$). Además, existió interacción altamente significativa entre ambas fuentes de variación extractos * genotipos ($F=12.707$ $p=0.000017$) (Figura 1).

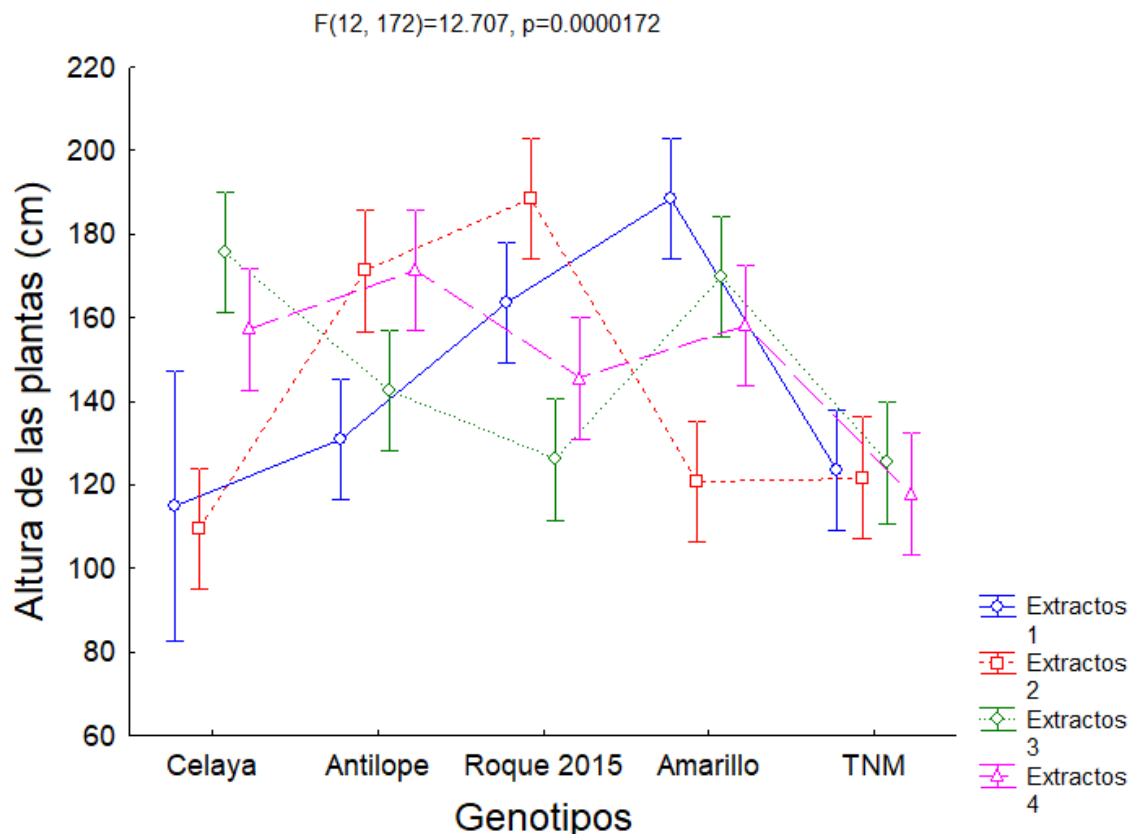


Figura 9.- Interacción genotipo * tratamiento. Resaltando media (□) y la desviación estándar (DE).

Las plantas con mayor altura se presentaron en T3, T2 y T1 en los genotipos Celaya, Roque 2015 y Amarillo Querétaro, respectivamente (Tabla 1). El mejor aporte a la altura de las plantas lo presentó el T1 en el genotipo Amarillo Querétaro, sin diferencias significativas con el T2 aplicado al genotipo Roque 2015. Por su parte, la menor altura, en todos los tratamientos, se registró en el genotipo TNM y el T1 y T2 de Celaya.

Tabla 1: Valores promedios de altura de las plantas, comparados por la prueba de Tukey ($p=0.05$). Formación de grupos homogéneos con letras iguales demostrando la no existencia de diferencias significativas. Cuadrado medio del error = 538.49, para 172 grados de libertad. Coeficiente de variación: CV=22.63.

Extractos	Genotipos	AP (cm)	significancia
T2	Celaya	109.4	i
T1	Celaya	115	g
T4	TNM	117.8	f
T2	Amarillo Q.	120.8	ef
T2	TNM	121.7	def
T1	TNM	123.6	def
T3	TNM	125.3	def
T3	Roque 2015	126.1	def
T1	Antilope	130.8	cdef
T3	Antilope	142.6	bcdef
T4	Roque 2015	145.5	bcdef
T4	Celaya	157.2	abcde
T4	Amarillo Q.	158.1	abcd
T1	Roque 2015	163.5	abc
T3	Amarillo Q.	169.7	ab
T2	Antilope	171.2	ab
T4	Antilope	171.3	ab
T3	Celaya	175.6	ab
T2	Roque 2015	188.5	a
T1	Amarillo Q.	188.6	a

Número de hojas

Al evaluar la variable número de hojas se encontró que en las dos fuentes de variación y la interacción existieron diferencias altamente significativas, ($F=5.33$, $p=0.001551$) para los extractos, ($F=16.03$, $p=0.000016$) para los genotipos y ($F=8.39$, $p=0.00002$) para la interacción extractos * genotipos. Este resultado demuestra el efecto de los extractos en la promoción de producción de área foliar en las plantas como un indicador del desarrollo.

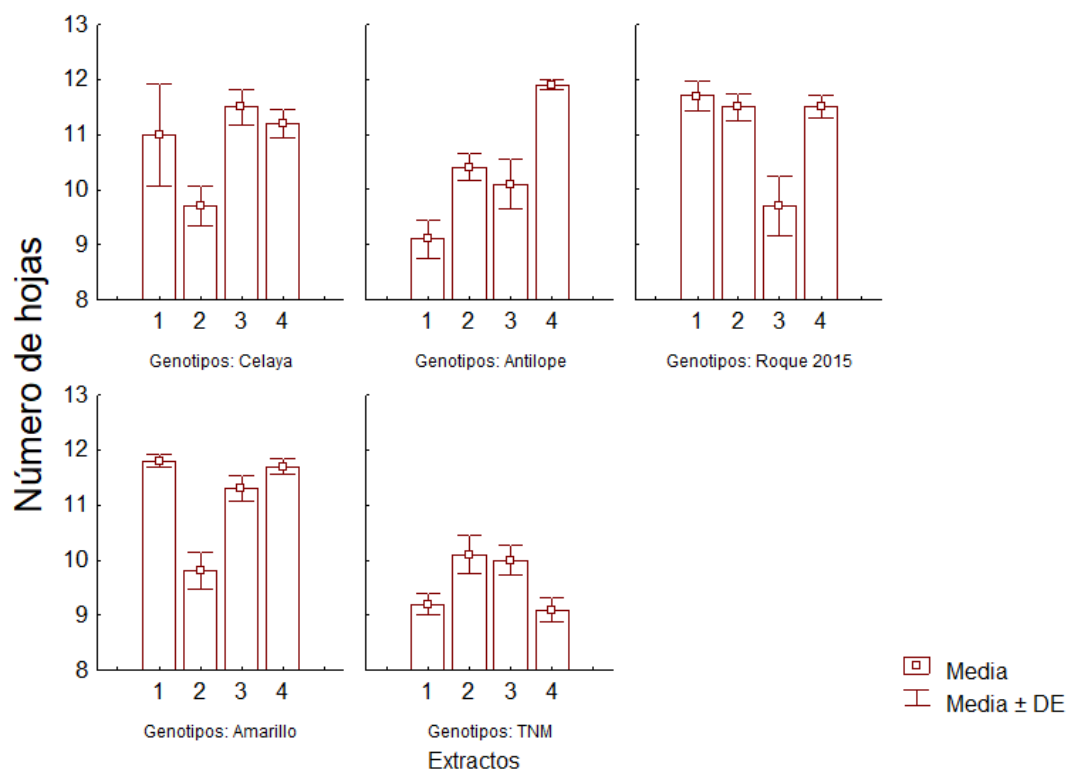


Figura 10.- Variable número de hojas afectadas y sanas de cada planta. Resaltando media ($\square$) y la desviación estándar (DE).

Las plantas con mayor cantidad de hojas acorde con su etapa fenológica, considerando hojas sanas y afectadas presentes en la planta fueron los genotipos Celaya, Roque 2015 y Amarillo Querétaro.

Plantas infectadas

En la variable número de plantas infectadas, siendo la más relevante, se obtuvieron diferencias altamente significativas en las fuentes de variación extractos ($F=46.981$, $p=0.000013$), genotipos ($F=309.855$, $p=0.00004$) y en la interacción entre ambas fuentes de variación ($F=36.418$, $p=0.0000120$).

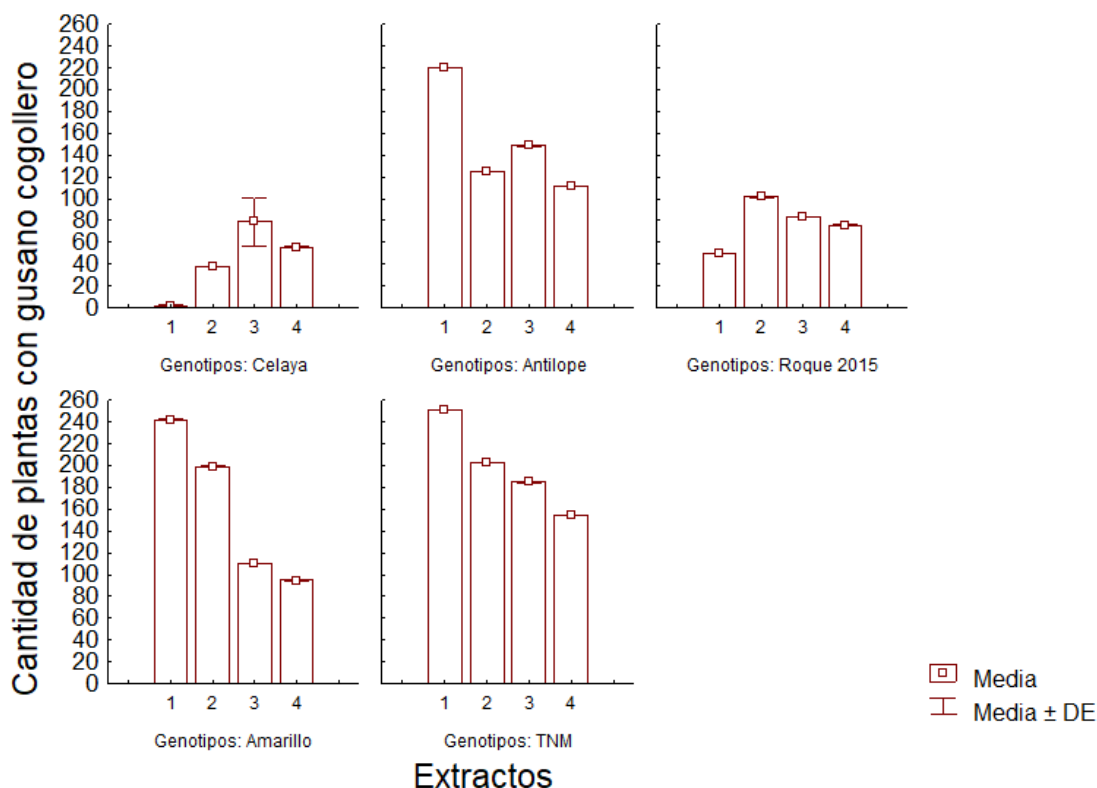


Figura 11.-Variable cantidad de plantas infectadas expresadas por unidades. Resaltando media (□) y la desviación estándar (DE).

La mayor reducción de plantas afectadas se observó en los genotipos Celaya, Roque 2015 y Amarillo Querétaro, en los tratamientos T4, T1 y T4, respectivamente.

La presente evaluación constituye una alternativa sustentable para el biocontrol de plagas en el maíz dada la necesidad de reducir las cargas contaminantes por la excesiva aplicación de insecticidas como la permetrina (Barrientos-Gutiérrez et al., 2013). En futuras investigaciones se realizarán estudios bioquímicos y moleculares que verifiquen el efecto biocida de los extractos a los insectos y la participación en la promoción del desarrollo de las plantas (Villamarin Barreiro et al., 2021)

CONCLUSIÓN

El uso de extractos vegetales como estrategia de biocontrol del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) representa una alternativa sostenible y efectiva frente a los métodos convencionales de control químico, que suelen tener efectos adversos sobre el medio ambiente y la salud humana. Los extractos de ciertas

plantas han mostrado propiedades insecticidas y repelentes, lo que contribuye a reducir la incidencia de esta plaga en los cultivos de maíz.

Además, algunos de estos extractos pueden tener un efecto promotor en el crecimiento de la planta, lo cual beneficia la productividad del cultivo al mismo tiempo que se controla la plaga.

Los resultados de esta investigación respaldan el potencial de los extractos vegetales no solo como herramientas de biocontrol, sino también como posibles bioestimulantes. Sin embargo, se recomienda profundizar en estudios en campo y evaluar la efectividad de estos extractos en diferentes condiciones ambientales, así como estudiar los posibles efectos a largo plazo en el ecosistema agrícola.

LITERATURA CITADA

- Argentel-Martínez, L., Peñuelas-Rubio, O., González-Hernández, J. A., Arias-Moscoso, J. L., Leyva-Ponce, J. A., Pérez-López, L., & García-Urías, J. C. (2024). Uso de extractos hidroalcohólicos de palo verde para el biocontrol del gusano cogollero en el cultivo de maíz. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 28(82).
- Barrientos-Gutiérrez, J. E., Huerta-de la Peña, A., Escobedo-Garrido, J. S., & López-Olgún, J. F. (2013). Manejo convencional de *Spodoptera exigua* en cultivos del municipio de Los Reyes de Juárez, Puebla. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(8), 1197-1208.
- Chisonga, C., Chipabika, G., Sohati, P. H., & Harrison, R. D. (2023). Understanding the impact of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) leaf damage on maize yields. *PLoS One*, 18(6), e0279138.
- Cruz, J. A., & Pérez, M. (2022). Efecto del extracto de gobernadora en *Spodoptera frugiperda*. *Revista de Protección Vegetal*, 37(2), 145-156.
- González, R. F., Hernández, L., & Silva, E. (2021). Plagas en maíz: Impacto y alternativas de control. *Agricultura Sostenible*, 15(1), 75-88.
- Martínez, T. J., & Ramírez, E. (2023). Compuestos bioactivos del palo verde: Un enfoque en el control de plagas. *Journal of Plant Science*, 29(3), 201-210.

- Mendez, A., & López, S. (2022). Eficiencia del extracto de neem en el control de plagas de maíz. *Agricultural Research*, 18(4), 235-247.
- Sharma, R., & Kumar, V. (2023). Neem: A natural insecticide and its role in pest management. *International Journal of Pest Management*, 69(4), 350-360.
- Villamarin Barreiro, J. A. (2021). *Efecto de un insecticida formulado a base de neem (Azadirachta indica) sobre el desarrollo larval de Spodoptera frugiperda (JE Smith) en maíz (Zea mays L.) bajo condiciones de laboratorio* (Master's thesis, BABAHOYO: UTB, 2021).

VARIACIÓN MORFOLÓGICA EN LÍNEAS AVANZADAS DE AJO (*Allium sativum* L.)

M. de Lourdes Aguilar Sánchez¹, Enrique González Pérez², Salvador Villalobos Reyes² y M. Concepción Valencia Juárez¹

¹Estudiante de licenciatura, Tecnológico Nacional de México-Roque, ²Investigador, Campo Experimental Bajío, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). *Autor de correspondencia: gonzalez.enrique@inifap.gob.mx

RESUMEN

El ajo (*Allium sativum* L.) es apreciado en todo el mundo por su uso en la gastronomía e industria farmacéutica. En México, se cultiva en 19 estados, pero la reproducción de semilla comercial limita su desarrollo. El introducir genes de interés agronómico de diversas poblaciones es de importancia. Por ello, nuestro objetivo fue caracterizar morfológicamente líneas avanzadas de ajo bajo las condiciones agroclimáticas de Guanajuato. El estudio se llevó a cabo en otoño-invierno 2023-2024, en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ), Celaya, Guanajuato, México. En 16 líneas avanzadas de ajo, se evaluaron 28 caracteres con base en las directrices de la UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales). Los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva y sometidos a un análisis de conglomerados. Las diferencias observadas en 21 de los 28 caracteres evaluados denotaron la diversidad morfológica entre líneas, que fue confirmada con el análisis de conglomerados. Esta diversidad morfológica reveló la mayor variación en caracteres de hoja y bulbo, que pueden utilizarse para la selección de líneas de élite.

Palabras clave: Diversidad genética, morfología, rasgo biológico, bulbo.

ABSTRACT

Garlic (*Allium sativum* L.) is appreciated worldwide for its use in gastronomy and the pharmaceutical industry. In Mexico, it is cultivated in 19 states, but commercial seed reproduction limits its development. Introducing genes of agronomic interest from

various populations is important. Therefore, our objective was to morphologically characterize advanced garlic lines under the agroclimatic conditions of Guanajuato. The study was carried out in autumn-winter 2023-2024, at the Bajío Experimental Station (CEBAJ), Celaya, Guanajuato, Mexico. In 16 advanced garlic lines, 28 traits were evaluated based on UPOV (International Union for the Protection of New Varieties of Plants) guidelines. The data obtained were analyzed using descriptive statistics and subjected to a cluster analysis. The differences observed in 21 of the 28 traits evaluated denoted the morphological diversity between lines, which was confirmed with the cluster analysis. This morphological diversity revealed the greatest variation in leaf and bulb traits, which can be used for the selection of elite lines.

Keywords: *Genetic diversity, morphology, biological trait, bulb.*

INTRODUCCIÓN

El ajo (*Allium sativum* L.) es un cultivo de importancia económica en todo el mundo por sus múltiples usos en la industria gastronómica y farmacéutica (Atif et al., 2020). El mayor productor es China con 825,302 hectáreas cultivadas con rendimiento promedio de 25.1 t ha⁻¹. En el continente americano, el ajo se cultiva en Estados Unidos (17.6 t·ha⁻¹), Brasil, Argentina, Perú, México, Guatemala y Chile (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022). En México, Zacatecas, Guanajuato, Puebla, Sonora y Aguascalientes son los principales productores. En Guanajuato el rendimiento promedio es de 13.78 t·ha⁻¹ (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2023). Pero la producción ha disminuido por varios factores, entre ellos, la falta de semillas comerciales mejoradas. Por ello, es necesario acceder a la diversidad genética del ajo a través del uso de poblaciones cultivadas provenientes de diversas ubicaciones geográficas para introducir genes con características de interés, incrementar la diversidad y conservar el germoplasma (Mohammadi et al., 2014). Sobre el particular, el Programa de Hortalizas del CEBAJ ha estado trabajando en la mejora genética del ajo, enfocada a desarrollar materiales de alto rendimiento, pero es limitada a información sobre los caracteres propios de los materiales acriollados disponibles

en las regiones productoras de México. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue caracterizar morfológicamente líneas avanzadas de ajo bajo las condiciones agroclimáticas de Guanajuato.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental Bajío de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en la carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato, en las coordenadas geográficas 20°32'53.75" LN y 100°49'13" LO, a 1,752 m de altitud. Con clima semiseco y semicálido (BSw) con lluvias en verano, precipitación media anual de 600 a 700 mm y temperatura media anual de 17.6 °C (García 2004).

Germoplasma

Se emplearon 16 líneas avanzadas (F6) de ajo (*Allium sativum* L.) de la colección de ajo del Banco de Germoplasma del CEAJ-INIFAP, provenientes de diferente latitud (LN), longitud (LO) y altitud (msnm): 1) INI-T1B, AS-RELL, AS-AER-CEB y AJO-LDG: Juventino Rosas, Guanajuato (20°38'30" LN, 100°58'54" LO, 1,758); 2) INI-B, AS-L12, AS-L14, AS-L2, AS-L1, y AS-TLAXI: Tlaxiaco, Oaxaca (17°16'31" LN, 97°41'13" LO, 2,132); 3) AS-L19: Huajuapán, Oaxaca (17°48'29" LN, 97°48'11" LO, 1,681); 4) AS-L13: Juxtlahuaca, Oaxaca (17°04'20" LN, 96°45'40" LO, 1,565); 5) AS-L10: Tlacochoauai, Oaxaca (17°00'46" LN, 96°34'32" LO, 1,677); 6) AS-L7 y AS-L4: Nochixtlán, Oaxaca (17°07'25" LN, 96°47'20" LO, 1,575); y 7) AS-L5: Oaxaca, Oaxaca (17°04'42" LN, 96°43'23" LO, 1,586). Las líneas fueron obtenidas por selección de individuos sobresalientes en poblaciones colectadas, con base en caracteres de bulbo, lo que dio origen a la primera generación de las 16 líneas, que por seis ciclos se evaluó la homogeneidad y estabilización (UPOV, 2006).

Establecimiento y manejo del lote experimental

Las líneas se cultivaron bajo un diseño en bloques completos al azar con 16 tratamientos (líneas) y cuatro repeticiones. Cada unidad experimental constó de 140 plantas, distribuidas en una superficie de 9.0 m², en arreglo topológico a doble hilera,

con distancia entre hilera de 20 cm y de 15 cm entre plantas. El manejo agronómico fue acorde al paquete tecnológico de INIFAP.

Caracteres de estudio y análisis de datos

Se evaluaron 28 caracteres morfológicos con base en los descriptores varietales de la UPOV (2022) que incluyeron caracteres de follaje (2), hoja (5), pseudotallo (2), bulbo (14) y diente (5). Los niveles de expresión registrados en cada carácter fueron asignados con base en la tabla de caracteres de la UPOV. Con ellos se determinó el porcentaje de las líneas con caracteres similares y para comprobar la disimilitud entre líneas, se realizó un análisis de conglomerados usando la distancia χ^2 (Núñez-Colín et al., 2004) con el método de aglomeración UPGMA, usando el programa estadístico NTSYS 2.2 (Rohlf, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracteres morfológicos

Las 16 líneas mostraron diferencias en 21 de los 28 caracteres evaluados. El follaje medio predominó, excepto en la línea AS-TLAXI-2 que fue laxo. El porte de la planta en 62.5% de las líneas fue erecto y semierecto en AS-13, AS-L10, AS-L7, AS-L4, AS-L5 y AS-TLAXI-2. En hoja, todas las líneas mostraron color verde oscuro. La cerosidad fue de tipo media en 15 líneas y débil en AS-13, cuya longitud osciló de 41.1 (AS-TLAXI-2) a 55.6 cm (INI-B); mientras que, la anchura fue de 1.37 (AS-TLAXI-2) a 2.27 cm (AS-AER-CEB). La forma de la sección transversal fue fuertemente cóncava en todas las líneas. El pseudotallo tuvo intensidad media en la pigmentación de la base en 50% de las líneas y débil en el resto; mientras que, la menor anchura de la base se observó en AS-TLAXI-2 y la mayor en INI-B.

En bulbo, todas las líneas tuvieron forma elíptica en la sección transversal y ancha en la sección longitudinal, estrías antociánicas en catáfilas externas y dientes compactos con distribución radial. El tamaño osciló entre 3.6 (AS-AER-CEB) y 6.5 cm (INI-T1B). Los dientes exertos (PDEB) se observaron en 75% de líneas e insertos en INI-B, AS-LDG, AS-L10, AS-L1 y AS-TLAXI-2. La posición del disco

radicular (PDR) fue plana en 56.25% de las líneas, deprimida en 25%, y protuberante en AS-L10, AS-L7 y AS-L1. La forma plana de la base (FB) se observó en 68.75% de las líneas, deprimida en 25% y redonda en AS-L10. El color de fondo de las catáfilas externas (CFCE) fue blanco (50%), blanco amarillento (43.75%) y blanco rojizo en AS-L1. La adherencia débil de las catáfilas externas (ACE) se observó en 81.25% de las líneas; mientras que, en INI-T1B, AS-RELL y AS-L1 fue media. El espesor de las catáfilas externas (ECE) fue delgado (68.75%), medio (25%) y grueso (AS-L1). El número de dientes (ND) varió de 5 (AS-L10) a 19 (AS-L14) y solo las líneas INI-B, AS-AER-CEB, AS-LDG, AS-L4 y AS-L5 presentaron dientes exteriores (Cuadro 1).

En bulbillo, predominó el tamaño medio (68.75%) y solo AS-RELL produjo bulbillo grande. El color de la piel del diente (CP) fue crema (31.25%), rosa (31.25%), blanco (18.75%) y violeta (18.75%); mientras que, su intensidad (ICP) fue débil (37.5%), media (43.75%) y fuerte (18.75%).

Cuadro 1. Variación en caracteres determinados bulbo y bulbillo de 16 líneas avanzadas de ajo. Ciclo otoño-invierno, 2023-2024. Celaya, Guanajuato., México.

Línea	Tamaño	PDR	FB	CFCE	ACE	ECE	ND	TD	CP	ICP	EAP
INI-T1B	6.5*	Plano	Plana	BA	Media	Medias	11	Medio	Crema	Media	Ausentes
AS-RELL	6.1	Plano	Plana	Blanco	Media	Delgada	11	Grande	Rosa	Débil	Presentes
INI-B	5.6	Plano	Plana	BA	Débil	Delgada	13	Medio	Rosa	Débil	Presentes
AS-AER-CEB	3.6	Plano	Plana	Blanco	Débil	Delgada	9	Medio	Crema	Media	Ausentes
INI-19	5.2	Plano	Plana	BA	Débil	Medias	12	Medio	Crema	Media	Presentes
AS-LDG	4.8	Plano	Plana	BA	Débil	Delgada	14	Chico	Blanco	Media	Ausentes
AS-13	5.4	Deprimido	Deprimida	BA	Débil	Delgada	10	Medio	Crema	Débil	Presentes
AS-12	5.5	Plano	Plana	Blanco	Débil	Delgada	15	Medio	Crema	Débil	Presentes
AS-14	6	Plano	Plana	Blanco	Débil	Delgada	19	Medio	Blanco	Media	Ausentes
AS-L10	3.6	Protuberante	Redonda	BA	Débil	Medias	5	Chico	Rosa	Débil	Presentes
AS-L7	4.2	Protuberante	Plana	Blanco	Débil	Delgada	12	Chico	Violeta	Débil	Presentes
AS-L4	4.7	Deprimido	Deprimida	BA	Débil	Delgada	9	Medio	Violeta	Media	Presentes
AS-L5	5	Deprimido	Deprimida	Blanco	Débil	Medias	11	Medio	Violeta	Fuerte	Presentes
AS-L2	4.7	Plano	Plana	Blanco	Débil	Delgada	9	Medio	Rosa	Fuerte	Presentes
AS-L1	4.5	Protuberante	Plana	BR	Media	Gruesa	11	Medio	Rosa	Media	Ausentes
AS-TLAXI-2	5	Deprimido	Deprimida	Blanco	Débil	Delgada	14	Chico	Blanco	Fuerte	Ausentes

PDR^P Posición del disco radicular; FB^F Forma de la base; CFCE^C Color de fondo de las catáfilas externas; ACE^A Adherencia de las catáfilas externas; ECE^E Espesor de las catáfilas externas; ND^N Número de dientes; TD^T Tamaño de diente; CP^C Color de la piel; ICP^I Intensidad del color de la piel; EAP^E Estrías antociánicas en la piel; BA^B Blanco amarillento; BR^B Blanco rojizo; *Centímetros.

El 62.5% de las líneas mostraron estrías antociánicas en la piel (EAP) y el color amarillo en pulpa predominó, solo en AS-LDG, AS-14 y AS-TLAXI-2 la pulpa fue blanca (Cuadro 1).

Las diferencias observadas en 21 de 28 caracteres evaluados denotaron la diversidad morfológica entre líneas, lo que concuerda con lo reportado en diversos estudios de caracterización que mencionan variaciones en caracteres de planta, follaje, hoja, pseudotallo y bulbo (Atif *et al.*, 2020; Shrestha *et al.*, 2022). La disposición de los dientes, color del brote, número de dientes, tamaño de diente, color y firmeza de los dientes son estables; mientras que, en las catáfilas del bulbo el color y su intensidad dependen en gran medida de la ubicación en el suelo y el genotipo (Kıraç *et al.*, 2022). La diversidad morfológica observada en este estudio reveló que la mayor parte de la variación reside en las características de hoja y bulbo que pueden utilizarse para distinguir los diferentes tipos, lo que es importante para la selección de líneas de élite para el desarrollo de variedades mejoradas (Shrestha *et al.*, 2022).

Análisis de conglomerados

Los resultados mostraron diferencias entre líneas que se ubicaron en cinco grupos: 1) dos líneas; 2) cuatro líneas; 3) seis líneas; 4) una línea y 5) tres líneas (Figura 1). Las líneas de los grupos 2 y 3 presentaron mayor grado de divergencia, comparadas con los otros grupos; mientras que, el grupo 4 corroboró las diferencias de la línea AS-L10 en algunos caracteres morfológicos de bulbo, respecto a otras líneas. Los resultados del análisis clúster indicaron los puntos que delimitan los grupos en cada nivel, lo que evidencia las diferencias entre los individuos (Shrestha *et al.*, 2022).

En ajo es común que la formación de grupos este conformada por un número reducido de genotipos, lo que confirma los resultados de este estudio. Esta reducida formación de grupos se debe a que el germoplasma que se cultiva ha sido intercambiado entre agricultores de diferentes áreas, por lo que es probable que los ecotipos de ajo se hayan conservado por efecto de la selección natural y humana (Ayed *et al.*, 2019). La agrupación de las líneas avanzadas fue resultado de los

caracteres distintivos de cada línea (Kıraç *et al.*, 2022), lo que coincide con lo reportado en el norte centro de México (Azura-Hernández *et al.*, 2008). Aunque, es de señalar que, las diferencias entre poblaciones son el resultado de la adaptación del genotipo a las condiciones específicas de cada región y están correlacionadas con la ubicación geográfica (Hoogerheide *et al.*, 2017).

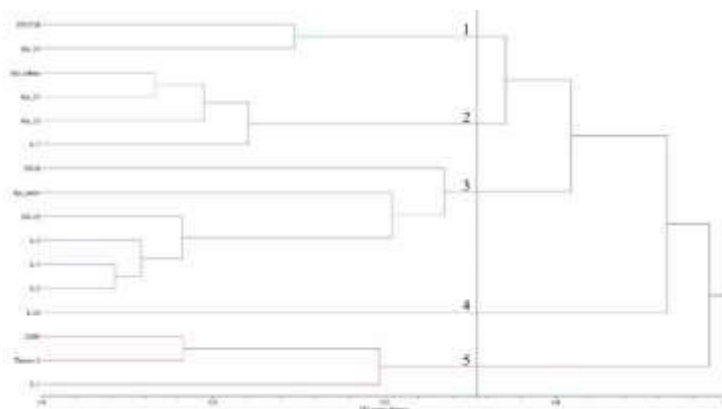


Figura 1. Dendrograma representativo de la disimilaridad morfológica de 16 líneas avanzadas de ajo, obtenido mediante la distancia χ^2 y UPGMA. Primavera - verano, 2023. Celaya, Guanajuato, México.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos se basan en la caracterización en ciclos homólogos y no se considera la interacción entre el ambiente y el genotipo. Sin embargo, son de relevancia para conocer la diversidad existente entre las líneas, lo que ayudó a estimar la variabilidad existente en cada carácter individual para la selección específica de genotipos para el futuro desarrollo de materiales mejorados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo económico brindado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias para el desarrollo de ese trabajo, mediante el proyecto estratégico con número SIGI: 16592536649.

LITERATURA CITADA

Atif, M.J., Amin, B., Ghani, M.I., Ali, M., & Cheng, Z. (2020). Variation in morphological and quality parameters in garlic (*Allium sativum* L.) bulb

- influenced by different photoperiod, temperature, sowing and harvesting time. *Plants*, 9(2), 155. <https://doi.org/10.3390/plants9020155>
- Ayed, C., Mezghani, N., Rhimi, A., & AL Mohandes Dridi, B. (2019). Morphological evaluation of Tunisian garlic (*Allium sativum* L.) landraces for growth and yield traits. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 2(1), 43-52. <https://doi:10.22077/jhpr.2018.1838.1033>
- Azuara, H.L., Silos, E.H., Perales, S.C., Gomez, L.J.F., Alpuche, S.A.G., & Macias, V.L.M. (2008). Morphological and genetic characteristics allow the identification of a collection of garlic cultivars in the north-central region of México. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 77(all), 81-91.
- García, E. (2004). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen* (5th ed.). Instituto Nacional de Geografía.
- Hoogerheide, E.S.S., Azevedo-Filho, J. A., Vencovsky, R., Zucchi, M.I., Zago, B.W., & Pinheiro, J.B. (2017). Genetic variability of garlic accessions as revealed by agro-morphological traits evaluated under different environments. *Genetics and Molecular Research*, 16(2). Article Gmr16029612. <https://doi:10.4238/gmr16029612>
- Kıraç, H., Şekerci, A.D., Coşkun, Ö.F., & Gülşen, O. (2022). Morphological and molecular characterization of garlic (*Allium sativum* L.) genotypes sampled from Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 69, 1833-1841. <https://doi.org/10.1007/s10722-022-01343-4>
- Mohammadi, B., Khodadadi, M., Karami, E., & Shaaf, S. (2014). Variation in agro-morphological characters in Iranian garlic landraces. *International Journal of Vegetable Science*, 20(3), 202-215. <https://doi:10.1080/19315260.2013.788594>
- Núñez-Colín, C.A., Rodríguez-Pérez, J.E., Nieto-Ángel, R., & Barrientos-Priego, A.F. (2004). Construcción de dendrogramas de taxonomía numérica mediante el coeficiente de distancia χ^2 , una revisión. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 10(2), 229-237. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2003.07.046>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2024). *Cultivos y producción de ganadería. Producto: Ajíes y pimientos, verdes*

(*capsicum* y *pimiento*). Área: México. 2022.

<https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>

Rohlf, F.J. (2009). *NTSYS-pc : numerical taxonomy and multivariate analysis system* (2nd ed.). Applied Biostatistics, Inc.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2023). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Shrestha, D.S., Chaudhary, J.N., Ghimire, K.H., & Shrestha, J. (2022). Phenotypic characterization and diversity of Nepalese garlic (*Allium sativum* L.) landraces. *Journal of Agriculture and Natural Resources*, 5(1), 228-238. <https://doi.org/10.3126/janr.v5i1.50834>

Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. (2006). *Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad – Aji, Chile, Pimiento código UPOV: CAPSI_ANN - Capsicum annuum L.* <https://www.upov.int/edocs/tgdocs/es/tg076.pdf>

VISIÓN ARTIFICIAL: INSPECCIÓN DE FRUTO DE NARANJA EN FRESCO EN EL ESTADO DE VERACRUZ

José A. Sánchez-Cruz¹; Luis A. Cruz-Méndez¹; Miguel A. Rojas-Hernández²; Xóchilt Siordia-Vásquez²; Silvia Barrios-Velázquez²; Ma. Cristina Vázquez-Hernández³

¹Alumno Facultad de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones. Universidad Veracruzana Región Poza Rica Tuxpan. ²Cuerpo Académico de Modelado y simulación de sistemas robóticos inteligentes. Facultad de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones. Universidad Veracruzana Región Poza Rica Tuxpan. Prolongación Venustiano Carranza S/N. Col. Revolución. Poza Rica Veracruz. C.P. 93390. ³Cuerpo Académico de Innovación en Bioprocesos Sustentables. Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Roque. Km 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas. C.P. 30110, Roque, Celaya, Guanajuato, México. *Autor de correspondencia:

xsiordia@uv.mx

RESUMEN

En este trabajo se evalúa el desempeño de un sistema de visión artificial con capacidad de filtrado convolutivo con kernel de 3x3 y operador de Sobel utilizando imágenes multidimensionales a color verdadero y coordenadas colorimétricas en espacio RGB, codificado bajo las normas de calidad NOMX- FFV-14 (CX/FFV 99/3). El estudio se efectuó en los campos citrícolas de la comunidad Pital y Mozutla, en Municipio de Papantla de Olarte, Veracruz con temperatura media de 27°C y una altitud de 300msnm. Se obtuvieron 168 muestras de tres índices de maduración (verde 0, amarillo-visos verdes ligeros 4 y naranja con visos verdes 6). Las imágenes fueron adquiridas con una cámara fotográfica digital compatible con dispositivos Android, con sensor CCD, con apertura de $f/1.9$, sensor de profundidad y resolución de 13 + 5 megapíxeles, a una distancia de captura de 25 cm con iluminación natural, sin flash y en un ambiente no controlado. Posteriormente las imágenes fueron transportadas al laboratorio de sistemas inteligentes de la Facultad de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones de la Universidad Veracruzana donde fueron descargadas en un computador y almacenadas en formato JPEG y en color verdadero con coordenadas colorimétricas en espacio (RGB). El diseño del filtro 2D caracteriza el patrón del índice de madurez de cosecha a partir de la tasación de umbrales de color, básicamente de la capa roja (>140 y <255). El desempeño del filtro 2D se evaluó en 90 imágenes aleatorias, y sin repetición, los resultados muestran una alta sensibilidad a la percepción del patrón de color del índice de madurez de cosecha del fruto de naranja valencia con 89 aciertos.

Palabras clave: inspección visual, filtros convolutivos, segmentación de imágenes, momentos estadísticos, agricultura inteligente, ESP32-CAM.

ABSTRACT

In this work, the performance of an artificial vision system with convolutional filtering capacity with a 3x3 kernel and a Sobel operator is evaluated using multidimensional true-color images and colorimetric coordinates in RGB space, coded under the NOMX-FFV-14 (CX/FFV 99/3) quality standards. The study was carried out in the citrus fields of the Pital and Mozutla communities, in the Municipality of Papantla de Olarte, Veracruz with an average temperature of 27°C and an altitude of 300 meters above sea level. 168 samples of three ripening indices (green 0, yellow-light green hues 4 and orange with green hues 6) were obtained. The images were acquired with a digital camera compatible with Android devices, with a CCD sensor, with an aperture of $f / 1.9$, depth sensor and resolution of 13 + 5 megapixels, at a capture distance of 25 cm with natural lighting, without flash and in an uncontrolled environment. Later the images were transported to the intelligent systems laboratory of the Faculty of Electronics and Communications Engineering of the Universidad Veracruzana where they were downloaded to a computer and stored in JPEG format and in true color with colorimetric coordinates in space (RGB). The design of the 2D filter characterizes the pattern of the incidence of harvest maturity from the assessment of color thresholds, basically of the red layer (> 140 and < 255). The performance of the 2D filter was evaluated in 90 random images, and without repetition, the results show a high sensitivity to the perception of the color pattern of the harvest maturity index of the Valencia orange fruit with 89 hits.

Keywords: *visual inspection, convolutional filters, image segmentation, statistical moments, smart agriculture, ESP32-CAM.*

INTRODUCCIÓN

En Veracruz se albergan alrededor de 40,000 biosistemas productores de naranja siendo el Estado líder con el 50% de la superficie cosechada a nivel nacional seguido de San Luis Potosí con el 13%, Tamaulipas con el 10% y Nuevo León con el 8%. En particular en la región norte, en los municipios de Tihuatlán, Álamo, Tuxpan, Cazones, Castillo de Teayo, Papantla de Olarte y Tecolutla se encuentran alrededor de 8, 860 productores de naranja, en su mayoría pequeños productores con predios de tamaño medio comúnmente no mayores a 4.0 ha (Barrón Pérez & Hernández Trujillo, 2014). La cosecha se realiza entre los meses de noviembre y abril, cuando las naranjas alcanzan su madurez óptima, posteriormente, los frutos pasan por un proceso arduo de selección manual donde se eliminan las frutas

dañadas o de baja calidad. Este paso es crucial en la etapa de comercialización, ya que el precio se basa en base a los requisitos fitosanitarios que establecen los estándares de calidad de la fruta tanto por su aspecto físico como jugosidad y sabor, a fin de garantizar que sean seguras para el consumo humano de acuerdo con lo establecido por los mercados nacionales e internacionales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019). Sin embargo, (Bada Carvajal & Rivas Tovar, 2024) señalan que la falta de desarrollo tecnológico condiciona la competitividad de estos pequeños productores ya que al no disponer de un mecanismo que les permita evaluar de forma cuantitativa, los parámetros fitosanitarios exigidos por el mercado los intermediarios u oferentes no pagan un precio justo de mercado significando menores ingresos para los agricultores.

Dentro de este enfoque, las tecnologías de visión artificial equipados con algoritmos de procesamiento de imágenes representan una solución prometedora para mejorar la competitividad de los pequeños productores de naranja del campo agrícola Veracruzano, ya que permiten la captura y análisis de imágenes en tiempo real, facilitando la selección y clasificación de frutos en fresco en tiempo real. Si bien estas tecnologías están teniendo aceptación en este sector, aún enfrentan problemas para resolver las limitaciones en términos de resolución que se presentan en las cámaras a la variabilidad de iluminación natural por lo que se introduce ruido y perturbaciones en los parámetros que determinan la calidad de las imágenes, de brillo, tono y saturación, ocasionando errores en la detección y clasificación de los frutos (Lojano Andamarca & Bernardo, 2023). Aunado a ello, las cámaras pueden tener limitaciones en términos de resolución y carecen de capacidad de procesamiento para normalizar la variabilidad de estos parámetros afectando la percepción del color en las imágenes que obtiene el módulo de captura de imágenes, ver figura 1, situación que puede afectar la eficacia del sistema de visión artificial al no lograr correcta detección, selección y clasificación del fruto durante en el proceso de inspección de frutos en fresco de naranja, por lo que es crucial diseñar un entorno controlado para la captura de las imágenes e integrar algoritmos

robustos de procesamiento de imágenes para solventar las limitaciones de las cámaras y normalizar la variabilidad de iluminación para una correcta segmentación del fruto en la escena.

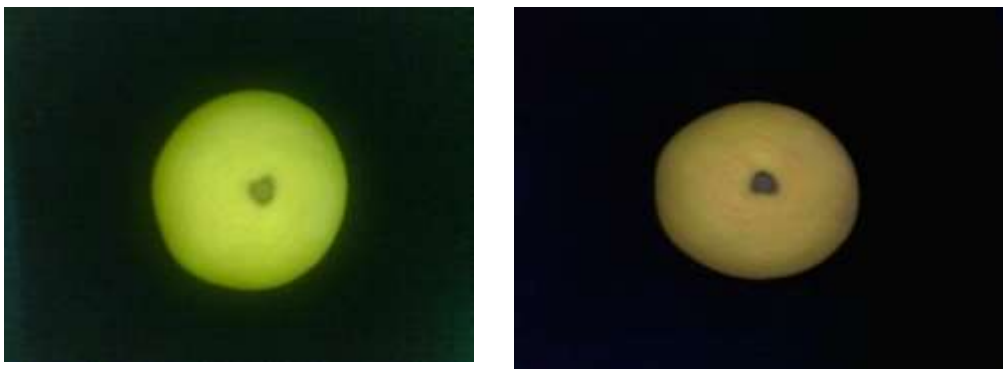


Figura 1. Impacto de la resolución en la percepción del color en imágenes capturadas por las cámaras OV2640 y OV5640 en condiciones de Iluminación controlada.

En este contexto, este trabajo se presenta un sistema de visión artificial con filtrado convolutivo basado en un kernel de 3x3 con operador de Sobel. El objetivo de este trabajo fue evaluar la efectividad del sistema embebido en la normalización de la variabilidad de iluminación en imágenes de naranjas en fresco provenientes de cámaras con limitaciones de resolución utilizando como métricas los momentos estadísticos de la media y la desviación estándar.

MATERIALES Y METODOS

La primera etapa consistió en la integración del hardware que conforma el sistema embebido para el cual se seleccionó un módulo de captura de imágenes de basado en un microcontrolador ESP32-CAM que ofrece la capacidad de conexión Wi-Fi y compatibilidad con otros periféricos, facilitando la integración con entornos de programación en IDE de Arduino y MATLAB. La figura 1 presenta el diagrama de bloques del sistema, que integra una cámara OV5640 con sensor CMOS de 5 megapíxeles, este sensor genera imágenes con resolución UXGA de 2592 x 1944 unos pixeles; asimismo, ofrece funciones programables que incluyen control de exposición, gamma, balance de blancos, saturación, y cancelación de ruido y

defectos de píxeles y cuenta con un motor de compresión con tecnología de OmniVision para reducir el ruido. Otro elemento que se integra es una pantalla LCD, modelo TFTILI9341 compatible con ESP32CAM para visualizar las imágenes, y una tarjeta MicroSD ADATA A1 V10 de 32 GB de almacenamiento. La figura 2 muestra que el módulo para captura de las imágenes Finalmente se conecta vía WIFI a un equipo portátil para brindar la capacidad de filtrado convolutivo desde una interfaz en MATLAB, y la Figura 3 se observa el resultado de la integración.

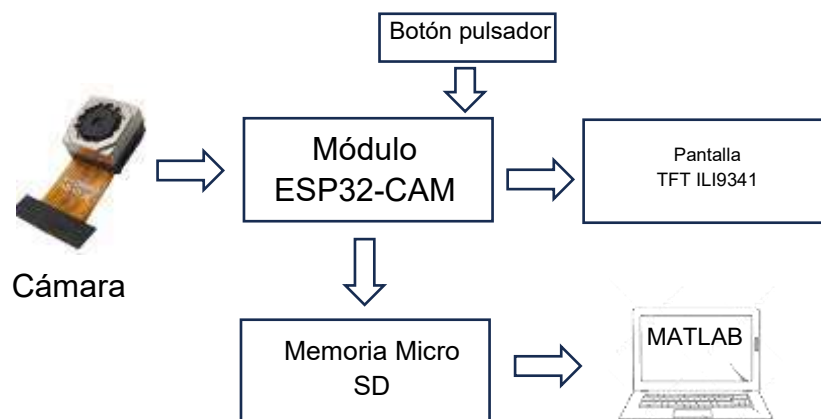


Figura 12. Diagrama a bloques del sistema de visión artificial propuesto

Para crear un banco de pruebas, durante el mes de octubre del 2024 se recolectaron al azar 50 frutos en fresco de diversos cultivos de la comunidad Pital y Mozutla, perteneciente al Municipio de Papantla de Olarte, Veracruz, entre los paralelos 20° 09' y 20° 41' de latitud norte; los meridianos 97° 06' y 97° 32' de longitud oeste; temperatura media de 27°C y una altitud de 300msnm. La selección y clasificación de frutas se efectuó de acuerdo con el estándar de calidad del mercado, NOMX- FFV-14 (CX/FFV 99/3), considerando que la fruta debe presentar una coloración típica de la variedad por lo menos un 80% de color amarillo brillante y la cascara lisa sin manchas ni defectos, ver Figura 4.

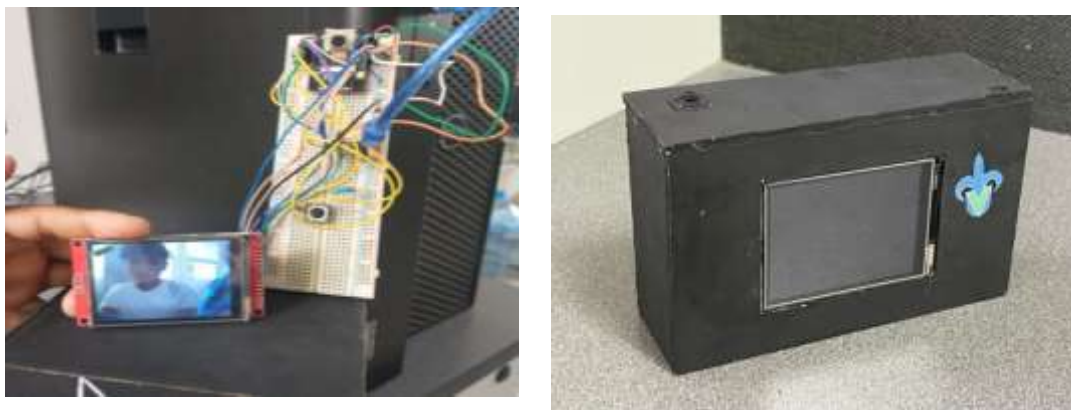


Figura 13 Implementación y pruebas del sistema embebido propuesto

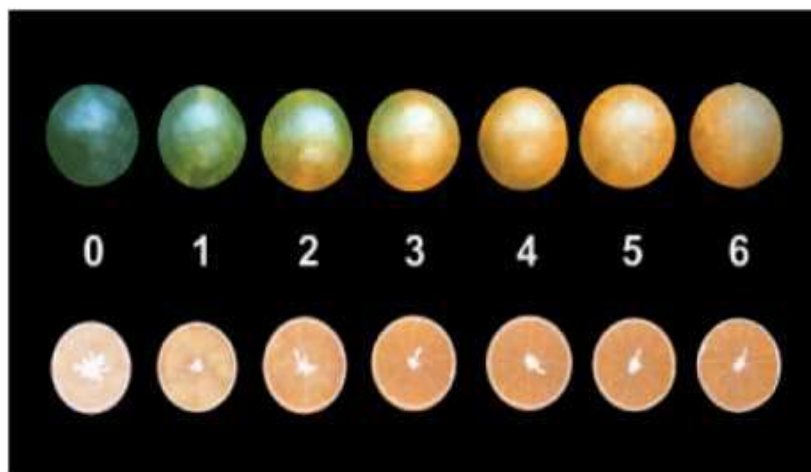


Figura 14.-Estándar de coloración en fruto de naranja valencia

Una vez recolectados los frutos se trasladaron al laboratorio de Innovación Biomimética y Sistemas Inteligentes de la Facultad de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones de la Universidad Veracruzana, se creó un ambiente controlado para efectuar la captura de imágenes empleando el sistema embebido propuesto que integra la cámara OV5640, creando un banco experimental de 50 imágenes almacenadas en color real o espacio de color RGB. Para el diseño del kernel y tipo de filtro convolutivo se seleccionaron al azar 20 imágenes del banco experimental. Se emplea el software MATLAB V2022 para crear un algoritmo para distribución de los valores de brillo, tonalidad y saturación de los pixeles que conforman las imágenes, la figura 5 muestra en el histograma que los valores mínimos y máximos de intensidad en la iluminación se encuentran correlacionados a niveles de brillo dentro de un rango de 50 y 100, indicando limitaciones para diferenciar entre las

áreas oscuras y claras de la imagen mostrando que los bordes que defienden al fruto no están claramente definidos en la escena dadas las limitaciones de baja resolución que presenta la cámara. Dadas estas características se propone un kernel de 3x3 de tipo pasa alta, ver figura 6, para un operador de Sobel con detector de bordes.

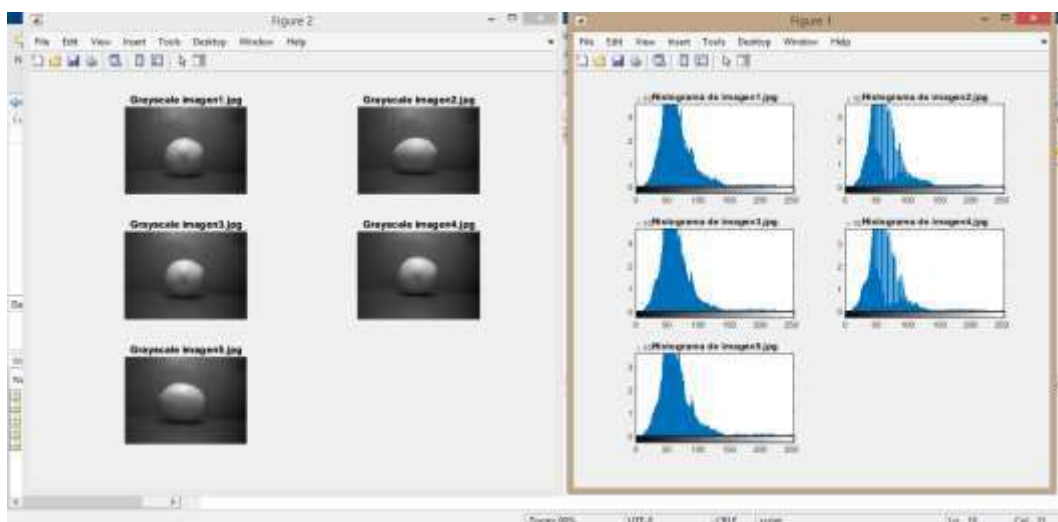


Figura 15.-Determinación de parámetros de diseño para el filtro convolutivo con operador de Sobel

$$H_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad H_y = \begin{bmatrix} -1 & -7 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 7 & 1 \end{bmatrix}$$

Figura 16.-Kernel del filtro convolutivo pasa alta con operador de Sobel

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar la efectividad del sistema de visión artificial se emplean las 30 imágenes restantes del banco experimental, se estima la media y la desviación estándar de las imágenes sin filtrar. Posteriormente se aplica el filtro convolutivo para obtener los momentos estadísticos después de ser filtradas, con estos datos se realiza una prueba de normalidad con significancia de ($\alpha= 0.05$) auxiliándose del

paquete estadístico XLSAT, los resultados se muestran en el cuadro 1 y la figura 8 demuestra que las medias de ambos conjuntos de imágenes siguen una distribución normal, requisito para el análisis de la prueba t pareada.

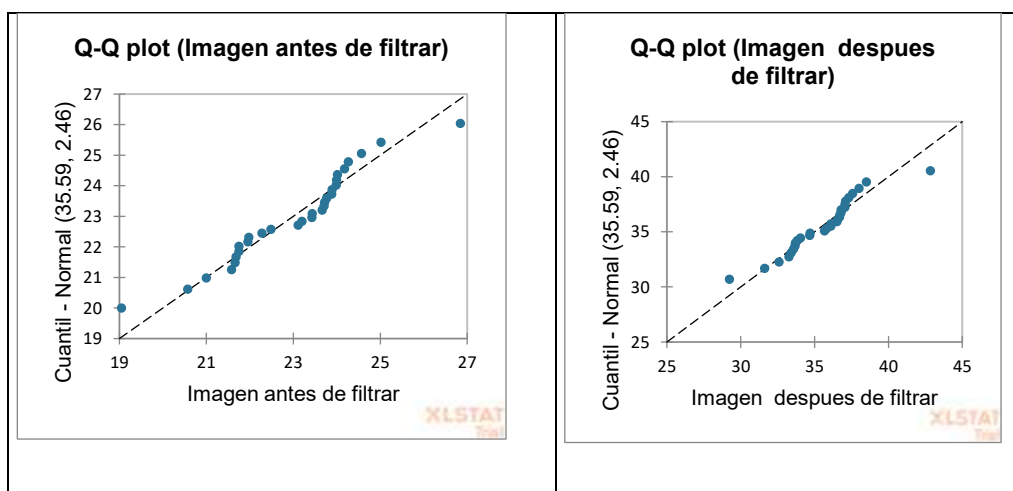


Figura 17.- Comparación de Normalidad en imágenes sin filtrar y filtradas

Cuadro 9.-Análisis de normalidad con datos de las medias de las imágenes antes y después del filtrado

Variable\Prueba	Shapiro-Wilk	Anderson-Darling	Lilliefors	Jarque-Bera
Imagen antes de filtrar	0.237	0.077	0.148	0.700
Imagen después de filtrar	0.103	0.068	0.381	0.227

Para el conjunto muestral $n=30$, con 29 grados de libertad, los resultados muestran que la diferencia de medias entre ambos conjuntos de datos (sin filtrar y postfiltrado) es de -12.576, además, esta diferencia de medias está asociada a un intervalo de confianza del 95%.

Cuadro 10.- Resultados de la prueba pareada para el conjunto de datos

Diferencia	-12.576
t (Valor observado)	-69.654
t (Valor crítico)	2.045

GL	29
valor-p (bilateral)	<0.0001
alfa	0.05

El cuadro 2 presenta los resultados de la prueba t pareada para estos conjuntos de datos que se analizan, se observa que el valor p(0.0001) es menor que el nivel de umbral de significación ($\alpha = 0.05$), la figura 8 muestra que el valor observado de $t = -69.65$ Lo cual indica que el filtro convolutivo le da la capacidad al sistema de visión artificial de detectar mejor los detalles de los frutos en la escena a pesar de las limitaciones de la cámara, ver figura 9.

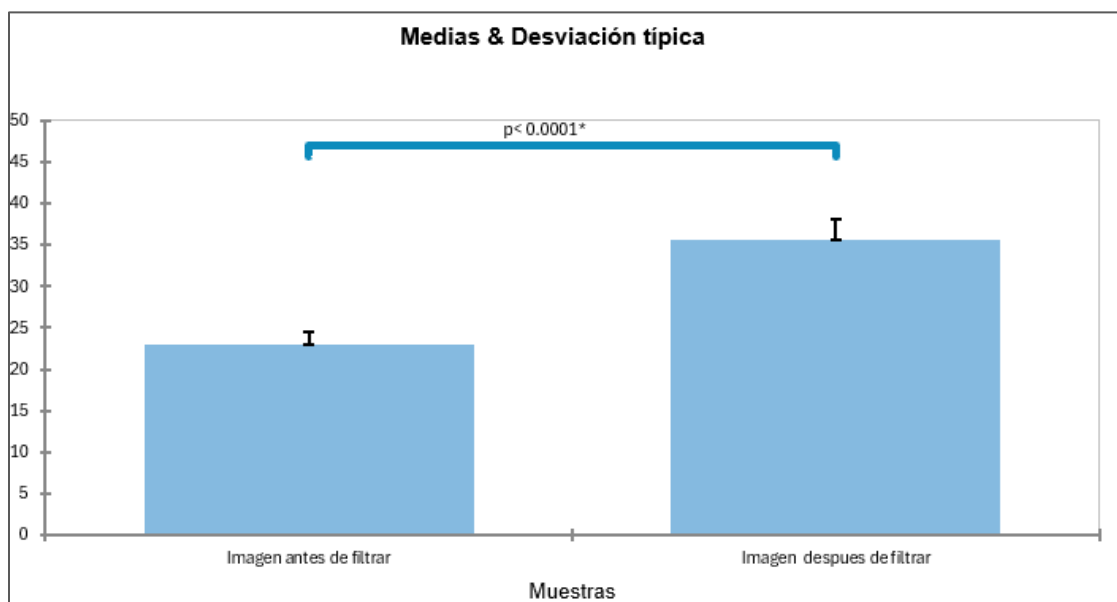


Figura 18.-Incremento en la detección de detalles en imágenes después del filtrado

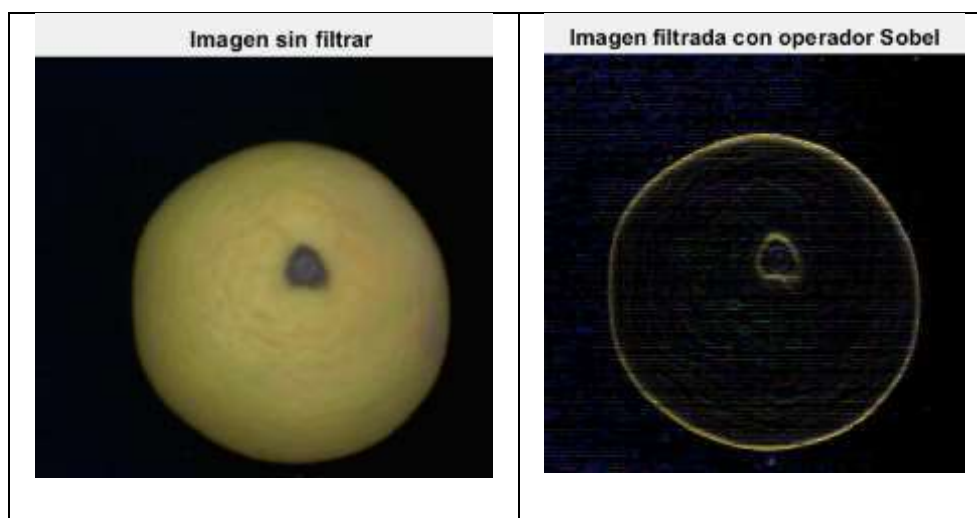


Figura 19.-Respuesta del filtro de Sobel para detectar los bordes en imágenes de baja resolución

CONCLUSIONES

El desempeño del sistema de visión artificial con filtro convolutivo ha sido evaluado mediante una prueba t pareada, demostrando que la implementación del filtro mejora significativamente la capacidad del sistema para detectar detalles en las imágenes, incluso cuando la resolución de la cámara es baja. Los resultados estadísticos obtenidos confirman que el filtro convolutivo proporciona una ventaja para lograr la detección de detalles, lo que sugiere su efectividad y utilidad en aplicaciones donde la resolución de la cámara es limitada. Este avance representa un paso importante hacia el desarrollo de sistemas de visión artificial más robustos y eficientes que ayudan a solventar las limitaciones de las cámaras de baja resolución logrando sistemas de visión artificial de bajo costo que sean aplicables a las condiciones que demandan los pequeños agricultores de la zona norte del Estado de Veracruz.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte de proyectos de investigación conjuntos entre los cuerpos académicos UV-CA 448 “Modelado y simulación de sistemas robóticos inteligentes” de la universidad Veracruzana y ITROQ-CA 11 “Innovación y procesos sustentables” del Tecnológico Nacional de México/ITRoque.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). *El sistema alimentario en Mexico: Oportunidades para el campo mexicano en la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible*. Ciudad de México.
- Bada Carvajal, L. M., & Rivas Tovar, L. A. (MAyo de 2024). Competitividad de los productores de Naranja de Álamo Veracruz. *Revista de Investigación Administrativa*, 32(92).

- Barrón Pérez, M. A., & Hernández Trujillo, J. M. (2014). Productores y cortadores de naranja, una relación fallida. El municipio de Álamo Temapache, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(6). Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000600015
- Lojano Andamarca, M. D., & Bernardo, M. V. (2023). Desarrollo de un sistema de monitoreo y rastreo de productos agrícolas utilizando IoT: Caso de estudio de cacao. Tesis, Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24683/1/UPS-CT010463.pdf> D. Logashov et al.,
- Logashov, D., Ivanov, S., Smirnov, A., & Petrov, M. (2021). Apple trees diseases detection through computer vision in embedded systems. En 2021 IEEE 30th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE) (pp. 1-6). Kyoto, Japón: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISIE45552.2021.9576438>
- Montalvo-Romero, N., Montiel-Rosales, A., Purroy-Vásquez, R., & Quechulpa-Pérez, P. (2023). Agro-technological systems in traditional agriculture assistance: A systematic review. *IEEE Access*, 11, 123047-123069. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3329087>
- Lakshmiramanan, K., Harathi, S., Vijay, R., & Chidambaram, N. (2021). Embedded system based solution for ailment of irrigation in agriculture. En 2021 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT) (pp. 1-5). Kuala Lumpur, Malasia: IEEE. <https://doi.org/10.1109/i-PACT52855.2021.9696512>
- Nurullah, M., & Mazumder, B. (2021). Septic fruit's maturity inspection and grade evaluation adopting computer vision - A review. En 2021 International Conference on Information and Communication Technology for Sustainable Development (ICICT4SD) (pp. 200-204). Dhaka, Bangladesh: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICICT4SD50815.2021.9396893>

- Boralkar, R. R., & Kulkarni, S. S. (2024). IoT based smart agriculture system using ESP32. En 2024 4th Interdisciplinary Conference on Electrics and Computer (INTCEC) (pp. 1-7). Chicago, IL, Estados Unidos: IEEE. <https://doi.org/10.1109/INTCEC61833.2024.10602915>
- Rao, M. K., Kumar, M. S., Sai, A. H. S., & Manikanta, K. (2022). IoT based unlocking of home automation system with face and speech detection using ESP32 and Google Assistant. En 2022 International Conference on Emerging Trends in Engineering and Medical Sciences (ICETEMS) (pp. 289-295). Nagpur, India: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICETEMS56252.2022.10093249>

ZONAS DE RIESGO DE AFECTACIÓN POR EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA ÁREAS PRODUCTORAS DE MAÍZ EN EL ESTADO DE MÉXICO.

Enrique Buendía-Rodríguez¹; Venancio Cuevas-Reyes¹; José Luis Jolalpa-Barrera¹; Dolores Briones-Reyes²; Jaime Rangel-Quintos³; Casimiro Ordoñez-Prado⁴

¹INIFAP - Campo Experimental Valle de México, ²INIFAP - Sitio Experimental Tlaxcala, ³INIFAP - Campo Experimental La Posta, ⁴INIFAP - Campo Experimental San Martinito, ⁵INIFAP - Campo Experimental Bajío.

RESUMEN

Las variaciones en el clima principalmente temperatura y precipitación han ocasionado consecuencias negativas especialmente en la agricultura. Actualmente, México presenta el problema de dependencia alimentaria principalmente el caso del maíz (*Zea mays* L.) que es un cultivo de subsistencia. Por lo que el objetivo fue localizar zonas afectadas por el cambio climático donde permita proponer estrategias de mitigación y/o adaptación en la producción de maíz en el Estado de México. Se realizó una recopilación y selección de datos cartográficos de CONABIO e INEGI del Estado de México como límite estatal y municipal; cabeceras municipales; localidades; clima; vegetación y uso del suelo serie VII. También, se utilizaron los datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Con la información cartográfica se realizó álgebra de mapas para obtener las regiones agroecológicas con los climas más secos que se encuentran en la zona. Para esta actividad se incorporó la producción de maíz de temporal en cada municipio por medio de la unión de las tablas de información obtenidas del SIAP y el cruce de mapa de municipios del Estado de México. Una vez que se unió la información se dividió en cinco cuantiles con respecto a la información de producción (toneladas) y seleccionando el primer cuantil (>80 %) de mayor producción. Se generó un mapa donde se ubican zonas principales con producción mayor a 18 000 toneladas de maíz de temporal (5to cuantil) y climas más secos

($C(w_1)$ y $C(w_2)$); donde se muestra una zona amplia donde se produce de maíz de temporal ubicada en la región Noroeste del estado de México (Valles altos: Almoloya, Atlacomulco y Acambay) que es propensa a ser afectada por las variaciones climáticas (5,000 km² aprox.).

Palabras clave: adaptación; áreas prioritarias; mitigación; variación climática.

ABSTRACT

Climate variations, mainly temperature and precipitation, have had negative consequences, especially in agriculture. Currently, Mexico has a problem of food dependence, especially in the case of corn (*Zea mays* L.), which is a subsistence crop. Therefore, the objective was to locate areas affected by climate change in order to propose mitigation and/or adaptation strategies for maize production in the State of Mexico. A compilation and selection of cartographic data from CONABIO and INEGI of the State of Mexico was carried out, such as state and municipal boundaries; municipalities; localities; climate; vegetation and land use series VII. Also, data from the Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) were used. With the cartographic information, map algebra was used to obtain the agroecological regions with the driest climates found in the area. For this activity, the production of rainfed corn in each municipality was incorporated by joining the information tables obtained from SIAP and crossing the map of municipalities of the State of Mexico. Once the information was joined, it was divided into five quantiles with respect to the production information (tons) and selecting the first quantile (>80%) with the highest production. A map was generated showing the main zones with production greater than 18,000 tons of rainfed corn (5th quantile) and drier climates ($C(w_1)$ and $C(w_2)$); it shows a large area where rainfed corn is produced located in the Northwest region of the State of Mexico (High Valleys: Almoloya, Atlacomulco and Acambay) which is prone to be affected by climatic variations (5,000 km² approx.).

Keywords: adaptation; climate change, climate variation; mitigation; priority areas.

INTRODUCCIÓN

El impacto del cambio climático en la agricultura (incluyendo los cultivos, la ganadería, silvicultura, pesca, la tierra y el agua) está deteriorando los esfuerzos globales para garantizar la seguridad alimentaria. En los últimos años, las variaciones en el clima principalmente temperatura y precipitación han ocasionado consecuencias negativas especialmente en la agricultura, lo que ha puesto en riesgo la disponibilidad de alimentos y el acceso de agua creando inestabilidad económica, social, y ambiental (Morales Casco y Zúñiga González, 2016).

De acuerdo con FAO, los efectos del cambio climático son uno de los principales factores de la inseguridad alimentaria; lo que ha provocado la reducción del rendimiento de los principales cultivos a nivel mundial durante los últimos 20 años (Nelson *et al.*, 2009). Actualmente, México presenta el problema de dependencia alimentaria, en el caso del maíz (*Zea mays L.*), en 2021 las importaciones de 17.4 millones de toneladas ubicaron el índice de dependencia alimentaria (IDA) en 38.8% (García-Salazar, *et al.*, 2023).

Las estimaciones a escala global más recientes basadas en los resultados del conjunto de modelos de cultivos muestran que; sin tener en cuenta la adaptación en escenarios de aumento de la temperatura; los rendimientos globales de maíz podrían disminuir hasta un 24 %.

El aumento de las temperaturas y el cambio de las precipitaciones están originando la aparición y propagación de nuevas enfermedades y plagas en los cultivos, de ahí que se requiere del desarrollo de variedades de maíz y trigo que presentan resistencia genética (CIMMYT, 2021).

En este contexto, los pobres rurales son los más afectados. Por lo cual, se debe actuar con rapidez para ampliar las acciones y aspiraciones frente a este fenómeno. Debido a esto, es de suma importancia el papel de la agricultura en los planes nacionales de adaptación y mitigación del cambio climático, para lo que se requiere

de definir las zonas con mayor riesgo de afectación, principalmente a los productores en condiciones de temporal o de subsistencia.

El manejo sostenible de los recursos de tierras requiere de políticas correctas y una planificación basada en el conocimiento de estos recursos, las demandas de los usos sobre esos recursos, y las interacciones entre las tierras y los usos de las mismas (FAO, 1997). Por lo que, en este estudio se planeó el siguiente objetivo, localizar zonas afectadas por el cambio climático donde permita proponer estrategias de mitigación y/o adaptación en la producción de maíz en el Estado de México.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Recolección de información.

Se realizó una recopilación y selección de datos cartográficos de CONABIO e INEGI del Estado de México como límite estatal y municipal, cabeceras municipales, localidades, clima, vegetación y uso del suelo serie VII. Estos datos fueron descargados en formato *shapefile* y de cobertura nacional a escala 1:250 000. Una vez que se recopiló la información se verificó y en su caso se realizó una estandarización de la información vectorial, poniendo énfasis en el mismo sistema de coordenadas (WGS84), la misma escala de los datos (1:50 000) y que tuvieran la fecha más actual.

También, se utilizaron los datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (<https://www.gob.mx/siap>) de producción de maíz de temporal del 2022 por municipio del Estado de México (SIAP, 2023).

Análisis de información cartográfica.

Esta información se editó y recortó a los límites del Estado de México, por medio del software QGIS® versión 3.36.2 (QGIS Development Team, 2024). Con la información cartográfica se realizó álgebra de mapas para obtener las regiones agroecológicas con los climas más secos que se encuentran en la zona.

Para esta actividad se incorporó la producción de maíz de temporal en cada municipio por medio de la unión de las tablas de información obtenidas del SIAP y el cruce de mapa de municipios del Estado de México. Una vez que se unió la información se dividió en cinco cuantiles con respecto a la información de producción (toneladas) y seleccionando el primer cuantil (>80 %) de mayor producción.

Generación de mapas.

Por último, con ayuda del software QGIS se generaron los mapas donde se localizan las zonas de producción de maíz (5to cuantil) y climas más secos con las localidades y/o municipios seleccionados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Mediante la unión de capas geográficas se incorporó la producción de maíz de temporal (SIAP) en cada municipio. Separándolo en cinco cuantiles y seleccionando 28 municipios ubicados en el primer cuantil (>80 %) de mayor producción (Figura 1). Los municipios con mayor producción de maíz de temporal fueron: San José del Rincón (56,160 t), Toluca (48,236 t), Temascalcingo (44,924 t), Ixtlahuacán (44,677 t) y Tlatlaya (41,281 t).

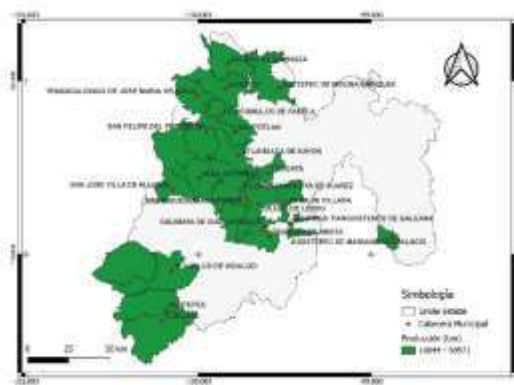


Figura 1. Mapa de municipios con mayor producción (>18,000 t) de maíz de temporal en el Estado de México.

Además, se seleccionaron los climas más secos que se encuentran en la zona, que fueron los climas $C(w_1)$ y $C(w_2)$ (11,000 km² aprox.), que corresponden Templado subhúmedo, temperatura media anual entre 12 ° y 18 ° C, subhúmedo con humedad media, cociente P/T entre 43.2 y 55.0. (García, 2004) (Figura 2). Aunque el clima más seco se encuentra al norte de las zonas detectadas. Si las condiciones climáticas siguen cambiando con temperaturas más altas y donde las condiciones de precipitación no son adecuadas para el cultivo seguirán perdiendo zonas de producción, como se puede observar en la zona sur del Estado de México donde no son áreas aptas para la producción de maíz.



Figura 2. Mapa de climas $C(w_1)$ y $C(w_2)$ del Estado de México

Se generó un mapa donde se ubican zonas principales con producción mayor a 18000 toneladas de maíz de temporal (5to cuantil) y climas más secos ($C(w_1)$ y $C(w_2)$); donde se muestra una zona amplia donde se produce de maíz de temporal ubicada en la región Noroeste del estado de México (Valles altos: Almoloya, Atlacomulco y Acambay) (Figura 3) que es propensa a ser afectada por las variaciones climáticas (5,000 Km² aprox.).

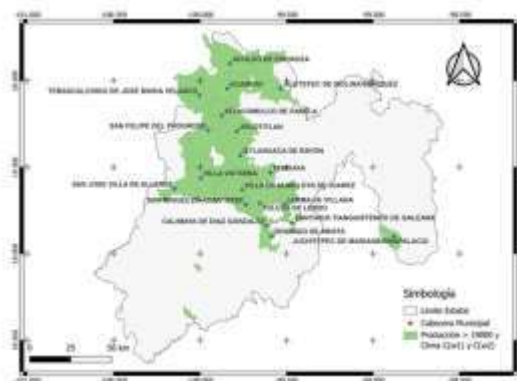


Figura 3. Zonas productoras de maíz identificadas en el Estado de México.

En estas zonas se encuentran ubicadas 1137 núcleos de población, en los cuales habitan más de 30 mil pequeños productores, que tradicionalmente usan su cosecha para el autoconsumo (maíz de temporal) y ahora con las variaciones climática son afectados directamente en su subsistencia. Esta condición se acentuará en el futuro debido al descenso de la precipitación e incremento de la temperatura como lo sugieren Murray-Tortarolo *et al.*, (2018), donde modelaron la relación entre el clima y la agricultura de temporal a partir de cuatro trayectorias de concentración representativas (RCP), en la cual, se proyectó que las precipitaciones en todo el país, tendrán una disminución ligera mediante los RCP 2.6 y 4.5, mientras que con los RCP 6.0 y 8.5 se prevé sea una reducción severa, como resultado, se predijo que los rendimientos del maíz en temporal disminuirían hasta en -10 %.

El impacto del cambio climático y de la variabilidad climática hacia la producción de maíz, es una condición inevitable a nivel global, cuyas repercusiones desencadenan múltiples afectaciones en diferentes sectores, esta actividad es altamente vulnerable y con poca resiliencia, lo que indica un grave riesgo para la seguridad alimentaria en el Estado de México como lo indican Cruz-González *et al.*, (2024).

Aunque en general, el rendimiento promedio esperado para el cultivo de maíz grano en el Estado de México es de 5.0 (t ha⁻¹), el rendimiento promedio de maíz reportado para 2021 fue de 3.73 t ha⁻¹ (SIAP, 2021). Y con la tendencia hacia una producción menor, se debe de considerar estudios donde se generen estrategias para que con

nuevas variedades de maíz puedan desarrollarse en esas zonas propensas a la variación climática.

CONCLUSIONES

Con el uso de sistemas de información geográfica; climas y producción de maíz se localizó en una zona principal afectada por las variaciones climáticas; las cuales permitirán definir áreas prioritarias donde se podrán dirigir las acciones de mitigación y/o adaptación en la producción de maíz de temporal en el Estado de México o utilizar nuevos materiales o variedades de maíz que soporte este tipo cambios en el clima.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos al INIFAP por financiar este trabajo a través del proyecto fiscal *“La percepción de los productores de maíz sobre los efectos del cambio climático y la adopción de semillas mejoradas en tres regiones agroecológicas en los estados de Tlaxcala, Estado de México y Veracruz”*, con número 1474736477.

LITERATURA CITADA

- CIMMYT. 2021. Soluciones agrícolas para afrontar la crisis climática. Consulta en línea el 15 de abril de 2021. <https://www.cimmyt.org/es/noticias/soluciones-agricolas-para-afrontar-la-crisis-climatica/>
- Cruz-González, Alejandro, Ramón Arteaga-Ramírez, Ignacio Sánchez-Cohen, Jesús Soria-Ruiz, y Alejandro Ismael Monterroso-Rivas. 2024. Impactos Del Cambio climático En La producción De maíz En México. Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas 15 (1). México, ME:e3327. <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i1.3327>.
- FAO. 1997. Zonificación agro-ecológica (guía general). Boletín de suelos de la FAO núm. 73. <https://www.fao.org/4/w2962s/w2962s00.htm>. Fecha de consulta 25 de enero de 2024.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). México.

- García-Salazar, J. A., R. Ramírez-Jaspeado, E. Ávila-Soler y B. A. Ramírez-Barraza. 2023. ¿Es posible disminuir la dependencia alimentaria de maíz en México? *Revista Fitotecnia Mexicana*, 46 (3): 299-307. <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.3.299>
- Morales Casco, I. A. y Zúñiga González, C. A. 2016. Impactos del cambio climático en la agricultura y seguridad alimentaria. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 2(1): 269-280
- Murray-Tortarolo, G. N.; Jaramillo, V. J. and Larsen, J. 2018. Food security and climate change: the case of rainfed maize production in Mexico. *Agricultural and Forest Meteorology*. 253-254(1):124-131. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.02.011>.
- Nelson, G. C., M.W. Rosegrant, J. Koo, R. Robertson, T. Sulser, T. Zhu, C. Ringler, S. Msangi, A. Palazzo, M. Batka, M. Magalhaes, R. Valmonte-Santos, M. Ewing, and D. Lee. 2009. Climate change: Impact on agriculture and costs of adaptation. Food Policy Report 21. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute (IFPRI). <http://www.ifpri.org/publication/climate-change-1>. <https://doi.org/10.2499/0896295370>
- QGIS Development Team. (2024). QGIS Geographic Information System, v 3.36.2. Open Source Geospatial Foundation Project. <https://qgis.org/en/site/>. Fecha de consulta: 10 de agosto de 2024.
- SIAP. 2021. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/ 25 de Enero de 2022.
- SIAP. 2023. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/ 13 de Febrero de 2023.

RESUMEN CORTO

ADAPTACIÓN Y REPRODUCCIÓN DE ESPECIES LOCALES SILVESTRES EN CONDICIONES SEMICONTROLADAS EN EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO CAMPUS PURUÁNDIRO

Yesenia Juárez Andrade¹; Karla Lizeth Morales Lara¹

¹ Tecnológico Nacional de México campus Puruándiro. *Autor de correspondencia:

yesenia.juarez@puruandiro.tecnm.mx

RESUMEN

La presente investigación está enfocada en determinar, bajo condiciones edafoclimáticas controladas, los porcentajes de germinación y viabilidad de 5 especies silvestres forestales de importancia ecológica para la región de Puruándiro, ubicado en una zona de transición ecológica entre los bosques de pino-encino y de selva baja caducifolia, y que ha sido objeto de un apremiante deterioro ambiental derivado de la expansión de la frontera agrícola, ocasionando una importante reducción en las zonas forestales de importancia para la conservación de especies. Por lo anterior se inició con una identificación de las condiciones edafoclimáticas en las zonas de ubicación de estas especies. Así se estableció dentro de las instalaciones del TecNM campus Puruándiro (ITESP) un área experimental en donde se replicaron las condiciones de humedad, tipo del sustrato, cercanía entre especies e interacción entre las mismas. Bajo este esquema se estableció una plantación de las especies seleccionando las mejores semillas y replicando las condiciones del crecimiento del sustrato y riego, para evaluar su potencial de germinación de acuerdo con las características de cada especie y la bibliografía consultada. De esta forma se estableció la plantación de las especies bajo un esquema de siembra de 100 semillas divididas en 5 muestras de 20 semillas de cada especie, obteniéndose la germinación de individuos de las especies siguientes: *Rhus aromatica* var. *Schmidelioides* (Schlecht.) Engl.; *Bursera fagaroides*, *Ceiba aesculifolia*, *Erythrina coralloides* y *Prosopis laevigata* estas especies demostraron en mayor y menor medida las condiciones necesarias para su reproducción bajo un esquema de réplica de las condiciones naturales.

Palabras clave: Especies locales, manejo, conservación, adaptación.

AISLAMIENTO DE ACTINOBACTERIAS CON POTENCIAL ANTAGÓNICO Y PRODUCCIÓN DE SUSTANCIAS BIOACTIVAS

J. Antonio Ramirez-Ramirez; Oscar A. Grageda-Cabrera^{2*}; Sarahyt S. Gonzalez-Figueroa²; Enrique Andrio-Enríquez¹; Cesar L. Aguirre-Mancilla¹; J. Gabriel Ramirez-Pimentel¹

¹Tecnológico Nacional de México-Roque; ²INIFAP, Celaya, Guanajuato. *Autor de correspondencia:

osgraca@hotmail.com

RESUMEN

Las actinobacterias son bacterias saprofitas de vida libre, ampliamente distribuidas en diversos entornos biológicos, donde desempeñan un papel vital en la salud del ecosistema. Este estudio tuvo como objetivo cuantificar e identificar los géneros de actinobacterias en suelos de zonas agrícolas y forestales de México. Se realizó el conteo de actinobacterias utilizando diluciones seriadas y extensión en placa, considerando características morfológicas macroscópicas como textura y coloración de las colonias (centro y bordes) para su identificación. De las 4217 muestras de suelo analizadas, se registró una amplia diversidad de estos microorganismos. Se identificaron nueve géneros distintos de actinobacterias (*Micromonospora*, *Streptomyces*, *Terrabacter*, *Nocardia*, *Agromyces*, *Actinomadura*, *Streptosporangium*, *Thermomonospora* y *Actinopolyspora*). La aparición de los géneros varió entre las muestras, con algunas mostrando de tres a cinco géneros distintos y otras un solo género dominante. *Micromonospora*, *Streptomyces* y *Terrabacter* fueron los géneros más frecuentes, mientras que *Thermomonospora* tuvo la menor frecuencia. A partir de los géneros identificados, se aislaron y purificaron las actinobacterias que exhibieron halos de inhibición y secreción de metabolitos, así como aquellas que presentaron coloraciones distintivas en el medio de cultivo. Estas actinobacterias están siendo utilizadas en pruebas antagónicas y de efectividad biológica. Este enfoque no solo busca explorar su potencial en el control biológico de patógenos, sino también comprender mejor su capacidad para producir metabolitos bioactivos que podrían ser útiles en aplicaciones agrícolas y biotecnológicas.

Palabras clave: Actinobacterias, metabolitos, microorganismos, suelo.

ALCANCE DEL PROGRAMA SEMBRANDO VIDA EN TRES EJIDOS DEL SUR DE VERACRUZ

Juana Ortiz-Timoteo^{1*}; Odilón M. Sánchez-Sánchez¹

¹Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad Veracruzana. *Autor de correspondencia:

ortiz_tj79@hotmail.com; ortiztj79@gmail.com

RESUMEN

El programa Sembrando Vida (PSV) representa una estrategia clave para fortalecer el sector agropecuario, promover el bienestar social y ambiental, y apoyar al campo mexicano. Sin embargo, la aceptación y adaptación de las nuevas técnicas y enseñanzas por parte de los campesinos han sido poco evaluados. Por ello, los objetivos del estudio fueron: analizar el grado de aceptación del PSV, describir los problemas encontrados durante su implementación y las soluciones adoptadas, así como identificar y evaluar las especies de plantas establecidas en tres ejidos del municipio de Jesús Carranza, Veracruz. Se aplicaron entrevistas abiertas y semiestructuradas a 51 sembradores, utilizando la técnica de escalamiento tipo Likert para medir el grado de aceptación. Además, se llevaron a cabo visitas a los viveros y se realizaron muestreos en 20 sistemas agroforestales (SAF) y 20 milpas intercaladas con árboles frutales (MIAF), con parcelas de 25 m² y 50 m², respectivamente, para obtener datos sobre las especies plantadas. Los resultados mostraron que el grado de aceptación del PSV fue de 4 (valoración positiva). El programa suministró un total de 21 especies, cifra que aumentó con la germinación de plantas en los viveros. En los sistemas MIAF se registraron 41 especies y en los SAF, 53 especies. Se observó una supervivencia del 98% de las plantas en ambos sistemas, con una sanidad del 59% en MIAF y 65% en SAF, lo que sugiere la presencia de plagas y enfermedades. En conclusión, ante la escasez y deficiencias en las plantas suministradas, los sembradores respondieron propagándolas por su cuenta, logrando una mayor diversificación. Es necesario implementar nuevas medidas para mejorar y asegurar la sanidad de las plantaciones.

Palabras clave: Especies de plantas, entrevistas, muestreos, sembradores.

ANÁLISIS DEL CONCEPTO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN PRODUCTORES DE ZONA DE MAÍZ DEL CENTRO DE VERACRUZ

Jaime Rangel Quintos^{1*}; Venancio Cuevas-Reyes¹; José Luis Jolalpa Barrera¹;
Enrique Buendía Rodríguez¹; Dolores Briones Reyes¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Autor de correspondencia: jairanqui@gmail.com

RESUMEN

El cambio climático ha sido factor que ha generado la disminución en los rendimientos de cultivos, destaca el maíz, por ser uno de los granos básicos para consumo de la población. Al cambiar los patrones climáticos y la temperatura se ocasiona menor disposición de agua y alteración del ciclo fenológico del maíz. El presente trabajo tiene como objetivo el presentar la percepción de los productores de maíz hacia el cambio climático en cuanto a aspectos productivos en la región Centro de Veracruz. Se entrevistaron 30 productores de maíz seleccionados por muestreo no probabilístico, mediante análisis clúster fueron identificados y caracterizados dos grupos de productores. Para la comparación de los grupos se utilizó la *prueba t-student* para grupos independientes y pruebas de Chi-cuadrado para comparación de proporciones. Los análisis fueron realizados con SPSS versión 27.0. Se obtuvieron dos grupos: el Grupo1 (G1, n=22) constituye el 73.3% de las fincas, el Grupo2 (G2, n= 8) representa el 26.7%. Las variables significativas ($p<0.05$) fueron: la escolaridad, la superficie de siembra, la producción total y el rendimiento. Los productores de ambos grupos tienen 61 años de edad promedio, aunque G2 tiene mayor nivel de escolaridad, mayor superficie, producción y mejores rendimientos. En cuanto a la opinión del cambio climático, los productores lo relacionan con menor cantidad de lluvia y más calor. Se concluye que los productores de maíz están conscientes del cambio climático y sus efectos en la producción por lo que se requieren mejores políticas públicas y capacitación adecuada.

Palabras clave: *Patrones climáticos, consulta, Tipología.*

APLICACIÓN DE UNA FORMULACIÓN DE HUMATOS DE POTASIO EN VERTISOLES COMO MEJORADOR/RESTAURADOR EN SUELOS DEGRADADOS

María G. Garcilazo Gonzales¹; Cecilia Morillon Avalos¹; María C. Díaz Díaz¹; Gustavo A. Díaz Álvarez¹; Yesenia Juárez Andrade²

¹ Estudiante del Tecnológico Nacional de México campus Puruándiro; ²Docente – investigadora del Tecnológico Nacional de México campus Puruándiro. *Autor de correspondencia:

yesenia.juarez@puruandiro.tecnm.mx

RESUMEN

La presente investigación se desarrolla atendiendo a las problemáticas de contaminación y degradación de los suelos en la región de Puruándiro, es por ello que esta formulación tiene como objetivo incrementar, mejorar y restaurar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos. La aplicación en un suelo vertisol bajo condiciones controladas de riego y monitoreo de dos especies vegetales de árboles frutales se realizó con la intención de verificar la efectividad en las condiciones de un suelo degradado. Para la metodología se realizó la formulación considerando las cantidades, origen e interacción en los suelos, especialmente en la rizosfera, de los compuestos utilizados. Se llevó a cabo la aplicación metódica y el control de riego constante observando el estado fitosanitario de los árboles frutales y de dos áreas de aplicación, por un periodo de 5 meses. Una vez pasado este tiempo se llevó la toma de muestras de suelo, realizándose los primeros análisis de condiciones físicas generales, en 4 muestras tomadas de las áreas donde se aplicó la formulación y una del área cercana considerada como control. Así, se observó en campo y en condiciones de laboratorio el cambio en algunas de las características, incrementando la densidad aparente y real, modificando la textura, estructura, porcentaje de porosidad, modificando el pH de un valor de 6.4 a 7.2, lo cual indica un cambio gradual y mejora en las condiciones macromorfológicas de estos suelos, esto permitirá un seguimiento para realizar análisis químicos y biológicos.

Palabras clave: *suelos, restauración, humatos, análisis, conservación.*

APROVECHAMIENTO DEL DESECHO DE JENGIBRE DE EXPORTACIÓN PARA DAR VALOR AGREGADO

Mercedes Ortega-Pedro¹; Ortega-Pedro, Silvia¹; Rubén O. Aguirre-Alonso²;

Emanuel Pérez-López²; Mercedes Muraira-Soto²

¹ Estudiante; ² Investigador(a) del Tecnológico Nacional de México-de la Cuenca del Papaloapan.

Autor responsable: rubenonofre.aa@cpapaloapan.tecnm.mx

RESUMEN

Los cambios estructurales en el mundo producen una nueva configuración productiva, tecnológica y de mercados en el sistema agroalimentario, favoreciendo la innovación tecnológica de alimentos como el jengibre, que no están explotados. El jengibre pertenece a la familia botánica Zingiberaceae, tiene su origen en el sudeste asiático, posee una oleorresina con sesquiterpenos que proporcionan el aroma y una resina que cuenta con polifenoles: 6-gingerol, 6-shogaol, zingerona, que otorgan la pungencia. Estos componentes actúan como carminativo, antiulceroso, antiespasmódico, colagogo, protector hepático, antitusivo, expectorante, laxante, estimulante, rubefaciente y diaforético. La economía circular permite la transformación y reutilización de desechos agroindustriales, por lo que la transformación del desecho de jengibre es una alternativa. Se desarrolló/aplicó una metodología para la obtención de polvo y extracto de jengibre, dándole valor agregado, acortando las pérdidas de jengibre fresco. El proceso consistió en lavado y desinfección con NaClO al 8%, molienda en un molino de martillos (maquinova modelo MMQ6), prensado del molido para separar el extracto del bagazo, secado del bagazo al sol, molienda y tamizado en malla de 250 μ m. El rendimiento fue de 72% de jugo de jengibre, 17% de polvo y 11% de desecho. El polvo tiene un 3.20% Hbh. El contenido de 6-gingerol en el extracto fue de 61.56 mg/g y en el polvo de 35.25 mg/g debido a la degradación a shogaol por el proceso al que fue sometido.

Palabras clave: Jengibre, 6-gingerol, extracto, polvo.

APTITUD EDAFICA DEL ESTADO DE CHIAPAS PARA EL PASTO CLON CUBA CT 115 (*Cenchrus purpureus* S.)

González-Mancillas Rigoberto^{1*}; Aguirre-Alonso O. Ruben¹; González-Mancilla Apolinar²; Sánchez-Trejo Rubén¹; Vázquez-González Lisandro¹; González-Mancilla Josefina¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan. Av. Tecnológico No. 21. CP. 68446. San Bartolo Tuxtepec, Oaxaca; ²Universidad Juárez del Estado de Durango/Facultad de Agricultura y Zootecnia, km 30, Carretera Gómez Palacio a Tlahualilo, Durango.

*Autor responsable: rgonzalez@colpos.mx

RESUMEN

El pasto clon Cuba CT 115 se ha cultivado en diferentes unidades de suelo en el trópico y subtrópico de México, difiriendo con ello su calidad y producción. Por ende, nuestro objetivo fue determinar la aptitud edafológica del pasto clon Cuba CT 115 (*Cenchrus purpureus Schumacher*) para el estado de Chiapas. Para ello se utilizó la metodología de Zonificación Agroecológica propuesta por FAO, que consistió en identificar los requerimientos edafológicos del cultivo. Para la aptitud edafológica se analizó 403 perfiles de suelo, con profundidades de 0.20 – 1.5 m, y con el análisis físico - químico de cada perfil, se obtuvo el gradiente de fertilidad de las subunidades de suelo. Para la manipulación cartográfica se utilizó el Software ArcMap GIS 10.5® y se definieron cuatro tipos de aptitudes: Muy Apto (MA), Apto (A), Marginalmente Apto (mA) y No Apto (NA). La aptitud edafológica para el pasto CT 115 fue identificada encontrando 1 158 318 ha con Muy Apto (MA), Apto (A) con 2 654 145 ha, con aptitud marginalmente Apto (mA) se obtuvo 2 982 623 ha y No Apto (NA) con 573 955 ha. Por lo que, el estado de Chiapas presenta una aptitud edáfica elevada al contar con el 52 % (3 812 463 ha), de superficie potencialmente Muy Apto y Apto para establecer el pasto clon Cuba CT 115.

Palabra clave: Forrajes, zonificación, rendimiento, áreas productivas, calidad edáfica.

ASIMILACIÓN DE NITRÓGENO EN TRITICALE MEDIANTE EL USO INTEGRADO DE FERTILIZANTES (^{15}N), ABONOS ORGÁNICOS Y BIOFERTILIZANTES

Oscar A. Grageda-Cabrera^{1*}; Sarahyt S. González-Figueroa¹; J. Antonio Ramírez-Ramírez²; Pedro-Eduardo Moreno-Zacarías²; Leonardo Ramírez-López²

¹INIFAP-CEBAJ; ²Tecnológico Nacional de México-Roque. *Autor de correspondencia:

grageda.oscar@inifap.com.mx

RESUMEN

El uso de abonos orgánicos y biofertilizantes es esencial para mantener la productividad del suelo a largo plazo. Sin embargo, existe un déficit en el conocimiento sobre el impacto de estas alternativas en la eficiencia del uso de nutrientes, especialmente al combinarlas con fertilizantes sintéticos. Este estudio se llevó a cabo en condiciones de invernadero en el Campo Experimental Bajío del INIFAP, Celaya, Guanajuato, con el objetivo de evaluar el efecto de abonos orgánicos, fertilizantes sintéticos y biofertilizantes en la nutrición del triticale. Se emplearon tres tipos de compostas y fertilizante sintético en cuatro combinaciones y seis biofertilizantes. Los parámetros evaluados incluyeron: peso seco de grano, paja y total, índice de cosecha, nitrógeno en grano y paja, nitrógeno derivado del fertilizante, nitrógeno de la composta y del suelo, y eficiencia en la utilización del N de cada fuente. El diseño experimental fue factorial en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los resultados mostraron que la inoculación con biofertilizantes incrementó el peso seco de las plantas hasta un 11.8% en comparación con el testigo sin inocular, siendo los más efectivos la micorriza 3 y la bacteria 3, que aumentaron el peso seco en un 19%. La inoculación mejoró el contenido de nitrógeno en las plantas hasta un 32% y aumentó la eficiencia de uso del nitrógeno derivado del fertilizante en un 10%. La producción de biomasa y la asimilación de nitrógeno fueron óptimas cuando las compostas reemplazaron el 50% de la fertilización sintética.

Palabras clave: *Fertilización, Mineralización, Triticosecale, dilución isotópica, asimilación*

BIOFERTILIZANTES EN EL RENDIMIENTO Y DESARROLLO DE VARIEDADES DE CHILE TIPO CALOROS

Raul Alejandro Ramos Salazar¹; Alberto Sandoval Rangel²; Rosalinda Mendoza
Villarreal²

¹Estudiante de postgrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; ²Investigador, Universidad
Autónoma Agraria Antonio Narro. *Autor de correspondencia: asandovalr16@gmail.com

RESUMEN

Las Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal y humus de lombricomposta son una alternativa sostenible a los fertilizantes químicos, mejorando la absorción de nutrientes y la resistencia al estrés. Este estudio evalúa tres combinaciones de *Bacillus* (*B. sp.*, *B. cereus* y *B. licheniformis*) y humus de lombricomposta en dos variedades de chile tipo Caloros (El Dorado y 21-2404), comparándolos con un fertilizante químico (Blaukorn®) para optimizar tanto el rendimiento como la estructura de la planta. Se realizó un Análisis de Componentes Principales, donde se identificó que el Componente Principal 1 (CP1) se asoció principalmente con variables de rendimiento, como el número de frutos, frutos por planta y peso promedio de fruto. Por otro lado, el Componente Principal 2 (CP2) se relacionó con variables estructurales de la planta, como el número de bifurcaciones y la distancia entre nudos. El tratamiento *Bacillus sp.* + *B. cereus* en la variedad 21-2404 se ubicó en dirección a CP1, sugiriendo que esta combinación incrementa la producción en comparación con otros tratamientos. Los tratamientos *B. cereus* + *B. licheniformis* y Humus se orientaron hacia CP2, indicando que influyen más en el desarrollo estructural de la planta que en el rendimiento de frutos. Finalmente, el tratamiento testigo se posicionó en una región separada, lo cual sugiere que los biofertilizantes generan respuestas diferenciadas en comparación con el fertilizante químico, mostrando un potencial para optimizar tanto la productividad como la estructura del cultivo de chile tipo Caloros.

Palabras clave: *Bacillus*, *Capsicum annuum*, humus de lombricomposta, PGPR.

CALIDAD DE SEMILLA DE MAÍZ TRATADA CON CALDOS MINERALES

Abigail Solorzano-Aguilar¹; Eva L. León-Arreguin¹; José F. Rodríguez-Rodríguez^{2*}; Francisco Cervantez-Ortiz³; J. Guadalupe García- Rodríguez³; Sarahyt S. González-Figueroa².

¹Estudiante de Tecnológico Nacional de México- Campus Roque; ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias; ³Tecnológico Nacional de México- Campus Roque. *Autor de correspondencia: francisco_azul@live.com.mx

RESUMEN

La calidad de semilla se determina por la capacidad de germinación, vigor y desarrollo de la plántula. En la agricultura se utilizan productos químicos para estimular la germinación; sin embargo, estos pueden generar efectos adversos como toxicidad residual. Una alternativa es el uso de productos biorracionales de bajo impacto ecológico, por ejemplo, los caldos minerales que pueden ayudar a mejorar el desarrollo de las semillas. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de caldos minerales en la calidad de semillas de maíz. Los genotipos en estudio fueron Roque 2020, Roque 2015 y un híbrido comercial (Antílope). Se pesaron 50 g de semilla de cada genotipo y se aplicaron los caldos minerales (Zinc y Sulfocalcico) a dosis de 1 y 0.5 mL, además de un testigo sin aplicación. Se realizaron pruebas de germinación y vigor de acuerdo con el ISTA (2016). Se evaluó el vigor al tercer día y germinación al séptimo día, en la cual se determinó el número de plántulas normales y anormales y longitud de plúmula y radícula. Los resultados muestran que el testigo presento el mayor porcentaje de vigor, germinación, plantas normales y longitud de radícula en todos los genotipos evaluados. Por otro lado, Roque 2015 y Roque 2020 mostraron las medias más altas para vigor, germinación, plantas normales, longitud de plúmula y radícula. Por lo que se puede concluir que los genotipos Roque 2015 y Roque 2020 presentan alto vigor y germinación; sin embargo, los caldos minerales no presentan un efecto favorable en la calidad de la semilla.

Palabras clave: Semillas, maíz y Calidad de semillas.

CALIDAD FISIOLÓGICA MEDIANTE DIFERENTE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN SEMILLAS DE MAÍCES NATIVOS EN SONORA

Johana Princesa Noriega Vega¹; María Consuelo Murillo Martínez¹; Gilberto Rodríguez Pérez^{2*}; Francisco Javier Salazar Huerta²

¹Estudiante de la carrera de Innovación Agrícola Sustentable, Tecnológico Nacional de México-Valle del Yaqui; ²Profesor del Tecnológico Nacional de México-Valle del Yaqui. *Autor de

correspondencia: gilberto.rp@vyaqui.tecnm.mx

RESUMEN

La calidad de semilla se considera como un patrón que determina el desempeño en el campo o el nivel de su deterioro durante el almacenamiento; la calidad se utiliza como indicador del valor de la semilla con propósitos específicos, inclusive los relacionados con la distribución y comercialización. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad fisiológica en semillas de 6 maíces nativos con 4 fuentes de fertilización. Se pusieron a germinar en charolas de germinación a una profundidad de 3 cm, utilizando como sustrato peat moss, la siembra en charolas ocurrió desde el 12 de abril 2023 en Tecnológico Nacional de México-campus Valle del Yaqui, Sonora, México. Las semillas se sometieron a pruebas analíticas de calidad fisiológica como longitud de coleóptilo, longitud de raíz desde el cuarto al noveno día después de la siembra en las charolas utilizando el diseño bloques al azar en tres repeticiones con arreglo factorial, donde el factor A fueron los tratamientos y B los genotipos, se estableció bajo condiciones de vivero para evaluar el vigor inicial de plántula a través de velocidad de emergencia, porcentaje de emergencia. Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas entre maíces, Tuxpeño de color blanco presentó mejor calidad fisiológica, seguido de Onaveño; cuando se aplicó la fertilización espirulina tuvo mejor efecto para los días 4 y 7, longitud de plántula, longitud de raíz, velocidad y porcentaje de emergencia, seguido de Tetraselmis y control; sin embargo, Thalassiosira presentó bajos promedios en todas las variables, los Nal tel blanco y rojo, Tuxpeño rojo y amarillo presentaron menos promedios en todas las variables de estudio.

Palabras clave: Maíces nativos, semillas, velocidad y porcentaje de emergencia.

CAPTURA DE CARBONO EN PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq.) EN LA SIERRA DE TABASCO, MÉXICO

Luis Enrique Jiménez Vázquez¹; Julio Cesar Gerónoma Castillo¹; Victorino Gómez Valenzuela^{1*}; Ubaldo Guillermo Pérez Cruz¹; Jorge Flores Hernández¹; Alma Berenice Salaya Curiel¹

¹Unidad Regional Universitaria Sursureste, Universidad Autónoma Chapingo. *Autor de correspondencia: vgomezv@chapingo.mx.

RESUMEN

La palma de aceite en Tabasco se cultiva en terrenos anteriormente ganaderos y su cobertura vegetal contribuye a la captura y almacenamiento de carbono (C), razón por la cual es importante analizar su potencial de almacenamiento, al ser CO₂ uno de los principales Gases de Efecto Invernadero que repercute en el calentamiento global y por ende en el cambio climático. En este trabajo se analizó como el cultivo de palma aceitera contribuye reduciendo las emisiones de CO₂, al convertirlas en carbono almacenado, generando alternativas a problemas provocados por deforestación. Para ello se evaluó, utilizando ecuaciones alométricas, la acumulación de carbono en palma aceitera en edades de 5 y 12 años, contrastándose con lo almacenado en la selva alta perennifolia. Se encontró una relación lineal entre incremento en altura, biomasa acumulada y carbono almacenado en el cultivo. La palma adulta (12 años de edad), tuvo almacenamiento de biomasa de 266.45 t/ha, representando un almacenamiento de carbono de 119.45 t/ha y tasa media de fijación de carbono de 9.9 t/ha/año; mientras que la palma joven (5 años de edad), tuvo almacenamiento de biomasa de 196.19 t/ha, lo que corresponde a 88.29 t de carbono por hectárea y tasa media de fijación de carbono de 17.6 t/ha/año. La tasa de fijación de carbono por año fue de 10 t/ha, considerada alta. Las plantaciones de palma de aceite en este trabajo presentaron menor potencial de almacenamiento de carbono (50% respecto a selva alta perennifolia), debido a la menor biodiversidad en el cultivo de palma, y la dinámica forestal presente en los ecosistemas naturales, el manejo dado a los agrosistemas y la edad de estos. El agrosistema de palma de aceite contribuye a reducir o capturar 36.7 toneladas de CO₂ por hectárea por año, almacenado en forma de carbono estructural en la biomasa de la planta.

Palabras clave: Captura de carbono, palma aceitera, Tabasco, México.

CARACTERES AGRONÓMICOS Y DE RENDIMIENTO EN GENOTIPOS DE TRIGO PARA EL BAJÍO DE GUANAJUATO

Verónica Buenavista-Centeno¹; Lourdes Ledesma-Ramírez²; Ernesto Solís-Moya²; Cesar Leobardo Aguirre-Mancilla³; Francisco Cervantes-Ortiz^{3*}

¹Estudiante de posgrado, Tecnológico Nacional de México-Roque; ²Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias; ³Investigador, Tecnológico Nacional de México-Roque.

*Autor de correspondencia: francisco.co@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo consistió en la evaluación de trigos de diferente tipo de gluten para caracteres agronómicos y de rendimiento. Para cumplir con este se establecieron 18 genotipos de trigo; seis de gluten suave, seis de gluten fuerte y seis de gluten cristalino bajo un diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones; donde la unidad experimental se conformó de dos surcos de tres metros de longitud y una separación de 75cm y una densidad de siembra de 120 kg ha⁻¹. En la investigación se registraron los días transcurridos desde la siembra hasta el espigamiento (DE) y madures fisiológicas (DMF), así como la altura de planta (AP) y el rendimiento (REN). Los resultados del análisis de varianza mostraron efectos significativos (0.01) entre los genotipos evaluados y el coeficiente de variación presentó un rango de 1.09 a 7.79%, lo que da alta confiabilidad a los resultados. En la prueba de comparación de medias para DE se tuvo una variación de 74.3 a 95.3 días; en donde las variedades Cisne, Alondra, Cortázar, Maya y Bárcenas alcanzaron esta condición en la menor cantidad de días (75 y 75). Por otro lado, Bacorehuís y Fuerte Mayo (variedades de gluten fuerte) fueron las más tardías, tanto para DE como para DMF. En altura de planta destacaron las variedades Bacorehuis, Borloug y Fuerte Mayo y las más bajas; Rio Bravo, Don Goyo y Quetchehueca Oro. Finalmente, la variedad Borloug (gluten fuerte) obtuvo el rendimiento más alto (7.87 t ha⁻¹), mientras que Baroyeca Oro (gluten cristalino) obtuvo un menor rendimiento (4.57 t ha⁻¹).

Palabras clave: *Triticum aestivum*, caracteres agronómicos, genotipos, tipo de gluten.

CARACTERES CUANTITATIVOS Y CUALITATIVOS EN DIFERENTES RAZAS DE MAICES NATIVOS DE COLOR (*Zea mays* L.)

Silvia Nayely García-Venegas¹; Mariano Mendoza-Elos²; Gilberto Rodríguez-Pérez²; Francisco Cervantes-Ortiz³; Gerónimo Arámbula-Villa⁴; Susana Elizabeth Altamirano-Romo²; Luis Latournerie-Moreno⁵.

¹Estudiante de posgrado, Tecnológico Nacional de México-Roque; ²Investigador, Tecnológico Nacional de México-Roque; ³Investigador, Tecnológico Nacional de México-Valle del Yaqui;

⁴Investigador, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional;

⁵Investigador, Tecnológico Nacional de México-Conkal. *Autor de correspondencia:

d24980864@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El maíz nativo es fundamental en la cultura y alimentación mexicana, radicando su importancia en la conservación y aprovechamiento de su diversidad, teniendo una riqueza en colores y texturas. El experimento fue establecido en el TECNM campus Roque durante 2024. Los genotipos que se utilizaron fueron seis razas nativas de distinto color, el diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones. El objetivo fue la caracterización cuantitativa y cualitativa en diferentes razas de maíces nativos de color. Las variables evaluadas fueron: diámetro de mazorca, longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera, peso de 100 granos, ancho, largo y grosor de semilla, color de endospermo, color de grano y color dorsal de grano. Se mostro diferencia estadística entre las razas respecto a las variables evaluadas. La raza Xnuk nal azul presentó mayor peso de cien granos, ancho de grano, grosor de grano y longitud de grano, la raza Nal tel amarillo obtuvo mayor diámetro de mazorca; las razas Nal tel rojo, Pix naranja y Nal tel blanco destacaron por presentar mayor número de hileras por mazorca y el maíz Pix naranja obtuvo la mayor cantidad de granos por hilera, así como la mejor longitud de mazorca.

Palabras clave: Maíz, razas nativas, caracterización.

CARACTERIZACION AGRONOMICA DE LA VARIEDAD DE MAIZ ROQUE 2015

Alejandro Hernández González¹; José Eduardo Taxis Tzompantzi¹; J. Guadalupe
García Rodríguez¹; Lorenzo Licea Rojas¹; José Luis Macías García²; Oana
Sorinda Escobedo Flores²

¹Docentes del Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato; ²Docentes del Instituto
Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala². *Autor de correspondencia: ale.hernandez02@icloud.com

RESUMEN

La variedad de maíz Roque 2015, registrada en el catálogo nacional de variedades vegetales a nombre del TECN-M-ROQUE con folio 2785. Se destaca por sus características agronómicas, amplio rango de adaptabilidad y productividad, haciéndola popular en el Tecnológico de Roque. Algunas de sus características principales incluyen su alta tolerancia a factores ambientales adversos como; estrés hídrico, temperaturas elevadas y suelos de baja fertilidad, lo que la hace especialmente por su rango de adaptabilidad para regiones en condiciones de adversas de crecimiento. El objetivo del ensayo fue evaluar las características agronómicas durante el ciclo agrícola primavera-verano 29 de marzo del 2024 en el parcela destinada a la investigación del Instituto Tecnológico de Roque en un lote de 6204 m dividido 5 bloques para su evaluación, se seleccionó 55 plantas por lote para su caracterización agronómica; hojas por planta, ancho y longitud de la hoja, número de mazorcas por planta, ramificación por espigas, altura de mazorca, peso de forraje, rendimiento de grano por hectárea y contenido de humedad. Con propósito de evaluar la estabilidad de la variedad por ciclos de producción. En términos de rendimiento, la variedad de maíz Roque 2015, muestra adaptabilidades en sus características agronómicas y de rendimiento potencial descritas en el catálogo nacional de variedades vegetales. Esta variedad tiene un ciclo intermedio a largo, permitiéndole aprovechar mejor los recursos hídricos y nutrientes en condiciones de temporal o de riego.

Palabras clave: Estrés hídrico, adaptabilidad, estabilidad.

CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL, SOCIAL Y CULTURAL DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA PARQUE ESTATAL CAÑÓN DE FERNÁNDEZ Y SUS IMPLICACIONES PARA EL DESARROLLO TURÍSTICO

María Concepción Sosa Álvarez¹; Felipa de Jesús Rodríguez Flores¹; Gerardo Grijalva Ávila¹; Jaime Ávila Simental²; Adán Álvarez Haros²

¹Profesor de la Universidad Politécnica de Durango (UNIPOLI-Dgo); ² Secretaria de Recursos Naturales y Medio Ambiente del estado de Durango (SRNMA-Dgo)

RESUMEN

El artículo titulado Caracterización ambiental, social y cultural del Área Natural Protegida Parque Estatal Cañón de Fernández, ha sido y autorizado y financiado por el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango, en su convocatoria Mujeres en la Ciencia, Tecnologías, Ingeniería y Matemáticas 2021, y ha sido promovido además por La Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente. El objetivo de este trabajo refirió la elaboración de un diagnóstico sobre la situación de este Parque Estatal, para conformar un siguiente proyecto sobre la Zonificación Turística del Parque Estatal Cañón de Fernández. Por lo tanto, la investigación giró en torno a dar respuesta al tema de la caracterización de las comunidades aledañas al lugar (Santa Anita, Saporis, Nuevo Graseros y el Refugio), en sus dimensiones social (educativa, cultural y económica), y ambiental de tal forma que se identifiquen áreas de oportunidad y beneficios para dicha zonificación turística. El enfoque de investigación atañó al cualitativo, llevado a cabo a través del uso de técnicas de recolección de información como la investigación documental, la aplicación de entrevistas focalizadas y a profundidad, dirigidas a los habitantes de las comunidades mencionadas, además de la aplicación de talleres participativos y trabajo de campo para el reconocimiento geográfico del área. Los datos obtenidos se procesaron a través del uso de herramientas de información geográfica (en lo correspondiente a la caracterización ambiental), mientras que en lo correspondiente a la parte social se llevó a cabo a través de la herramienta suma categórica. En cuanto a la dimensión ambiental o caracterización ambiental las categorías generadas correspondieron a: Ubicación geográfica, Curvas de nivel, Tipos de clima, Hidrología, Corrientes de Agua, Agua subterránea, Tipos de suelo, Geología, Ejidos que conforman la zona de amortiguamiento, Regiones Biogeográficas, Ecorregiones, Uso de suelo y vegetación, Diversidad de la Fauna y Flora, Áreas de Restauración. En cuanto a la dimensión social: Contexto histórico y cultural de la zona, Población, pirámide de edades, población proveniente fuera de las comunidades, población económicamente activa, actividades económicas, salud, oportunidades y obstáculos.

Palabras clave: Área natural protegida, caracterización social y caracterización ambiental.

CARACTERIZACIÓN DE DOS GENOTIPOS DE HIGUERILLA EN TEMPORAL

Guadalupe Ruíz-Ruiz¹; Francisco Cervantes-Ortiz²; Alfredo Josué Gámez-Vázquez³; Jorge Covarrubias-Prieto²; Mariano Mendoza-Elos² y Salvador Montes Hernández³

¹Estudiante de Posgrado, Tecnológico Nacional de México-Roque; ²Investigador, Tecnológico Nacional de México-Roque; ³Investigador, INIFAP-CEBAJ. *Autor de correspondencia:

guruizruiz@itesm.edu.mx

RESUMEN

En México existen poblaciones nativas de higuera con amplia variabilidad morfológica, productiva y de adaptación. El principal uso de la higuera es el aceite de la semilla, representado de un 5 al 10 % del total de la biomasa de la planta. Al existir zonas con diferentes condiciones edafoclimáticas ha conducido a producir diferentes híbridos con fines comerciales. Se requiere de la implementación de programas de mejoramiento genético. El objetivo de la presente investigación consistió en caracterizar dos variedades de higuera producidas en zonas de temporal, se utilizó la variedad Guanajuatoil y una variedad local silvestre, con 10 muestras de cada genotipo, donde se realizó un diseño de análisis de componentes principales. El análisis mostró que el 73.33 % de la varianza total se puede explicar con el primer componente principal (CP1) y con el segundo (CP2) 13.06%. Con ambos se observa la dispersión de la respuesta de ambas variedades a través de sus repeticiones. El 86.38 % de la varianza total del experimento, considerando variables fenotípicas y genéticas, se puede observar la distribución de las dos variedades de higuera, de acuerdo con las características morfológicas y de crecimiento que presentaron, esto es de amplia utilidad para el mejoramiento genético de este cultivo, ya que se observó una amplia variabilidad de los caracteres evaluados, además de una evidente y visual diferencia entre ambas

Palabras clave: Guanajuatoil, mejoramiento genético, temporal y silvestre.

CARACTERIZACION DE PATRONES DE HORDEINAS EN CINCO VARIEDADES DE SEMILLA DE CEBADA MALTERA

Francisco Méndez-Reyes¹, Juan Gabriel Ramírez-Pimentel², Cesar Leobardo-Aguirre², Ma. Guadalupe Valadez-Bustos³

¹Estudiante de Posgrado, Tecnológico Nacional de México-Roque; ²Investigador, Tecnológico Nacional de México-Roque, ³Investigadora, Heineken-México. *Autor de correspondencia:

m21980654@roque.tecnm.mx

RESUMEN

Las hordeínas son un grupo de proteínas de almacenamiento que son abundantes en el grano de cebada, tienen la característica de presentar polimorfismos entre los genotipos, y además se ha relacionado con la calidad de la malta y cerveza. Por lo que el objetivo de este estudio fue el de caracterizar los patrones de las hordeínas de cinco variedades de semillas de cebada maltera mediante la técnica de electroforesis en gel de poliacrilamida (SDS). Las cinco variedades utilizadas en este trabajo fueron del tipo 2H a excepción de una: Variedad 1 (B103), Variedad 2 (E101)(6H), Variedad 3 (P102), Variedad 4 (L7141) y Variedad 5 (L2641). El gel resultante muestra un total de 25 bandas, en su mayoría en los rangos de 25 a 50 kDa, siendo estas hordeínas tipo B; además, destacan la variedad 4 y 5 por presentar una gran similitud en sus patrones diferenciándose únicamente por una banda de 100kDa, siendo estas hordeínas tipo D, donde la variedad 4 es menos intensa, esto indicaría un origen común, ya que dichas variedades son líneas avanzadas en proceso de mejoramiento; de igual manera la variedad de 6H se diferencia fácilmente por tener ausente la presencia de una banda de 25kDa que presentan el resto, por otro lado, la variedad 1 presentó un conjunto de bandas acumuladas en el rango de los 35kDa.

Palabras clave: Caracterización de hordeínas, cebada maltera, patrón electroforético.

CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL Y MORFOLÓGICA DE POLISACÁRIDOS DE HABA (*Vicia faba*), ARROZ (*Oryza sativa*), TRIGO (*Triticum*) Y GARBANZO (*Cicer arietinum* L)

María del Rosario Mejía Cuero^{1*}; Janeth González Mateo¹; Guillermo J. Cruz
Cruz²; María Guadalupe Olayo González²; Nallely Guerrero Vidal¹

¹Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso, Departamento de Ingeniería
Química, Av. Tecnológico s/n, Ejido de San Felipe del Progreso, Estado de México, CP 50640,
México; ²Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Departamento de Física, Carr.
México- Toluca, km 36.5, Ocoyoacac, Estado de México, CP 52750, México. *Autor de
correspondencia: mariadelrosario.mc@sfelipeprogreso.tecnm.mx

RESUMEN

El almidón se presenta naturalmente en forma de gránulos en los cloroplastos de hojas verdes y amiloplastos de semillas, legumbres y tubérculos y está formado por amilosa y amilopectina. La amilopectina es una molécula ramificada más grande y es el componente principal del polisacárido, mientras que la amilosa es un polímero lineal que constituye entre el 15% al 20% de su masa. Muchas de las propiedades fisicoquímicas y aplicaciones de los almidones se ven afectadas por su estructura granular y molecular. En este trabajo se presenta un estudio sobre la morfología, composición elemental y estructura química de almidones nativos por MEB y por FTIR. Se obtuvieron almidones de garbanzo, haba, arroz y trigo. Se encontró que la biomasa con mejor rendimiento de almidón fue el arroz con 26.6 %, seguido del trigo con 21.71%, el haba seca con 15% y el garbanzo con 14.91%. La mayoría de las harinas presentan morfología ovoide, a excepción de la de arroz que posee morfología cuasi cubica; el diámetro de los ovoides se encuentra en el intervalo de 21 a 13 μm . Con respecto a la composición elemental, se encontró que los elementos principales que componen la muestra son C y O el porcentaje en masa de carbono en los almidones fue de 44.0% $\pm$ 2.5 y del oxígeno es de 56.0% $\pm$ 2.5.

Palabras Clave: Almidón, morfología, composición elemental, estructura química.

COMPARATIVA DE ÍNDICES DE VEGETACIÓN DEL ESPECTRO RGB APLICADOS A LA ESTIMACIÓN DE VARIABLES AGRONÓMICAS

Juan C Buenavista Jaralillo^{1*}; Lourdes Ledesma Ramírez²; Cesar L Aguirre
Mancilla¹; Ernesto Solís Moya²; Ricardo Yáñez López¹; Giselle Muñoz Molina¹

¹Tecnológico Nacional de México/IT Roque, Celaya, Guanajuato., México, km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, México, km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Gto. *Autor de correspondencia: carlos42715@gmail.com

RESUMEN

La agricultura de precisión se entiende como el uso de técnicas y herramientas, principalmente tecnológicas, para la recopilación de información de los cultivos para una gestión más eficiente de los recursos en la producción. El objetivo de la presente investigación consistió en comparar la eficacia de 12 diferentes índices de vegetación, del espectro RGB para estimar características agronómicas en cinco diferentes genotipos de avena. Para ello se analizaron ortofotografías de cinco variedades, obtenidas por medio de vuelos programados de un vehículo aéreo no tripulado (VANT) durante la etapa de llenado de grano del cultivo, y contrastados con los datos agronómicos; días a espigamiento, días a madurez, altura de planta y rendimiento de grano. Los análisis de componentes principales ($P \leq 0.05$) y coeficientes de correlación de Pearson ($P \leq 0.01$) mostraron una alta correlación positiva entre las variables agronómicas DA, DAE y Altura y ocho índices, GLI, NGNDI, NGRDI, TGI, MPRI, vDVI, GCC y negativa con tres, PRI, RCCI y BCCI, sin embargo, no se encontró correlación con el índice BRVI. Los índices GLI, NGBDI y NGRDI mostraron la más alta correlación ($P \leq 0.01$) entre los índices evaluados lo que indica un alto nivel de confiabilidad para las estimaciones realizadas.

Palabras clave: Índices de vegetación, VANT y avena.

COMPATIBILIDAD E HIBRIDACIÓN DE LÍNEAS EXPERIMENTALES DE CHILE PIMIENTO MORRÓN BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

María Elena Hernández-Araiza^{1*}; Neymar Camposeco-Montejo²; Alberto Sandoval-Rangel³, Valentín Robledo-Torres³; Nanci Andrea Perez-Godines⁴

¹Estudiante Maestría en Ciencias en Horticultura; ²Profesor Investigador del Departamento de Fitomejoramiento; ³Profesor Investigador del Departamento de Horticultura; ⁴Estudiante de Maestría en Tecnología de Granos y Semillas; Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. *Autor de correspondencia: mariaelena_151196@outlook.com

RESUMEN

El cultivo de chile morrón (*Capsicum annuum* L.) es una actividad importante en México. Su producción sigue incrementando, lo cual demanda nuevas variedades o híbridos, sin embargo, la mayoría de los híbridos que se producen actualmente son provenientes de empresas extranjeras y traen consigo un costo elevado para su adquisición, lo que da pauta a la generación de nuevas variedades o híbridos nacionales para ofrecer al mercado. El cruzamiento (hibridación) constituye el principal medio de mejoramiento genético para obtener nuevos genotipos. El objetivo del presente trabajo fue determinar la compatibilidad entre líneas experimentales para la generación de semilla híbrida de chile pimiento morrón. Por lo que se realizó un diseño dialélico de cruzamientos (Método I Modelo II de Griffing) de seis líneas experimentales obtenidas en la universidad las cuales dieron lugar a 30 líneas en cruza directa y recíprocas. En el porcentaje de amarre de los frutos se obtuvo un 90% de compatibilidad entre las líneas, además, se observó que los genotipos L6 y L9 se comportan favorable como progenitor hembra y L7 y L15 como progenitor macho. La cruza que obtuvo los valores más altos de semilla fue L9xL7.

Palabras claves: *Capsicum annuum* L., mejoramiento genético, hibridación, genotipos.

COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN SEMILLA DE MAICES NATIVOS

Daniela Vazquez-Granados¹; Francisco Cervantes-Ortiz^{2*}; Ofelda Peñuelas-Rubio³; Leandris Argente-Martínez⁴.

¹Estudiante de posgrado, Tecnológico Nacional de México-Roque; ²Investigador, Tecnológico Nacional de México-Roque; ³Investigador, Tecnológico Nacional de México-Valle del Yaqui. *Autor de correspondencia: francisco.co@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento productivo de materiales nativos de maíz en el Bajío de Guanajuato. Para realizar esta investigación se emplearon 10 genotipos provenientes de los municipios; Celaya, Comonfort, Juventino Rosas, Salamanca, Jaral del Progreso y Michoacán, bajo un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones. La unidad experimental consistió de 4 surcos de 5 metros de largo con una separación de 0.76 m. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de campo, longitud de mazorca y peso de cien granos. Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias significativas entre los genotipos evaluados para todas las variables registradas. En este sentido la prueba de comparación de medias mostro que la longitud de mazorca vario de 6.30 a 19.57 cm., donde los materiales Halcón (17.8cm), Escobedo 4 (17.0cm), I.T.R.(16.9cm), Gavilán (16.3cm), Celaya (16.3cm), Escobedo 2 (16.1cm) mostraron las mazorcas más largas y las que mostraron mazorcas más cortas son Escobedo 3, Escobedo 1, Jaral y salamanca. Con relación a el rendimiento los materiales: Halcón, Gavilán, Celaya, Escobedo 4, I.T.R. mostraron el mejor comportamiento con valores superiores a 10.91 TN., Para el peso de 100 semillas sobresalen los genotipos; Halcón, Escobedo 2, Escobedo 3, Celaya, Jaral, Escobedo 1., Con valores que van de 39.82 a 43.8g y los de peor comportamiento fueron; Gavilán, Escobedo 4, I.TR, Salamanca.

Palabras clave: *Zea mays*, rendimiento, semillas, nativos.

COMPONENTES DE RENDIMIENTO Y CALIDAD DE SEMILLA DE LA VARIEDAD ROQUE 2015

José Eduardo Taxis-Tzompantzi^{1*}; Alejandro Hernandez-Gonzales¹; José Luis Macias-Garcia²; Lorenzo Licea-Rojas³; Francisco Chable-Moreno³; J. Guadalupe García-Rodríguez³

¹Estudiantes, Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala; ²Profesor, Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala; ³Investigador, Tecnológico Nacional de México-Roque. *Autor de correspondencia: jos56718@outlook.es

RESUMEN

La producción agrícola, es un pilar fundamental para la seguridad alimentaria y la economía a nivel nacional. El maíz es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, se requiere de mejoras continuas en sus variedades para garantizar altos rendimientos, resistencia a enfermedades y adaptación a condiciones ambientales adversas de la variedad. El objetivo del ensayo fue evaluar la estabilidad y calidad de semilla y el rendimiento de la variedad de maíz Roque 2015, la cual está registrada en el catálogo nacional de variedades vegetales a nombre del TECNM-ROQUE con folio 2785. El cual se estableció en el Instituto Tecnológico de Roque en el sector agrícola con una superficie de 6,204 m², el cual se ubica en la Carretera Juventino Rosas - Celaya km 8, Celaya, Guanajuato. Para ello se consideró las siguientes variables; número de hileras por mazorca, número de granos por hilera, peso de grano por mazorca, diámetro de mazorca, longitud de mazorca, el peso volumétrico, peso de mil semillas, y rendimiento por hectárea. Se realizó un diseño experimental de bloques completamente al azar a la variedad de maíz Roque 2015 con 5 bloques, 55 tratamientos, el cual se sembró el 29 de marzo del presente año. Las variables evaluadas arrojaron los siguientes resultados: hileras por mazorca de 14 en promedio, diámetro de mazorca de 4,8 en promedio, longitud de mazorca de 19.3 cm, número de granos por hilera 37 con un total de 518 granos por mazorca, 73,5 de peso volumétrico y un total de rendimientos medio de 12 a 14 toneladas por hectárea ajustado al 14 % de humedad; las variables de peso volumétrico y peso de mil semillas nos comprueba que la variedad tiene una excelente estabilidad y calidad de semilla. El vigor de la semilla se evaluó mediante la prueba de envejecimiento acelerado a 24, 48, 72 y 96 horas a temperatura de 24 °C y humedad relativa de 45 %. Por lo que se concluye que la variedad de maíz Roque 2015, tiene una alta estabilidad en calidad de semilla y rendimiento por hectárea, sembrada durante el ciclo agrícola primavera verano en condiciones de temporal en el bajío de Guanajuato.

Palabras clave: *Peso de mil semillas, calidad de semillas, peso volumétrico y rendimiento de grano.*

CONSERVACIÓN DEL VIGOR Y POTENCIAL DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum*)

Acosta-Guerrero Marycarmen^{1*}; Frías-Pizano Jesús², Pérez-Mendoza Davino²;

Candelario-Cárdenas Lucio Ezequiel¹

¹Estudiante de ingeniería, Tecnológico Nacional de México-Roque; ²Profesor, Tecnológico Nacional de México-Roque. *Autor de correspondencia: marycarmena942@gmail.com

RESUMEN

El acondicionamiento osmótico se ha utilizado para el retardo fisiológico de las semillas, sin embargo, se pueden realizar estímulos mediante este proceso para conservar el vigor y la germinación. El objetivo de esta investigación fue evaluar potenciales osmóticos en la germinación de semillas de arándano (*Vaccinium corymbosum*). Utilizando un diseño completamente al azar se establecieron tres tratamientos de osmoacondicionamiento y un control; el ácido giberélico (AG₃), cloruro de potasio (KCl) y nitrato de potasio (KNO₃); en concentraciones de 1.9, 0.3 y 0.4 g/L de agua respectivamente y tres repeticiones por tratamiento, con el fin de evitar contaminaciones, se aplicó una solución de agua con captan (0.5 g/L de agua). Los resultados obtenidos muestran que, en el primer conteo de tratamientos, el ácido giberélico (AG₃) con concentración de 1.9 g/L de agua presentó el mayor número de plantas normales con 37.33%, el KNO₃ con 21.33% y el KCl con un 8% a diferencia del testigo que presentó el menor resultado con el 4%. En el segundo conteo el porcentaje de germinación (Germ) con AG₃ obtuvo el 80% mientras que el KCl resultó con un 77.33% y el KNO₃ con el 72% comparado con el testigo de 66.67%. Se concluyó que, en el primer conteo no se observan diferencias de vigor por los bajos porcentajes de plantas normales, sin embargo, en el segundo conteo se incrementan los valores, los cuales pueden ser aceptables para esta especie.

Palabras clave: Acondicionamiento osmótico, ácido giberélico, nitrato de potasio

CONTENIDO MINERAL Y RENDIMIENTO EN PLANTAS DE TOMATE INOCULADO CON RIZOBACTERIAS Y NANOPARTICULAS DE PLATA

José R. Paredes-Jácome¹; Juan M. Nava-Santos¹; Alberto Sandoval-Rangel²;
Francisca Sanchez-Bernal¹; Raúl A. Ramos-Salazar^{2*}

¹Departamento de Horticultura, Unidad Laguna. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila. ²Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. *Autor de correspondencia: raul.ramos91@yahoo.com

RESUMEN

La nanotecnología tiene el potencial de revolucionar la industria agrícola con nuevas herramientas para el manejo de enfermedades y mejorar la absorción de nutrientes; las rizobacterias se han descrito como una alternativa para mitigar los problemas asociados al uso de fertilizantes y pesticidas químicos en la agricultura gracias a la capacidad para favorecer la nutrición. El objetivo de la investigación es determinar el efecto de las Nanopartículas de plata (AgNPs) y rizobacterias en el cultivo de tomate. El experimento se realizó en el Depto. de Horticultura UAAAN-UL. Se utilizó plántula de jitomate “Mesías F1”. El diseño experimental utilizado fue arreglo factorial, (factor A), dosis de fertilización química: 75 y 100%; (factor B): testigo (sin inoculación), *Bacillus* spp. Ag NPs (100 ppm) y combinación de *Bacillus* spp. + Ag NPs (100 ppm). La inoculación y nanomaterial se aplicó en 3 ocasiones, a 20, 40 y 60 ddt (días después del trasplante). La mayor acumulación de Ag se obtuvo en hojas de tomate con AgNPs y fertilización al 100% (media 26 ppm), seguido de la raíz, mientras que en el fruto no se encontró Ag presente. A su vez la combinación (Ag NPs + *Bacillus* spp con fertilización química al 75%), fue superior el contenido de N, P, K, Ca y Mg en frutos de tomate comparado a lo obtenido en los tratamientos sin aplicación; la aplicación de AgNPs supera en 12% el rendimiento obtenido con el tratamiento testigo. De acuerdo a los resultados, demuestran ser de interés la interacción de AgNPs y rizobacterias en la producción de tomate bajo invernadero.

Palabras clave: Nanopartículas de plata, *Bacillus* spp, minerales, rendimiento.

CONTRIBUCIÓN DE *Streptomyces* COMO FIJADOR DE NITRÓGENO PARA LA SOSTENIBILIDAD AGRÍCOLA

Leonardo Ramírez-López¹; Oscar A. Grageda-Cabrera^{2*}; Sarahyt S. González-Figueroa²; J. Antonio Ramirez-Ramirez¹; Pedro-Eduardo Moreno-Zacarías¹

¹Tecnológico Nacional de México-Roque; ²INIFAP, Celaya, Guanajuato. *Autor de correspondencia: grageda.oscar@inifap.com.mx

RESUMEN

El género *Streptomyces*, reconocido por su capacidad para producir antibióticos y metabolitos bioactivos, está ganando relevancia en la agricultura sostenible como fijador de N₂. Aunque tradicionalmente se ha asociado la fijación de N₂ a bacterias como *Rhizobium* y *Azospirillum*, ciertas especies de *Streptomyces* han demostrado esta capacidad, ampliando sus aplicaciones potenciales en la agricultura. Este trabajo tiene como objetivo aislar cepas de *Streptomyces* como posibles fijadores de N₂, sentando las bases para investigar su potencial como biofertilizante y su contribución a sistemas agrícolas sostenibles mediante la reducción del uso de insumos químicos. El aislamiento de las actinobacterias se realizó con la técnica de disoluciones seriadas y extensión en placa. Se identificaron por sus características morfológicas como textura y coloración, y se seleccionaron por la producción de metabolitos, además de sus características inhibitorias. De las muestras analizadas se tomaron en cuenta nueve aislamientos, las características de estos aislamientos fueron muy notables en comparación con otras colonias. En las siembras se lograron identificar de tres a cuatro géneros distintos, destacando las cepas del género *Streptomyces*. Las cepas aisladas y purificadas son potenciales candidatos no solo para fijación N₂ sino también para control biológico y remediación de suelo. Los metabolitos, junto con la capacidad de fijar N₂, posicionan a *Streptomyces* como un agente biofertilizante eficaz. La co-inoculación de *Streptomyces* con otros microorganismos beneficiosos, como las micorrizas, también ha demostrado mejorar la estructura del suelo y su capacidad de retención de nutrientes, contribuyendo a la reducción de enfermedades y a un entorno agrícola más saludable y productivo.

Palabras clave: Biofertilizante, fijación, rizosfera, suelo, cereales, fertilizantes.

CONTROL DE MALEZA EN EL CULTIVO DE *Agave tequilana*

Giovani Olivares-Pérez¹; Mario Alberto Estrada-Almanza¹; Sarahyt S. González-Figueroa²; Tomas Medina-Cazares²; Oscar A. Grageda-Cabrera²; Margarita Jaqueline Vázquez-Gaytán¹

¹TecNM- Campus Roque; ²Campo Experimental Bajío-INIFAP. *Autor de correspondencia:

gonzalez.sarahyt@inifap.gob.mx

RESUMEN

El control de maleza en el cultivo de agave es un factor importante para obtener un producto de buena calidad. Sin embargo, el uso desmedido de herbicidas con altos periodos de residualidad ponen en riesgo el sistema agrícola. Es necesario buscar alternativas eficientes para el control de maleza, con un enfoque sostenible. El objetivo del presente trabajo fue evaluar diferentes alternativas para el control de maleza en el cultivo de *Agave tequilana* en Arandas, Jalisco. Se estableció una parcela experimental bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron siete tratamientos (Finale, Glifosato, Finale+Alion, Sec natural, Cobertura plástica, Malla antimaleza y Testigo enhierbado). Los tratamientos que tuvieron mejor control fueron la Malla antimaleza con 100%, Cobertura plástica con 90%, Glifosato con 91.3% y 92.6% en hoja ancha y angosta respectivamente. El tratamiento alternativo para el control de maleza eficiente en el cultivo de agave fue la Malla antimaleza.

Palabras clave: *Herbicidas químicos, alternativas, sostenible.*

CONTROL DE MALEZA EN HUERTAS DE AGUACATE

Zaira Guadalupe Rivera-Méndez¹; Mario A. Alonso-Méndez¹; Sarahyt S. González-Figueroa²; Tomas Medina-Cazares²; Oscar A. Grajeda-Cabrera²; Giovanni Olivares-Pérez².

¹TecNM- Campus Roque; ²Campo Experimental Bajío-INIFAP. *Autor de correspondencia:

gonzalez.sarahyt@inifap.gob.mx

RESUMEN

En Michoacán se genera más del 75% de la producción nacional de aguacate, cuyo destino principal es la exportación para la cual se deben de cubrir diversos requisitos de inocuidad, como mantener libre de maleza el cultivo, como parte de la normatividad fitosanitaria de Estados Unidos para poder realizar importaciones. Es necesario impulsar estrategias eficientes en el control de la maleza por lo cual el objetivo del presente trabajo fue evaluar diferentes alternativas para el control de maleza en huertas de aguacate en Uruapan Michoacán. El experimento se estableció en una plantación comercial de Uruapan Michoacán en el ciclo primavera-verano 2023, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con 4 repeticiones. La aplicación de los tratamientos fue en postemergencia a la maleza, los cuales fueron: acolchado plateado, malla anti-maleza, testigo enhierbado, control manual, Finale + Alion, testigo regional (Glifosato) y bioherbicida (Sec Natural). Los tratamientos más eficientes fueron el control manual y la malla anti maleza con 100% de control, el tratamiento Finale + Alion obtuvo controles de 89.1% y 90.9% en hoja ancha y angosta respectivamente; seguido del acolchado plata que controló 89.9% de hoja ancha y 89.2% de hoja angosta, mientras que glifosato apenas supera valores establecidos para lograr un buen control con 89.5% en hoja ancha y 88.8% en hoja angosta finalmente el herbicida Sec Natura mostro valores de control de 83.7% y 90% en hoja ancha y angosta respectivamente.

Palabras clave: *Persea americana*, bioherbicida, glifosato.

CRECIMIENTO DE PLÁNTULA DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*) EN RESIDUO DE AGAVE COMO SUSTRATO

Geraldine Elizabeth Villa-Martínez¹; Virginia Ortiz-Timoteo²; Patricia González Granados²

¹Estudiante de licenciatura, Instituto Tecnológico Superior de Abasolo; ²Docente, Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, Abasolo, Guanajuato, CP. 36976, México. *Autor de correspondencia: AS21110150@tecabasolo.edu.mx

RESUMEN

El aumento de las áreas con agave (*Agave tequilana* Weber) ha generado mayor cantidad de residuos, después de su aprovechamiento en la industria tequilera. Por ello, se planteó evaluar el efecto del residuo de agave como componente de sustrato en la producción de plántula de tomate (*S. lycopersicum*). El proyecto se estableció en el Instituto Tecnológico Superior de Abasolo y se evaluaron cuatro tratamientos: T1 (residuo de agave al 30% + peat moss al 70% + solución Steiner al 25%), T2 (residuo de agave al 15% + peat moss al 85% + solución Steiner al 25%), T3 (Peat moss al 100% + solución Steiner al 25%) y T4 (Peat moss al 100%). El diseño experimental fue completamente al azar con 50 plántulas en cada unidad experimental y cinco repeticiones. Se evaluaron: altura, número de hojas y peso seco de las plántulas a los 31 días después de la siembra. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y a la comparación de medias con la prueba de Tukey, en el programa de InfoStat (versión estudiante). Las plántulas establecidas en el peat moss al 100% + solución Steiner al 25% destacaron en la altura y en el número de hojas. Esta última variable, también sobresalió en la mezcla de residuo de agave al 15% + peat moss al 85% + solución Steiner al 25%.

Palabras clave: Mezclas, solución Steiner y *Agave tequilana* Weber.

CUANTIFICACIÓN DE PROLAMINAS DE SEIS GENOTIPOS DE SEMILLA DE CEBADA MALTERA (*Hordeum vulgare* L.) EN CUATRO NIVELES DE NITRÓGENO

Francisco Méndez-Reyes¹, Juan Gabriel Ramírez-Pimentel², Cesar Leobardo-Aguirre², Ma. Guadalupe Valadez-Bustos³, Mario Martín González-Chavira⁴

¹Estudiante de Posgrado, Tecnológico Nacional de México-Roque; ²Investigador, Tecnológico Nacional de México-Roque; ³Investigadora, Heineken-México, ⁴Investigador, INIFAP Bajío. *Autor de correspondencia: m21980654@roque.tecnm.mx

RESUMEN

La cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) es uno de los principales componentes para la elaboración de la cerveza, y además debe de cumplir con parámetros específicos (tanto físicos como químicos) para considerarla de calidad. Uno de dichos parámetros es el contenido de proteína, el cual se ve afectado por factores como el ambiente, la fertilización y por supuesto, la variedad. Las prolaminas de la cebada, denominadas como hordeínas, son las principales proteínas presentes en la cebada, y se relacionan con la formación y estabilidad de la espuma; por lo que el objetivo de esta investigación fue la de cuantificar las hordeínas de seis genotipos de semilla de cebada maltera en cuatro niveles de fertilización nitrogenada, para cumplir este objetivo se extrajeron dichas proteínas y se cuantificaron en el espectrofotómetro por el método de Bradford, por lo que se manejó un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial con 4 repeticiones. El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre genotipos y niveles de fertilización, así como su interacción. Destacando la variedad 6 (M104) como la de mayor contenido con una media de 367.11 g/μl, al contrario que la variedad 3 (P102) su media fue de 261.27 g/μl, en cuanto a la fertilización nitrogenada, el de mayor concentración lo registró el nivel 4 (300 U) con 330.58 g/μ.

Palabras clave: *Hordeum vulgare*, hordeínas, calidad maltera, proteínas de reserva.

CULTIVO DE PITAHAYA ROJA (*Hylocereus undatus* Haworth, Britton & Rose) EN EL CENTRO-SUR DE QUINTANA ROO, MÉXICO

Victorino Gómez Valenzuela^{1*}; Román Roberto Vásquez Rendón¹

¹Unidad Regional Universitaria Sursureste, Universidad Autónoma Chapingo. *Autor de correspondencia: vgomezv@chapingo.mx

RESUMEN

En el estado de Quintana Roo Pitahaya roja (*Hylocereus undatus* Haworth, Britton & Rose) es de reciente desarrollo, bajo modelo agroforestal y manejo tradicional; existiendo 1,800 hectáreas cultivadas cuyos rendimientos productivos son de 4 t ha⁻¹ año, muy bajos comparados con otras zonas productoras. En este trabajo se analizaron las condiciones ambientales para desarrollo del cultivo en el centro sur de la entidad, la más importante productora de pitahaya del estado. Se visitó a productores de los municipios Othón P. Blanco y Felipe Carrillo Puerto con los cuales se recabó información sobre manejo agronómico del cultivo, producción y rendimientos productivos, se revisaron las condiciones climáticas y edáficas de la zona, contrastándose con los requerimientos agroecológicos de la planta. Se encontró que los suelos son someros y pedregosos, principalmente franco arcillo-arenosos y franco arcillo-limosos, características que proporcionan un entorno adecuado para el crecimiento de pitahaya; sin embargo, habrá que manejar adecuadamente el pH y materia orgánica para optimizar su desarrollo como cultivo. La distribución de la lluvia, profundidad del suelo, así como pH y pedregosidad superficial resultan no adecuados para esta cactácea. En el municipio de Felipe Carrillo Puerto, se cumple solo 50% de los requerimientos agroecológicos, mientras que en Othón P. Blanco se alcanza 60%, ligeramente mejores condiciones. La distribución de las plantas en el terreno no sigue las recomendaciones para el cultivo, afectando negativamente al crecimiento, sanidad y productividad. Los tutores vivos, no mantienen el distanciamiento y orden adecuado para el cultivo, se carece de programas de fertilizaciones y no se realizan análisis de suelos, por lo que no existe certeza respecto a la efectividad de la práctica. Estas características hacen la diferencia entre los requerimientos agroecológicos del cultivo y el comportamiento productivo, lo que aunado al manejo agronómico tradicional no permite la manifestación de mejores resultados productivos.

Palabras clave: Cactácea, requerimientos agroecológicos, manejo agronómico, caracterización.

CURVA DE EMERGENCIA DE PIMIENTA GORDA (*Pimenta dioica*)

Ma. de Carmen Pablo-Mendoza^{1*}; Rolando M. Tlaxcala-Méndez²; Gregorio Hernández Salinas³; Humberto José Estrella Maldonado¹; Ricardo Santillan Mendoza¹

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ¹Campo Experimental Ixtacuaco, ²Campo experimental El Palmar, Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. *Autor de correspondencia: pablo.maria@inifap.gob.mx

RESUMEN

La pimienta gorda es un árbol considerado como recurso forestal no maderable, el método de propagación recomendado es por injerto, por lo tanto, es necesario conocer los porcentajes de germinación de semillas para la producción de portainjertos. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo consistió en evaluar la germinación y modelar la curva de emergencia que presentan las semillas de pimienta gorda. En septiembre de 2022 se colectó semilla ilegítima, de árboles establecidos en Martínez de la Torre, Veracruz, los frutos maduros se remojaron en agua durante 12 horas para ablandar el pericarpio, en un kilogramo de frutos se obtuvieron 1157 semillas de los cuales se seleccionaron 1000 y, se sembraron en un almácigo en un diseño completamente al azar con 10 repeticiones, cada tercer día se aplicó riego. La toma de datos de emergencia se realizó cada dos días durante un periodo de cuatro semanas, la primera medición se efectuó a los 26 días justo cuando emergieron las primeras plántula. Como resultados, los datos presentaron una curva tipo sigmoideal hasta alcanzar el día 48 de siembra, mientras que el porcentaje de emergencia fue de 54%.

Palabras clave: *Especia, producción de portainjertos.*

DAÑO POR HONGOS EN MAZORCA DE CULTIVARES DE MAIZ EN RIO BRAVO, TAMAULIPAS

Alexei Martin Sifuentes Camacho¹; Zoila Reséndiz Ramírez^{1*}; Rebeca Rodríguez Falconi¹; José Alberto López Santillán²

¹Campo Experimental Río Bravo Tamaulipas-INIFAP. Carretera Matamoros-Reynosa, km 61 Cd.

Río Bravo, Tamaulipas; ²Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Adolfo López Mateos, C.P. 87000, Cd. Victoria, Tamaulipas. Autor

de correspondencia: resendiz.zoila@inifap.gob.mx

RESUMEN

El consumo *per capita* de grano maíz en México es cercano a 200 kg por año, por lo que la producción y calidad del mismo, tiene un impacto directo en la salud pública. La contaminación fungosa y el daño por plagas tienen consecuencias graves para la salud humana y animal; ya que diversas cepas como *Fusarium* y *Aspergillus* producen compuestos tóxicos sobre el grano de maíz, afectando la calidad y valor nutricional. El objetivo de este trabajo fue evaluar el daño provocado por hongos en diferentes genotipos de maíz. El experimento se estableció en el ciclo O-I 2024, en Río Bravo Tam., con riego, en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones; se midió el peso de olote (PO), diámetro de olote (DO), peso de grano por planta (PGxPL), cobertura (AC), aspecto de mazorca (AsM) y daño por hongos (PH%). El tratamiento 1 (T1) inoculado con hongos patógenos (*Aspergillus* spp. *Penicillium* spp. y *Fusarium* sp.) y el 2 sin aplicación (T2); en 16 cultivares de maíz. No hubo significancia estadística ($P \leq 0.01$) entre cultivares, para las variables estudiadas a excepción de DO, pero si entre tratamientos, la interacción GxTRAT no fue significativa en ninguna variable, lo que indica que los cultivares respondieron similar a la presencia de los hongos patógenos en ambos tratamientos. El T1 tuvo mayor PH con 9.80% en comparación a 6.95% del T2, con una diferencia de 2.85%, daño que afecta la calidad del grano a comercializar. Lo anterior muestra una resistencia similar entre cultivares a la infección de este tipo de hongos.

Palabras clave: *Zea mays* L., micotoxinas, calidad, hongos patógenos.

DENSIDAD DE POBLACION Y MANEJO DE SOLUCION NUTRITIVA EN LA PRODUCCION DE JITOMATE EN MACROTUNEL

Salvador Villalobos Reyes^{1*}; Enrique González Pérez¹; Daniel Nava Zamudio²

¹Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias; ²Estudiante, Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra. Autor de correspondencia: villarresa@hotmail.com

RESUMEN

La crisis del agua en la Región del Bajío condiciona a la producción de hortalizas que sea eminentemente en condiciones de agricultura tecnificada. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el crecimiento y la productividad del jitomate saladette indeterminado en densidades de población y manejo de la solución nutritiva en sustrato en macro túnel. Se evaluaron 8 tratamientos obtenidos del diseño factorial 2^3 en bloques completos al azar. Los tres factores fueron volumen de sustrato, conductividad eléctrica y densidad de población, con los niveles 7 y 14 litros, 3 y 5 ds m^{-1} y, 3 y 5 plantas m^{-2} . Los tratamientos fueron, T1 (7 L, 3 P m^{-2} , 3 ds m^{-1}), T2 (14 L, 3 P m^{-2} , 3 ds m^{-1}), T3 (7 L, 5 P m^{-2} , 3 ds m^{-1}), T4 (14 L, 5 P m^{-2} , 3 ds m^{-1}), T5 (7 L, 3 P m^{-2} , 5 ds m^{-1}), T6 (14 L, 3 P m^{-2} , 5 ds m^{-1}), T7 (7 L, 5 P m^{-2} , 5 ds m^{-1}), T8 (14 L, 5 P m^{-2} , 5 ds m^{-1}). Cada semana se registraron los datos de fenología, altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), longitud de hoja desarrollada (LH), racimos por planta (RP). Durante la cosecha se registraron número de frutos por planta (NF), peso de frutos por planta (PFP), y rendimiento por hectárea. En los datos de fenología hubo significancia estadística ($P \leq 0.05$) entre todos los tratamientos. En AP destacó el T8. En DT el T7 superó al resto de los tratamientos. Las hojas grandes se desarrollaron en el T4, el mayor RP se desarrolló en el T2. En rendimiento, los mejores resultados se presentaron en el T7 y T8 con 25.5 kg m^{-2} y 23.4 kg m^{-2} respectivamente.

Palabras clave: sustrato, producción intensiva, agricultura protegida

DESPERDICIOS DE HORTALIZAS EN LA COMERCIALIZACIÓN EN ORGANOPÓNICOS DE SANCTI SPÍRITUS

Yaima Hernández Beltrán^{1*}; Kolima Peña Calzada¹; Michely Vega León²; Onelia Rodríguez Polanco¹; Damaris T. Castillo Jimenes¹; María S. Acosta Navarrete³

¹Investigador, Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez, Cuba; ²Investigadora, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", Cuba

³Investigadora Tecnológico Nacional de México-Roque. *Autor de correspondencia:

yima.beltran@gmail.com

RESUMEN

Las pérdidas y desperdicios de alimentos son un problema que impacta severamente a la población mundial y se estima que cerca de una cuarta parte de los alimentos que se producen se pierden o desperdician. La investigación tuvo como objetivo evaluar los desperdicios de hortalizas generados en tres organopónicos del municipio de Sancti Spíritus durante la comercialización. Se cuantificaron los desperdicios a través de una encuesta con el objetivo de obtener información sobre el porcentaje estimado que se pierde de cada cultivo. Conjuntamente, se realizó una medición directa de los desperdicios de lechuga (*Lactuca sativa*), acelga (*Beta vulgaris* var. cicla) y col china (*Brassica rapa pekinensis*) generados durante la etapa de comercialización en los organopónicos en estudio. También se determinó el impacto económico, calórico y por nutrientes de los desperdicios generados. A través de las encuestas se estimó entre 7 y 8% de desperdicios para las hortalizas en estudio, mientras que la medición directa arrojó un porcentaje de hortalizas desperdiciadas entre 4,5 y 4,6 % siendo la lechuga y la col china las más desperdiciadas. Se dejó de ingresar como promedio en una semana 479,48 CUP por organopónico. Se desperdiciaron 2204,45 kcal por la no ingesta de estas hortalizas, así como 101,61 mg de fibra dietética, 230 355,69 mcg de carotenos, 7817,63 mcg de ácido fólico y 3138,84 mg de vitamina C.

Palabras clave: Desperdicios, seguridad alimentaria, hortalizas, alimentos.

DETERMINACIÓN DE ASOCIACIÓN FÚNGICAS CON PLANTAS ENGROSADAS Y SANAS DE NOPAL MEDIANTE SECUENCIACIÓN MASIVA

Ernestina Valadez Moctezuma¹

¹Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carr. México-Texcoco. 56230, Edo. de México. Autor de correspondencia: evaladezm@chapingo.mx

RESUMEN

La metagenómica es una técnica útil para estudiar las asociaciones de microorganismos en un ambiente. Una de las enfermedades características de nopal es el engrosamiento de cladodio cuyo agente causal aun es desconocido. El objetivo de la investigación fue relacionar los cambios del perfil taxonómico fúngico con la enfermedad mediante análisis metagenómico. Se recolectaron muestras de suelo, rizosfera y endosfera, en época de sequía y de lluvia. Se extrajo el DNA y se secuenció masivamente la región ITS2. El nivel de riqueza y diversidad de los hongos fueron mayores en muestras de rizosfera, seguidas de muestras de suelo, filosfera de cladodio, endosfera de raíz y endosfera de cladodio. El análisis preliminar de la composición taxonómica mostró la detección de al menos 139 familias de hongos pertenecientes a 8 filos taxonómicos siendo *Ascomycota* el más dominante seguido de *Basidiomycota* y *Mortierellomycita*. Las frecuencias relativas de los distintos niveles taxonómicos fueron variadas entre plantas enfermas y plantas sanas, dependiendo del tipo de muestra y la condición climática. En conclusión, Se reveló gran diversidad de hongos en muestras de suelos, rizosfera y endosfera de plantas engrosadas y plantas sanas y se encontraron asociaciones microbio-hospedero específicas indicando cambios considerables por la condición del engrosamiento.

Palabras clave: Engrosamiento, ITS, *Opuntia ficus-indica*, perfil fúngico, secuenciación metagenómica.

EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE ACEITES ESENCIALES PARA EL CONTROL DE *Plutella xylostella* L.

Juan P. Yañez Amesquita¹; José F. Rodríguez Rodríguez^{2*}; Abigail Solorzano Aguilar¹; Lourdes Ledesma Ramírez¹; Diego M. Badillo García²; Anselmo Hernández Pérez²

¹Estudiante de Tecnológico de Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas Km. 8. 38110, Celaya, Gto., México; ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. *Autor de correspondencia: francisco_azul@live.com.mx

RESUMEN

Guanajuato es el principal productor en México de brócoli con 64.2% del volumen total, uno de los factores que compromete la producción es la palomilla dorso de diamante, actualmente se utilizan productos químicos para controlar a esta plaga, sin embargo, estos pueden generar efectos adversos como la resistencia, daños a la salud humana y contaminación al medio ambiente. Una alternativa es el uso de productos biorracionales de bajo impacto ecológico, por ejemplo, los aceites esenciales. El objetivo de la investigación fue evaluar la efectividad biológica de los aceites esenciales para el control de *Plutella xylostella*. El método utilizado fue inmersión de hoja, el cual consiste en recortar círculos de hojas de brócoli de 6 cm de diámetro y se sumergieron en las soluciones en estudio durante 10 s, se dejaron secar por 30 min y se colocaron en cajas Petri y se transfirieron 10 larvas de L3. Los aceites esenciales evaluados fueron: canela, naranja, lemon grass, eucalipto y romero, se aplicaron a dosis de 0.5 y 1 mL L⁻¹ además de un testigo sin aplicación, se evaluó la mortalidad a las 24, 48, 72, 96 y 120h. Los resultados muestran que Lemon Grass presento una mayor mortalidad con un 99%, seguido de eucalipto con un 83.75 %, mientras que, la mortalidad más baja la reporta para naranja con un 62.50%. Se concluye que lemon grass es efectivo para el control de palomilla dorso de diamante.

Palabras clave: Mortalidad, lemon grass, eucalipto.

EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE HERBICIDAS VIGENTES Y CADUCOS EN EL CULTIVO DE TRITICALE

Alexis Guadalupe Ramirez-Aguilar¹, Sarahyt S. González-Figueroa², Luis Patricio Guevara-Acevedo¹, Mario Alberto Estrada-Almanza¹, José Francisco Rodríguez-Rodríguez²

¹TecNM- Campus Roque, ²Campo Experimental Bajío-INIFAP. *Autor de correspondencia:

gonzalez.sarahyt@inifap.gob.mx

RESUMEN

El control de maleza es de suma importancia dentro de las unidades productivas ya que influye en el rendimiento y en el control de plagas y enfermedades. El uso de herbicidas está ampliamente difundido ya que se pueden eliminar grandes extensiones de maleza en poco tiempo y a bajos costos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la efectividad de herbicidas selectivos caducos y vigentes. Se estableció un ensayo en el TecNM Campus Roque, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con 3 repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron: herbicidas vigentes y herbicidas caducos aplicándose las dosis de X y 2X (tomando como X la dosis comercial recomendada). La mezcla de herbicidas utilizada para el control de maleza en el cultivo de triticales fueron Starane™ (para hoja ancha) y Axial® (para hoja angosta). Posteriormente se realizaron evaluaciones de control de maleza a los 15, 20 y 30 días después de la aplicación de los tratamientos. Los resultados mostraron que el mayor porcentaje de control se presentó a los 15 días donde la aplicación de herbicidas vigentes y la doble dosis de caducos obtuvieron valores mayores al 92%, a los 20 días el único tratamiento con control por encima del 90% fue el vigente con doble dosis y este comportamiento se mantuvo a los 30 dda. En conclusión, el efecto de la aplicación de herbicidas vigentes con dosis X es estadísticamente igual a la aplicación de herbicidas caducos con dosis 2X.

Palabra clave: Porcentaje de control, maleza, dosis.

EFFECTO DE LA CONFIGURACIÓN DE PLANTACIÓN EN EL RENDIMIENTO DE LECHUGA AL SUROESTE DE GUANAJUATO

Melanie Jannete Moreno-Aguilar¹; Juan Zavala-Contreras¹; Citlali Domínguez López; Valeria Flores Villafañá, Angélica Mendoza Pérez, Alberto Calderón-Ruiz^{1*}

¹Estudiante de la Universidad Tecnológica Del Suroeste De Guanajuato, ¹Profesor-investigador de la Universidad Tecnológica Del Suroeste De Guanajuato

*Autor de correspondencia: ruizcalderonalbert@gmail.com

RESUMEN

La lechuga, aunque no sea una fuente principal de nutrientes, su bajo contenido calórico, aporta fibra y otros nutrientes esenciales, es uno de los alimentos más consumidos a nivel mundial. En Guanajuato, su cultivo representa una actividad económica importante, En 2023, la producción fue de 151,000 toneladas, con un valor de \$764 millones. La configuración de plantación (distancia entre hilera y distancia entre planta) afecta directamente el rendimiento y rentabilidad, dada la competencia por recursos y espacio. Diversos autores recomiendan densidades de plantación entre 60,000 y 200,000 plantas/ha, dependiendo de las condiciones climáticas, sistemas productivos y variedades. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la distancia entre hilera y planta en el rendimiento, en la Universidad Tecnológica Del Suroeste De Guanajuato. Este trabajo se condujo en el ciclo otoño-invierno 2023, a 100 días de trasplante del material vegetal sin aplicación de fertilizantes. El estudio consistió en un factor establecido en un diseño de franjas con cuatro repeticiones. La variedad de lechuga tipo bola iceberg SV7735LD se estableció en camas de 120 cm, donde se establecieron los siguientes tratamientos: T1: una línea (4 plantas/metro), T2: dos líneas (7 plantas/metro), T3: tres líneas (nueve plantas/metro) T4: 4 hileras (once plantas/metro), donde se midieron cuatro variables: diámetro de lechuga, peso por lechuga, desecho (hojas dañadas o no viables para consumo) y costo. El análisis de varianza la variable desecho no hay diferencia significativa a ($P \leq 0.01$) Tukey, por otro lado, el resto de las variables el T3 fue el mejor significativamente con una media en costo de \$72.8 por metro lineal, un promedio de peso de lechuga de 800 gramos y un diámetro de 16.3 cm. El tratamiento T1 y T2 en promedio el costo fue de \$33.5, su peso 610 gramos y un diámetro de 13.87 cm.

Palabras clave: *Lettuca sativa*, distancia entre hilera, distancia entre planta.

Efecto de la inoculación con cepas de *Trichoderma harzianum* en la germinación de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Georgina Ivette Rodríguez Muñoz¹; Erika Cañada Coyote¹; Cesar L. Aguirre Mancilla¹; Leandris Argente Martínez²; Mariano Mendoza Elos¹; Juan G. Ramírez Pimentel^{1*}

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato, México.

C.P. 38110; ²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Valle del Yaqui, Bácum, Sonora, México, C.P. 85265.

*Autor de correspondencia: juan.rp@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El tomate es la hortaliza más consumida en el mundo y es propagado por semilla, por lo que la germinación y el vigor son muy importantes para su producción. Este ensayo tuvo como objetivo analizar el efecto de la inoculación de cepas de *Trichoderma harzianum*, THR1R01(nativa), y tres líneas mutantes químicas, sobre la germinación y emergencia en semillas de tomate tipo saladette con hábito determinado e indeterminado; el experimento se estableció bajo condiciones controladas, a 25° C, con una humedad relativa de 23%, se colocaron 30 semillas en cajas petri, con cuatro repeticiones, en un diseño completamente al azar; se inocularon con conidios de *T. harzianum* a una concentración de 1×10^7 en condiciones de oscuridad. Se evaluó el porcentaje germinación (PG) y el tiempo medio de germinación. El análisis estadístico semillas inoculadas con las cepas M14, presentaron preponderancia en la emergencia de la radícula y un mayor porcentaje de germinación. La cepa M14 presentó diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$), respecto a las demás cepas mutantes, la cepa nativa y el testigo, lo que sugiere que la calidad fisiológica de la semilla puede beneficiarse con la inoculación de cepas de *Trichoderma harzianum*, propician una mayor eficiencia en la germinación y vigor de la plántula.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, *Trichoderma harzianum*, biotestimulación.

EFECTO DE LA PRECIPITACIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DE CATIONES INTERCAMBIABLES EN UN SUELO TROPICAL EN SAN JOSÉ PUYACATENGO, TEAPA, MÉXICO

Roman R. Vasquez-Rendon^{1*}; Victorino Gómez-Valenzuela¹

¹Universidad Autónoma Chapingo. URUSSE. *Autor de correspondencia: rvasquezr@chapingo.mx

RESUMEN

El cambio climático está ocasionando una modificación de los patrones de lluvia en distintas regiones del mundo. En este sentido, este trabajo tuvo como objetivo realizar el seguimiento de la concentración de iones nutrimentales en un suelo tropical durante un periodo de tres años e identificar relaciones existentes con la precipitación. En una pradera de pastoreo representativa del agroecosistema de la zona en Teapa, Tabasco, se midió la concentración de los cationes intercambiables Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} y CIC de un luvisol y la cantidad de precipitación acumulada (PT) anualmente, durante el lapso de 2021 a 2023. Los valores se compararon con un análisis de correlación. El análisis de correlación manifestó una correlación inversa entre la PT y la concentración de los cationes $\text{Al}^{3+} > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ en ese orden de significancia. Los resultados muestran una correlación inversa entre la PT y los cationes con excepción del Na^+ , una disminución en la concentración de cationes y la CIC al pasar de 2711 mm de PT a 3907 entre los años 2021 y 2022, pero una posterior recuperación durante el ciclo 2022-2023, al pasar de 3907 a 3091 mm de lluvia acumulada. Durante el periodo con mayor precipitación que corresponde a 2021-2022 existió una pérdida de cationes y una disminución en la CIC de aproximadamente el 18%. En el periodo de 2022-2023 se presentó un aumento en la concentración de cationes y una recuperación del 11% en la CIC respecto al valor medio al disminuir la precipitación 816 mm. Se concluye que la precipitación favoreció una disminución en la concentración de cationes intercambiables y una modificación en la CIC.

Palabras clave: Degradación, empobrecimiento, lixiviación, luvisol, pradera.

EFECTO DE UN BIOPRODUCTO Y EL TIEMPO DE INMERSIÓN EN AGUA EN LA GERMINACIÓN DEL FRIJOL

Manuel Rodríguez González^{1*}; Nerelis Cabrera Julián¹, Kolima Peña Calzada¹; Odmara Castellano Yero¹; Damaris Castillo Jimenes¹; María S. Acosta Navarrete²

¹Investigador, Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez, Cuba; ²Investigadora Tecnológico Nacional de México-Roque. *Autor de correspondencia: manuelyuale@gmail.com

RESUMEN

Los promotores del crecimiento pueden ser una alternativa para incrementar la potencial de germinación en el cultivo del frijol. Esta investigación se desarrolló en la Universidad de Sancti Spíritus José Martí, con el objetivo de determinar el efecto del VIUSID agro® y el tiempo de inmersión en la disolución en la germinación cultivo del frijol var. "Cul 156". Se diseñó un arreglo factorial 3 x 4 distribuidos completamente al azar: el factor A: tiempo de inmersión en la disolución (A1, 10 min (control) según la NC: (2005), A2, 2 horas y A3, 4 horas) el factor B dosis de promotor del crecimiento (B1, sin aplicar, B2, 0,75 y B3, 1,0 y B4 1,5 ml/ diluidos en 5 L de H₂O). Las variables evaluadas fueron: días de inicio y máxima germinación, potencia germinativa, Índices de germinación, tiempo medio de germinación y longitud del hipocótilo y radícula. Los resultados mostraron que la utilización Viusid agro con una dosis de 1,0 ml en 5 L de H₂O y dos horas de inmersión de las semillas, tuvieron un efecto positivo en el inicio y máxima germinación, en potencial de germinación y el índice T50 respecto a los demás indicadores y los mayores valores en la longitud del hipocótilo y la radícula. La interacción A2B3 (2 horas de inmersión con una dosis de 1,0 ml diluido en 5 L de H₂O del promotor del crecimiento) fue el de mejor comportamiento en todos los indicadores fisiológicos y la dinámica de crecimiento de LH y LR en el ensayo sobre el resto de los tratamientos.

Palabras clave: Aminoácidos, dosis, potencia germinativa, *Phaseolus vulgaris* L.

EFFECTO DEL ENSILADO DE ARVENSES SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN BOVINOS HOLSTEIN EN CRECIMIENTO

Germán Buendía-Rodríguez^{1*}; Marcos Pérez-Sato²; M. Alfredo Espinosa-Martínez²; Rafael Nieto Aquino²; M. Denisse Montoya-Flores²

*Investigador del Sitio Experimental Hidalgo, CEVAMEX, INIFAP, Investigadores del CENIDFyMA, INIFAP, BUAP, Teziutlan, Tecnológico de México. *Autor de correspondencia:

buendia.german@inifap.gob.mx

RESUMEN

La disminución en el uso de productos químicos para el control de malezas, permite que una mayor cantidad de malezas esté disponible, estas malezas pueden ser utilizadas para alimentación de rumiantes, por lo anterior el objetivo fue medir el comportamiento productivo de bovinos Holstein en crecimiento consumiendo 30% de ensilado de arvenses en su dieta, las arvenses fueron cosechadas y picadas a 3 cm de largo para ser ensiladas por 30 días; con el uso de aditivos (urea 1%, melaza 4%), que permitió mejorar el valor nutritivo, se realizó una prueba de comportamiento con 30 bovinos (Holstein) (peso vivo inicial 187 ± 11.29 kg), los becerros fueron desparasitados interna y externamente, se aplicó bacterina y vitamina ADE. Los becerros fueron alimentados *ad libitum* y agua durante 60d, y 15d de adaptación a la dieta que contenían 30% de ensilado de arvenses. El consumo diario de alimento fue medido restando el rechazo de lo ofrecido; los becerros fueron pesados a las 07:00 (cada 14 días) y la conversión alimenticia fue calculada con las dos variables previas. El diseño fue completamente al azar con quince repeticiones y la comparación de medidas por Turkey ($\alpha=0.05$). Los resultados muestran que los bovinos consumiendo 30% ensilado de arvenses tienen una mayor ganancia de peso y menor consumo de alimento ($P>0.05$) con respecto a los becerros que consumían la dieta testigo. En conclusión, el ensilado de arvenses puede ser utilizado el 30% de la dieta total para alimentación de becerros en crecimiento.

Palabras clave: *Ensilado de arvenses, bovinos, crecimiento.*

EFECTO DEL SILICIO SOBRE EL TRANSPORTE DE K^+ EN RAÍCES DE CEBADA BAJO ESTRÉS SALINO

Luis Enrique Flores-Pantoja^{1,2*}, Cesar Leobardo Aguirre-Mancilla³, Juan Gabriel Ramírez Pimientel³, Ahuitzolt de Jesús Joaquín Ramos³, Isaac Zepeda-Jazo²

¹Estudiante de posgrado, Tecnológico Nacional de México-Roque; ²Investigador, Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo; ³Investigador, Tecnológico Nacional de México-

Roque. *Autor de correspondencia: leflores@ucemich.edu.mx

RESUMEN

La pérdida de potasio (K^+) inducida por NaCl es un evento común en las raíces de las plantas. Se ha reportado que el silicio (Si) mejora la absorción de K^+ en condiciones salinas, sin embargo, este mecanismo no ha sido bien comprendido. En este trabajo, empleando la técnica MIFE (Microelectrode Ion Flux Estimation) se midieron los flujos netos de K^+ inducidos por NaCl y Si (Na_2SiO_3) en plántulas de cebada. Se germinaron semillas de cebada (*Hordeum vulgare* var. Esperanza) a 25 °C en hidroponía (0.5 mM KCl y 0.1 mM $CaCl_2$, pH 5.7); plántulas de tres días se montaron e inmovilizaron las raíces en una cámara y aclimataron en solución fresca por 60 min, bajo el microscopio invertido se ubicaron microelectrodos ion selectivos a 50 μm de la zona madura de la raíz, se registraron los flujos de K^+ durante los primeros 5 min, se aplicaron los tratamientos y el registro continuó hasta los 25 min. Los resultados en plántulas testigo corroboran la pérdida de K^+ inducida por NaCl (100 mM), mientras que el Si (1 mM) indujo la entrada de K^+ . Las plántulas germinadas con 2 mM Si mostraron una pérdida de K^+ inducida por NaCl similar al testigo. Estos resultados sugieren que el Si modula el transporte de K^+ en cebada, sin embargo, se requieren evaluar otras fuentes de Si y otras concentraciones para comprender su papel en condiciones salinas.

Palabras clave: Transporte de K^+ , salinidad, silicio y cebada.

EFECTO DEL SILICIO SOBRE LA GERMINACIÓN DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) EN CONDICIONES SALINAS

César Castañeda-Huitron¹, Isaac Zepeda-Jazo², Luis Enrique Flores-Pantoja^{2,3*}

¹Estudiante de Licenciatura, Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo; ²

Profesor-Investigador, Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo; ³

Estudiante de posgrado, Tecnológico Nacional de México-Roque. *Autor de correspondencia:

leflores@ucemich.edu.mx

RESUMEN

Se ha reportado que el silicio (Si) mejora la germinación de las plantas en condiciones salinas, sin embargo, se requieren más investigaciones sobre las dosis idóneas para su uso en la agricultura. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de Na_2SiO_3 en la germinación de cebada (*Hordeum vulgare* var. Esperanza) en condiciones salinas. Para esto, se germinaron 10 semillas en hidroponía (0.5 mM KCl y 0.1 mM CaCl_2 , pH 5.7), los tratamientos fueron 0, 0.5, 1 y 2 mM de Si con y sin NaCl (100 mM), se evaluó porcentaje de germinación (PG), longitud radicular (LR), longitud plúmula (LP) e índice de vigor de planta (SVI). Los resultados obtenidos muestran que los tratamientos con 1 y 2 mM de Si presentaron una menor PG en condiciones salinas y no salinas, sin embargo, 0.5, 1 y 2 mM de Si aumentaron ligeramente el PG en condiciones salinas. La LR aumento con 0.5 y 2 mM de Si en ambas condiciones. La LP incremento con 1 y 2 mM de Si sin NaCl y con 0.5 y 2 mM de Si con NaCl. En el caso de SVI el mejor resultado fue con 0.5 mM tanto en condiciones salinas como no salinas. Estos resultados sugieren que el Si pudiera tener un efecto benéfico sobre la germinación de cebada, aunque es necesario evaluar con otras fuentes de silicio.

Palabras clave: Germinación, salinidad, silicio y cebada.

EFFECTOS DEL VIUSID AGRO EN LA RESPUESTA MORFOLÓGICA Y PRODUCTIVA DE LA LECHUGA

Kolima Peña Calzada^{1*}; Damaris T. Castillo Jimenes¹; María S. Acosta Navarrete²; Alexander Calero Hurtado¹; Manuel Rodríguez González¹; Nerelis Cabrera Julién¹

¹Investigador, Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez, Cuba; ²Investigadora Tecnológico Nacional de México-Roque. *Autor de correspondencia: kolimapena@gmail.com

RESUMEN

La producción sostenible de hortalizas es un tema de importancia en los últimos años y la aplicación foliar de aminoácidos puede ser una alternativa para el aumento de los rendimientos. Por lo que el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto del promotor del crecimiento a base de aminoácidos VIUSID agro, en la respuesta morfológica y productiva de la lechuga. Se montó un experimento en un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y tres réplicas: VIUSID agro dosis 1,2 y 1,5 ml L⁻¹ cada 7 días y un control. Las variables evaluadas fueron: longitud de la planta, número de hojas, longitud de la raíz, diámetro del tallo, masa fresca y seca de la planta y sus órganos, contenido de clorofilas, temperatura de las hojas y rendimiento agrícola. En la longitud de la planta la mejor respuesta se alcanzó con la dosis de 1,2 ml L⁻¹. Sin embargo, en el número de hojas ambos tratamientos superaron significativamente al control. Entre tanto, en el contenido de clorofila y la temperatura de las hojas fueron los tratamientos con el producto los de mejor respuesta. El VIUSID agro favoreció la respuesta morfológica y productiva de la lechuga con todas las variantes usadas. El mayor rendimiento teniendo en cuenta la masa fresca de las hojas fue alcanzado con la variante de 1,2 ml L⁻¹ la que se superó al control en 0,89 kg m². El promotor del crecimiento se puede usar en la estrategia de manejo del cultivo de esta hortaliza de hojas.

Palabras clave: Aminoácidos, hortalizas, agricultura urbana, rendimiento, *Lactuca sativa* L.

EFFECTOS DEL VIUSID AGRO® EN EL MANEJO DE *MELOIDOGYNE* SSP EN LA ZANAHORIA

Lourdes Madrigal Carmona^{1*}; Kolima Peña Calzada¹; Jorge Meléndrez Rodríguez¹; Gregory Valdés Paneca¹ Damaris T. Castillo Jimenes¹; María S. Acosta Navarrete²

¹Investigador, Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez, Cuba; ²Investigadora Tecnológico Nacional de México-Roque. *Autor de correspondencia: kolimapena@gmail.com

RESUMEN

El manejo de los nemátodos en la producción de hortalizas en sistemas de cultivos protegidos es de extrema importancia para lograr producciones acordes con la demanda actual de alimentos. La investigación se desarrolló en la UEB de Aseguramiento y Servicios Cultivos Protegidos La Quinta, perteneciente al Ministerio de la Agricultura con una superficie total de 7,8 ha, con el objetivo de determinar el efecto de diferentes dosis *VIUSID agro*® en el manejo de *Meloidogyne* spp. en el cultivo de zanahoria *Daucus carota* L., en sistemas de cultivos protegidos, utilizándose en el estudio la variedad New Kuroda sembrada en la casa N.º 15 de 540 m² de área. Se realizó un diseño de bloques al azar: con cuatro tratamientos (dosis de *VIUSID agro*®: 0,1; 0,2 y 0,3 Lha⁻¹) y un control. Las principales variables evaluadas fueron gradología, índice de infestación, longitud, área superficial, diámetro, peso de la raíz carnosa y rendimiento. Los resultados mostraron que la utilización *VIUSID agro*® con las dosis de 0,2 y 0,3 L ha⁻¹ tuvieron un efecto positivo en el manejo del índice y gradología, así como en indicadores de formación radicular y morfoagronómicos. En general, tuvo un impacto significativo al suprimir el desarrollo del nematodo patógeno y la secuencia de los daños. Los resultados de esta investigación proporcionaron nuevas direcciones ambientalmente seguras para el manejo de los noduladores.

Palabras clave: Bioestimulante, tratamientos, nematodos, *Meloidogyne*, *Daucus carota* L.

EFICIENCIA ANTAGÓNICA *in vitro* DE RHIZOBACTERIAS DE *Parkinsonia aculeata* SOBRE CEPAS DE *Fusarium* sp. AISLADAS DE MAÍCES CRIOLLOS DE CELAYA GUANAJUATO

Ofelda Peñuelas-Rubio¹; Leandris Argente-Martínez¹; Joe Luis Arias Moscoso¹;
Gerardo Valenzuela García¹; Pamela Romo Rodríguez², Daniela Vázquez
Granados³

¹ Tecnológico Nacional de México campus Valle del Yaqui. ² Tecnológico Nacional de México campus Pabellón de Arteaga. ³ Tecnológico Nacional de México campus Roque. *Autor de correspondencia: openuelas.rubio@itvy.edu.mx

RESUMEN

El género *Fusarium* comprende algunos de los hongos fitopatógenos más importantes que afectan al maíz y ocasionan una enfermedad conocida como pudrición de la raíz, tallo y mazorca. En la búsqueda de alternativas agrobiotecnológicas para el control de este hongo, se desarrolló el presente estudio para determinar del efecto antagónico de rhizobacterias nativas de *P. aculeata* mediante bioensayos de antagonismo *in vitro*. Se emplearon 2 cepas de *Fusarium* sp. aisladas de raíces de maíces nativos del Bajío (MC-03 y MC-11), que fueron confrontados con tres rhizobacterias: *Enterobacter cloacae* (BA1), *Priestia megaterium* (BA4 y BA-7B) y *Sinomonas halotolerans* (BA10-B). En el centro de cajas Petri con agar dextrosa de papa se colocó un plug del micelio del hongo (8 mm) y a 2 cm de distancia se colocaron 5 µL de una suspensión bacteriana. Cada confrontación dual (bacteria: hongo) se realizó por triplicado. Las placas se incubaron por cinco días a 25°C y se determinó la inhibición del crecimiento radial de los aislados fúngicos, con la fórmula $G1 = [(R1 - R2) / R1] * 100$ donde R1: crecimiento radial del control (mm); R2: crecimiento radial (mm) del hongo cuando fue confrontado con la bacteria. Se empleó un diseño completamente aleatorizado y los datos se procesaron mediante un ANOVA y una comparación de medias por la prueba DMS ($p > 0.05$). Se encontraron diferencias significativas entre las bacterias evaluadas. El mayor porcentaje de inhibición correspondió al hongo MC11 por efecto de BA1 y BA10-B (58 y 52%, respectivamente). Cuando BA1 y BA7-B fueron confrontadas con MC-03, presentaron un efecto inhibitorio de 43 y 45%. Lo anterior representa un potencial antagonista eficiente relacionado con las características propias de las bacterias, principalmente la producción de enzimas que inhiben el desarrollo fúngico.

Palabras clave: *Zea mays*, palo verde, bacterias antagonistas

EL CARBÓN LIGNITO EN MEZCLAS FÍSICAS DE FERTILIZANTES PARA INCREMENTAR SU EFICIENCIA

Héctor Manuel Castillo-Soto^{1*}; Alberto Sandoval-Rangel²; Adalberto Benavides
Mendoza²; Marcelino Cabrera de la Fuente²; Neymar Camposeco-Montejo³

¹Estudiante de Maestría en Ciencias en Horticultura; ²Profesor Investigador del Departamento de Horticultura; ³Profesor Investigador del Departamento de Fitomejoramiento; Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. *Autor de correspondencia:

castillo36_36@hotmail.com

RESUMEN

La papa *Solanum tuberosum* es un cultivo importante a nivel mundial, ocupando el tercer lugar y quinto a nivel nacional. Actualmente para lograr producciones óptimas, en la región de Coahuila y Nuevo León, el rendimiento llega a alcanzar 50 t/ha., debido a los altos costos de producción es importante buscar alternativas que permitan hacer un uso más eficiente que reduzca los costos de producción. Por lo anterior, se realizó este estudio con el objetivo de evaluar la adición de carbón lignito (CL) a mezclas físicas de fertilizantes utilizadas en el cultivo de papa, como estrategia para incrementar eficiencia de los fertilizantes. Con base en una mezcla física comercial 158-301-250 diseñada en base al requerimientos de la planta, el análisis de suelo y agua del predio, se le agregaron 597 kg/ha de carbón lignito. Se evaluaron 5 dosis; 100, 90, 80, 70, 60 % y se comparó con la mezcla comercial sin carbón. Cada tratamiento se evaluó en 3 repeticiones y cada repetición consto de 4 surcos de 510 m de longitud. Las variables evaluadas fueron crecimiento, productividad y calidad del producto final. Se observó, que la adición de carbón lignito adicionado a las mezclas físicas de fertilizantes mejora su eficiencia, observado en un crecimiento, productividad y calidad, similar aun en los tratamientos donde se redujo la mezcla física hasta un 30%, además de mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo.

Palabras clave: Nutrición, Uso eficiente de fertilizantes, sustentabilidad.

ENZIMAS EXÓGENAS DE *Pleurotus ostreatus* y RIZOBACTERIAS EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE ESPECIES ARBÓREAS

Abraham Salgado-Camarillo¹; José Antonio Arias-Durón¹; María del Carmen Arias-González²; Odilón Gayosso-Barragán³; Griselda Chávez-Aguilar^{3, *}; Deli Nazmín Tirado-González^{2, *}

¹Estudiante, Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes (ITEL)/TecNM; ²Investigador, Departamento de Ingenierías, ITEL/TecNM; ³Investigador, CENID Agricultura Familiar/INIFAP.

*Autor de Correspondencia: chavez.griselda@inifap.gob.mx; deli.tg@llano.tecnm.mx

RESUMEN

El tiempo de germinación y crecimiento en especies arbóreas dificulta la reforestación en el semiárido de México, importante para conservar los suelos y captar el agua. El objetivo fue evaluar la capacidad para acelerar la germinación de semillas escarificadas o sin escarificar de huizache (*Acacia schaffneri*) y mezquite (*Prosopis laevigata*) a través del uso de rizobacterias *Pantoea sp* (CB1), el consorcio de *Stenotrophomona*, *Rhizobium sp.*, *Enterobacter sp.*, y *Serratia liquefaciens* (CB2), el hongo *Pleurotus ostreatus* (PO) o el uso de enzimas fibrolíticas-ligninolíticas (EE) obtenidas de PO. La germinación y tiempo de emergencia fueron analizadas con ANOVA considerando diseños completamente al azar (DCA) y arreglos factoriales (efectos: especie arbórea y tipo de escarificación, tratamiento microbiano o uso de EE) con 10 repeticiones. Las mejores germinaciones en huizache se obtuvieron al escarificar la semilla y tratarla con el CB1 y en semillas de mezquite sin escarificar tratadas con PO+EE ($P<0.004$). El menor número de días a la germinación se observó en semillas de mezquite sin escarificar tratadas con PO y PO+EE (24 y 21 d) y en semillas de huizache escarificadas con CB1 (25 d) ($P<0.009$). Las EE mejoraron la germinación y el tiempo emergencia del huizache y mezquite, pero solo en combinación con PO o CB2 ($P>0.005$). La extracción y uso de EE de PO y el uso de rizobacterias podría incrementar la germinación y acelerar el crecimiento de especies arbóreas nativas.

Palabras clave. Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal, *Pleurotus ostreatus*, enzimas exógenas, reforestación, especies arbóreas nativas.

ESTABLECIMIENTO DE UN MÉTODO PARA LA REPRODUCCIÓN *IN VITRO* DE ESPECIES SILVESTRES LOCALES EN PURUÁNDIRO

Juan Esteban Trinidad Huerta¹; Nancy Nalleli Morales Zavala²

¹ Docente del Tecnológico Nacional de México campus Puruándiro, ² estudiante del Tecnológico Nacional de México campus Puruándiro. *Autor de correspondencia:

juan.trinidad@puruandiro.tecnm.mx

RESUMEN

La presente investigación se desarrolla como parte de un proyecto institucional que busca determinar el potencial de reproducción sexual de 5 especies identificadas en la región de Puruándiro, en el estado de Michoacán. A través de la cual se intenta incrementar los ejemplares de dichas especies, con la finalidad de reestablecer poblaciones dañadas por las acciones humanas dentro de la región, principalmente la ampliación de la frontera agrícola y el cambio de uso de suelos para actividades relacionadas con la ganadería. Para lo cual, se está trabajando con material vegetal colectado en las inmediaciones del Tecnológico Nacional de México campus Puruándiro (ITESP) estableciendo un experimento en los laboratorios de la institución y bajo métodos de reproducción sexual en medios de cultivo Murashigue & Skoog. Bajo estas condiciones se estableció una muestra de 100 semillas de las 5 especies identificadas, a las cuales se les realizó un ensayo de viabilidad de acuerdo con las características morfológicas para cada una de ellas, llevándose a cabo también la formulación y preparación del medio seleccionado y de acuerdo a la metodología establecida. Así se procedió a realizar la siembra de las semillas seleccionadas, una vez que se realizaron los procedimientos de pretratamiento y en algunos casos, escarificación de las semillas, seguido de esto se procedió a monitorear el crecimiento en los medios de cultivo. Con los avances realizados en este experimento, se pone de manifiesto un primer acercamiento para la conservación, reproducción y manejo de las especies locales seleccionadas para la integración dentro del ecosistema circundante.

Palabras clave: *Conservación, in vitro, reproducción, especies locales.*

ESTABLECIMIENTO *IN VITRO* DE *Vaccinium* spp. (BILOXI): DOS PROTOCOLOS DE DESINFECCIÓN Y EVALUACIÓN DE AUXINAS

María D. Hernandez Ibarra¹; María I. Laguna Estrada^{2*}; Ana E. Rangel Castillo²;
Jorge E. Ruiz Nieto²; Yesica Rendón Aquino³

¹Estudiante de posgrado, Universidad de Guanajuato; ²Investigador, Universidad de Guanajuato;

³Productora, Berrie Gene Innovation. *Autor de correspondencia: mi.laguna@ugto.mx

RESUMEN

Investigaciones indican que cultivares de *Vaccinium* spp. presentan respuestas diversas a mismas condiciones del cultivo de tejidos, donde el establecimiento resulta crítico puesto que ocurre la mayor tasa de pérdidas. El objetivo fue evaluar el establecimiento *in vitro* de Biloxi. Para ello se implementaron dos protocolos de desinfección (1 y 2), se evaluó el efecto del nitrato de plata (AgNO_3 , 1 mgL^{-1}) y el captán (1 mgL^{-1}) en medio WPM; posteriormente, se determinó el efecto de las auxinas Ácido Indol Butírico (AIB, 1 mgL^{-1}), Ácido Naftalenacético (ANA, 1 mgL^{-1}) y su combinación (A, 0.5 mgL^{-1} + A, 0.5 mgL^{-1}) en medio WPM adicionado con AgNO_3 (1 mgL^{-1}) y 6-Bencilaminopurina (BAP, 1 mgL^{-1}). Se estableció un diseño completamente aleatorizado con el estadístico de Kruskal- Wallis. Las distribuciones no mostraron significancia ($P \leq 0.05$) entre los protocolos, por lo cual se eligió el protocolo más sencillo (2). Por otro lado, se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre el captán y el AgNO_3 sobre el efecto de necrosis de los tejidos. Así mismo, no hubo diferencias ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos con auxinas. El AgNO_3 generó un 21% de oxidación de tejidos, mientras que, con el captán se obtuvo un 75%. El mayor porcentaje de generación de callos fue del 42% en el tratamiento de A+A, además, se logró un desarrollo de brotes del 25% con los tratamientos de AIB y A+A.

Palabras clave: Biloxi, auxinas, cultivo de tejidos, establecimiento.

ESTIMACIÓN DE BIOMASA AÉREA DE UNA PLANTACIÓN DE ÁRBOLES DE HULE, MEDIANTE IMÁGENES DE DRON

José Antonio Hernández-Moreno^{1*}

¹Investigador INIFAP, Campo Experimental El Palmar. *Autor de correspondencia:

hernandez.jose@inifap.gob.mx

RESUMEN

Las plantaciones de hule, representan una fuente de látex natural para una gran variedad de industrias, pero también por sus servicios ecosistémicos asociados (p. e. captura de carbono). Estas funciones hacen que las plantaciones sean una estrategia importante ante el cambio climático. En inventarios de carbono, la altura del dosel (CH) y la biomasa sobre el suelo (AGB) son parámetros necesarios, sin embargo, los métodos de inventario tradicionales requieren mucho tiempo y mano de obra. En este estudio, se presenta un método para estimar CH y AGB de plantaciones de *Hevea brasiliensis* Mull. Arg., basado en imágenes de vehículos aéreos no tripulados (UAV), con resolución espacial muy alta (~2 cm). Para estimar AGB, a partir de fotogrametría de precisión, se combinaron imágenes aéreas y a baja altura (bajo el dosel), con datos de posicionamiento RTK (Cinemático en Tiempo Real) para obtener modelos 3D de alta precisión (>2 cm). Se generaron los modelos digitales de superficie (DSM) y de terreno (DTM), a partir de fotogrametría. La CH se calculó con la diferencia de DSM y DTM. A continuación, se utilizaron ecuaciones alométricas de estudios previos, para la estimación de biomasa. Después, se calculó el AGB individual basado en UAV, en función de la relación entre la altura (H) y el diámetro a la altura del pecho (DBH) de cada árbol. La correlación entre la biomasa estimada mediante UAV, y con ecuaciones, fue relativamente alta ($R^2 = 0.977$). Este estudio ofrece un método innovador y eficiente para estimar la biomasa sobre el suelo en plantaciones de hule, utilizando tecnología de vehículos aéreos no tripulados.

Palabras clave: Fotogrametría, Structure from Motion, modelo 3D, ortomosaico.

ESTUDIO DE LA FENOLOGÍA DE LIMÓN PERSA (*CITRUS LATIFOLIA*) EN VALLE DE SANTIAGO, GUANAJUATO, MÉXICO

Juan J. Rivera-Deciga*; Luis E. Cossio-Vargas; Josué Alegría-Lesso; Olimpia L. Rivas-García

*Autor de correspondencia: juanjesusriveradecigaa@gmail.com.mx

RESUMEN

Esta investigación fue desarrollada durante el año 2024, en una huerta de Limón 'Persa', con árboles de 8 años de edad, con riego. Ubicada en Valle de Santiago, Guanajuato. La identificación de los aspectos fenológicos de Limón 'Persa' (*Citrus latifolia*) en Valle de Santiago es de gran importancia para mejorar las prácticas de manejo del huerto. Las características de clima particulares de la zona pudieran influir en el comportamiento fenológico de los árboles de Limón 'Persa'. Por lo anterior, en este trabajo el objetivo fue estudiar la fenología (presencia de flujos vegetativos, reproductivos y de raíces) de árboles de Limón 'Persa'. Se observaron cuatro flujos de crecimiento vegetativo, dos en primavera y dos en verano. Los crecimientos vegetativos que se obtuvieron durante verano fueron de mayor intensidad comparado con los de primavera. Predomino la presencia de yemas floral del tipo A1 que corresponde a un estado de Inducción a la floración de acuerdo a la escala visual floral desarrollada para Limón 'Persa' por Cossio-Vargas et al. 2024. El mayor crecimiento de raíces se presentó en el mes de julio (durante el tiempo de lluvias). De Junio a Septiembre (inducción floral a antesis), las temperaturas máximas variaron de 21.8 °C a 35.6 °C y las mínimas de 14 °C a 19 °C. Los niveles de humedad del suelo fueron $\geq 88\%$ desde la estación lluviosa (julio a septiembre).

Palabras clave: Limón, fenología, crecimiento vegetativo, yemas florales y raíces.

ESTUDIO DE LA FENOLOGÍA DE LOS ÁRBOLES DE AGUACATE 'HASS' EN VALLE DE SANTIAGO, GUANAJUATO, MÉXICO

Juan J. Rivera-Deciga*; Luis E. Cossio-Vargas; Ma E. López- Ramírez; Josué
Alegría-Lesso

*Autor de correspondencia: juanjesusriveradecigaa@gmail.com.mx

RESUMEN

Esta investigación se desarrolló durante el 2024, en una huerta de aguacate 'Hass' de 8 años de edad, en el Mpio, de Valle de Santiago, Guanajuato. La identificación de los aspectos fenológicos de Aguacate 'Hass' (*Persea americana*) en Valle de Santiago resulta crucial para optimizar el manejo del cultivo; En esta región con características climáticas particulares. Por lo anterior en este estudio el objetivo fue determinar los ciclos de crecimiento de árboles de aguacate 'Hass' cultivados con riego. Se observaron dos flujos de crecimiento vegetativo, uno en primavera y otro en verano. El tiempo necesario, desde el término de la elongación del brote vegetativo hasta que las yemas alcanzaran un estado de desarrollo S-5= yema hinchada con meristemo reproductivo (El desarrollo de las yemas colectadas se determinó con la escala visual de Salazar-García et al. 1998), fue de 5 meses para los brotes de los flujos vegetativos de primavera. La producción de raíces fue regular durante la mayor parte del estudio; sin embargo, los mayores valores ocurrieron al inicio del periodo de lluvias (julio). Los niveles de humedad del suelo fueron $\geq 85\%$ desde la estación lluviosa (julio a septiembre).

Palabras clave: Aguacate, fenología, crecimiento vegetativo, yemas florales y raíces.

EVALUACIÓN DE CHILE CHILTEPÍN SILVESTRE (*Capsicum annum L. var. glabriusculum*) BAJO NUTRICIÓN ORGÁNICA

José de Jesús García-Torres¹, J. Guadalupe García-Rodríguez²

Estudiante de agronomía, Tecnológico nacional de México- Roque¹, Docente del Tecnológico nacional de México- Roque². Autor de correspondencia: jg3724397@gmail.com

Resumen

El chiltepín (*Capsicum annum L. var. glabriusculum*) es un chile silvestre que destaca en la gastronomía y cultura de México y Centroamérica. Este chile pequeño es conocido por su sabor intenso y picor. A lo largo de la historia, ha sido utilizado tanto en la cocina como en la medicina tradicional por las comunidades indígenas. Su resistencia y adaptabilidad lo hacen un cultivo valioso, especialmente en regiones de México con condiciones climáticas y de suelo favorables. La nutrición orgánica, que utiliza insumos naturales como humus y lombri composta, es una técnica prometedora para su cultivo, ya que mejora la salud del suelo y promueve la biodiversidad. Para el estudio, se utilizaron plántulas de chiltepín de 40 días de edad, las cuales fueron trasplantadas en macetas con sustrato de composta. Se aplicó lixiviado de lombri composta cada tercer día como fertilizante. Las plantas fueron colocadas en un espacio abierto, donde estuvieron expuestas a cambios climáticos. El crecimiento se midió semanalmente durante un mes, observando la altura de las plantas. Se registró la presencia de plagas, como la mosca blanca, pulgón verde, araña roja y paratíoxa, y se usaron repelentes orgánicos a base de ajo, chile y canela para controlarlas. Las plantas mostraron un desarrollo favorable bajo las condiciones del experimento. A pesar de la presencia de plagas, el uso de repelentes orgánicos permitió un buen control y el crecimiento continuó sin mayores afectaciones. Las plantas estuvieron expuestas a condiciones climáticas variables, pero esto no afectó negativamente su desarrollo. El manejo de chiltepín bajo nutrición orgánica resulta ser una alternativa viable y sostenible, tanto ambiental como económicamente. La aplicación de insumos orgánicos como el lixiviado de lombri composta, junto con el control natural de plagas, favorece el crecimiento de las plantas, demostrando la efectividad de estas prácticas en la producción de chiltepín de calidad.

Palabras clave: Nutrición orgánica, humus, lombri composta, repelentes orgánicos.

EVALUACIÓN DE TRES GENOTIPOS DE MAIZ BAJO CONDICIONES ADVERSAS EN EL NORTE DE TAMAULIPAS

Manuel Alvarado Carrillo¹; Ulises Aranda Lara^{1*}; Rosendo Hernández Martínez¹

¹Campo Experimental Río Bravo, INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61. Río Bravo, Tamaulipas. *Autor de correspondencia: aranda.ulises@inifap.gob.mx

RESUMEN

En el norte de Tamaulipas las condiciones de clima cambiantes, y la escasez de agua de calidad han llevado a los agricultores a adaptar sus métodos de producción. El objetivo fue evaluar tres híbridos de maíz en condiciones adversas de clima, baja calidad del agua de riego, sembrados después de la fecha recomendada. El ensayo se estableció en el Campo Experimental Río Bravo (CERIB), en el ciclo agrícola P-V 2021 en riego por goteo. Los riegos fueron con agua extraída del subsuelo de pozo localizado en el CERIB con salinidad de 3.5 dS/m y pH de 6.8. La siembra se realizó el 3 de mayo del 2021 con los híbridos de maíz: Ag-6622Y, Ag-0717Y y H-443A (testigo). El diseño experimental fue de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, con tres repeticiones; la parcela grande híbridos y la parcela chica los niveles de (fertilizantes foliares); 1) Testigo (sin aplicar), 2) Alga Vit+ Aitia, 3) Invassore, 4) Invassore + Alga Vit + Aitia, se realizaron aplicaciones al inicio del jiloteo y la segunda en la formación del grano. Los riegos fueron 8, durante el experimento se presentaron precipitaciones considerables para el desarrollo del cultivo. El rendimiento se estimó al 14 % de humedad. El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($P \leq 0.01$), en el factor A (híbridos), así mismo el factor A x B. El mayor rendimiento lo obtuvo el H-443A con 4.0 t ha⁻¹, Ag 0717Y con 2.8 t ha⁻¹ y Ag 6624X con 2.2 t ha⁻¹, esto se atribuyen a siembra en fuera de fecha (15 de enero al 15 de febrero), la alta salinidad del agua de riego, temperaturas altas, mayor incidencia de plagas y enfermedades, lo que favoreció la presencia del hongo *puccinia spp* solo en los híbridos Ag.

Palabras clave: Rendimiento, fertilizantes foliares, genotipos.

EVALUACION DE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLA DE JICAMA (*Pachyrhizus erosus* L.)

Leticia Rodríguez Zárate^{1*}; Francisco Cervantes Ortiz²; Gilberto Rodríguez Pérez³; Enrique Andrio Enríquez²; Alfredo J. Gámez Vázquez⁵; J. Guadalupe García Rodríguez²

¹Estudiante, Tecnológico Nacional de México-Roque; ²Investigador, Tecnológico Nacional de México-Roque; ³Investigador, Tecnológico Nacional de México-Valle del Yaqui; ⁴Investigador, Tecnológico Nacional de México-Cd. Victoria; ⁵Investigador, INIFAP Campo Experimental Bajío.

*Autor de correspondencia: zarateitr93@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo consistió en estandarizar las pruebas de calidad fisiológica de semilla de jícama evaluando diferentes tiempos y temperaturas. El genotipo utilizado fue semilla de jícama Vega San Juan, se realizaron 3 pruebas fisiológicas; Germinación (GE), vigor a través de la prueba de Envejecimiento Acelerado (EA) y Conductividad Eléctrica (CE). Las pruebas se establecieron en un diseño completamente al azar con 4 repeticiones de 50 semillas. Para GE se evaluaron 3 temperaturas de germinación: 20, 25 y 30 °C. Para EA se estableció un arreglo factorial (3 x 2); los Factores fueron; periodo de envejecimiento (A): 24, 48 y 72 horas y temperatura de germinación (B): 25 y 30 °C. Para CE el arreglo factorial fue 2 x 4; donde los factores fueron; temperatura (A): 25 y 30 °C y tiempo de imbibición (B): 24, 48, 72 y 96 horas. Los resultados mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en todos los tratamientos y factores de estudio para todas las pruebas realizadas. La prueba de medias de acuerdo con Tukey ($p \leq 0.05$) mostró que para GE las mejores temperaturas fueron 25 y 30 °C con valores de 84.50 y 89.70 %, respectivamente. El vigor más alto (EA) se obtuvo al combinar; A: 24 h y B: 25 °C con 88.1 %. Para CE la combinación de A: 24 horas y B: 25 °C mostró el valor más bajo ($4.95 \mu\text{S g}^{-1}$).

Palabras clave: *Pachyrhizus erosus*, vigor, semilla, germinación estándar.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLA EN LÍNEAS ENDOGÁMICAS DE MAÍZ PROVENIENTES DE TRES AMBIENTES DE PRODUCCION

Rosalva López-Valenzuela^{1,2}; Francisco Cervantes-Ortiz²; Leandris Argente-
Martínez³; J. Guadalupe García-Rodríguez²; Mariano Mendoza-Elos²

¹Estudiante de posgrado, Tecnológico Nacional de México-Roque; ²Investigador, Tecnológico Nacional de México-Roque. Departamento de Ciencias Agropecuarias. Carretera Celaya-Juventino Rosas Km 8, C.P. 38110. Celaya, Gto. *Autor de correspondencia: francisco.co@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad fisiológica de semilla en líneas endogámicas de maíz. Se utilizaron 10 genotipos; TNM-1, CML-550, CML-549, CML-551, CML-549, TNM- 2, CML-264, CML-311, CML-15 y TNM-107 bajo un diseño experimental Completamente Aleatorizado con cuatro repeticiones. El tamaño de muestra fue de 50 semillas por repetición. Se registro el vigor de la semilla a través de la prueba de velocidad de germinación al primer recuento (4 días) y el porcentaje de germinación final al día 7; donde se consideró plántulas normales, anormales y semillas muertas. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza (SAS ver. 9.4) y una prueba de medias de acuerdo con Tukey al 0.05 de probabilidad. El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los genotipos, las fechas de siembra y la interacción de estos factores para todas las variables evaluadas. La prueba de medias mostró que TNM-1, CML-550 y CML-15 presentaron la mejor respuesta en la calidad fisiológica de la semilla, al alcanzar 90% de plántulas normales al primer conteo (4 días). Además, los mismos genotipos fueron consistentes con el menor porcentaje de plántulas anormales y semillas muertas.

Palabras clave: *Zea mays*, calidad fisiológica, germinación y vigor.

EVALUACIÓN DE LA FECHA DE SIEMBRA EN LA CALIDAD DE SEMILLA EN GENOTIPOS DE MAÍZ

Zavala Delgado Alicia Elena.¹; Cervantes Ortiz Francisco¹; Gámez Vázquez Alfredo Josué ²; García Rodríguez J. Guadalupe ¹; Ávila Perches Miguel Ángel.²

¹Instituto Tecnológico de Roque; ²INIFAP-CEBAJ. *Autor de correspondencia:

francisco.co@roque.tecnm.mx

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de tres fechas de siembra en dos ambientes de El Bajío Mexicano, se evaluó el vigor a través del porcentaje de emergencia y peso hectolítrico de la semilla, como parámetros de calidad física y fisiológica, respectivamente, de semilla de maíz además de altura de planta y mazorca en tres fechas de siembra (FS), bajo condiciones de temporal, nueve genotipos experimentales de maíz y un testigo (Criollo Celaya), en tres fechas de siembra (01 de abril, 13 de mayo y 8 de julio) en Celaya, Guanajuato, bajo un diseño de bloques completos al azar por fecha, con 90,000 plantas ha⁻¹. La fertilización fue con la fórmula 80-40-00, el control de maleza con 2,4-D amina en una dosis de 150 mL en 20 L de agua y de trips con 200 mL en 20 L de agua con extractos naturales. Las variables evaluadas fueron: emergencia (E, %), peso hectolítrico (PH, kg hL⁻¹), altura de mazorca (AM, m), Altura de planta (AP, m), días a floración masculina (FM) y femenina (FF). Se hicieron análisis de varianza combinado, prueba de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) y análisis de interacción genotipo x ambiente (SREG). Las fechas de siembra fueron las de mayor importancia ya que aportaron la mayor variabilidad en la expresión de emergencia, peso hectolítrico, altura de planta, altura de mazorca, floración masculina y femenina con diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.01$). Entre los genotipos evaluados la cruz simple Qro x 106 Caimán sobresalió en las fechas de siembra del 01 de abril y 13 de mayo, donde expresó el mayor vigor (78 % de plantas emergidas). En la fecha del 08 de julio sobresalió en vigor la variedad Nuevo Milenio con 67 % de emergencia. Las tres FS fueron en condiciones de temporal estricto que sometió a estrés a todos los genotipos.

Palabras clave: Fecha de siembra (FS), calidad, interacción genotipo x ambiente.

EVALUACIÓN DE LOS MECANISMOS TEMPRANOS DE DEFENSA INDUCIDOS POR LOS FILTRADOS DE *Trichoderma virens* Y *Trichoderma atroviride* CONTRA *Alternaria solani* EN *Solanum lycopersicum*

María F. Arriaga-Montero^{1*}; Cesar L. Aguirre-Mancilla¹; Juan G. Ramírez-Pimentel¹; María K.V Cabrera-Becerra¹

¹Tecnológico Nacional de México/IT de Roque, km.8 Carretera Celaya-J.Rosas, Celaya, Guanajuato. *Autor de correspondencia: fernandaarriaga46@gmail.com

RESUMEN

Las plantas son organismos que se han adaptado para sobrevivir en el entorno en el que se desarrollan, durante su proceso evolutivo ha estado expuesto a factores que limitan su desarrollo normal y para controlarlo, han desarrollado una serie de adaptaciones en sus mecanismos de defensa. Al pasar de los años se han ido buscando y adquiriendo alternativas para el manejo integrado de cultivos permitiendo minimizar lo más posible el daño que puedan causarles. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la inducción de mecanismos tempranos de defensa de dos filtrados obtenidos de *Trichoderma virens* y *Trichoderma atroviride* y la mezcla de ellos contra *Alternaria solani* en raíces de *Solanum lycopersicum*. Se aplicaron ambos filtrados y la mezcla por aspersión en cámaras húmedas a plántulas de 40 días de crecimiento con una aplicación a los 7 días, dos aplicaciones a los 7 y 14 días y tres aplicaciones a los 7, 14 y 21 días del trasplante, se evaluaron las raíces a las 24 y 48 horas después de la inoculación con el patógeno *Alternaria solani*. Se observaron resultados de inducción de lignina, especies reactivas a oxígeno (ROS) y muerte celular programada (HR) correspondientes a las respuestas tempranas de inducción de defensa en plantas de cada filtrado y se observó sinergia en la mezcla de ambos. En conclusión, los metabolitos producidos durante el crecimiento del hongo con una a tres aplicaciones desencadenan respuestas de defensa tempranas en plantas de *Solanum lycopersicum* en presencia del patógeno por lo que ambos filtrados son identificados como inductores de defensa en plantas.

Palabras clave: *Alternaria solani*, mecanismos de defensa, filtrados, inducción.

EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO DE LA VARIEDAD DE CILANTRO INI-17

Juan Manuel Prieto Montes¹; Enrique González Pérez²; Salvador Villalobos Reyes².

¹Estudiante de licenciatura, Tecnológico Nacional de México-Roque; ²Investigador, Campo Experimental Bajío, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). *Autor de correspondencia: gonzalez.enrique@inifap.gob.mx

RESUMEN

El cilantro en México es consumido en fresco en platillos gastronómicos y las variedades cultivadas son de procedencia extranjera, por lo que, los productores de cilantro invierten en la compra de variedades desconocidas arriesgando se producción. Por ello, nuestro objetivo fue evaluar el rendimiento de la variedad INI-17 bajo las condiciones agroclimáticas de Guanajuato. Para lo cual, en una parcela comercial ubicada en la comunidad de Juventino Rosas, Gto., se sembró la variedad INI-17 y Long Standing como testigo. Lo que generó dos tratamientos que fueron establecidos en un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela útil fue de un 4 m². Las variables porcentaje de germinación y rendimiento en planta fresca, que fueron sometidas a un análisis de varianza y comparación de medias por Tukey ($P < 0.05$) con el paquete estadístico SAS. En germinación, no hubo diferencias estadísticamente significativas, ambas variedades registraron 92% de germinación. La mejor variedad para la producción en fresco fue INIFAP-17 por su mayor número de hojas basales (31), biomasa fresca (221 g) y largo periodo vegetativo; mientras que, la variedad california alcanzo los 208 g de biomasa fresca. Por su rendimiento y adaptación INI-17 representa una opción viable para los productores de cilantro de Guanajuato.

Palabras clave: Rendimiento, biomasa fresca, rasgo biológico.

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN GENOTIPOS DE MAÍZ

Zavala Delgado Alicia Elena¹; Cervantes Ortiz Francisco¹; Gámez Vázquez Alfredo Josué²; García Rodríguez J. Guadalupe¹; Ávila Perches Miguel Ángel²

¹Instituto Tecnológico de Roque; ²INIFAP-CEBAJ. *Autor de correspondencia:

francisco.co@roque.tecnm.mx

RESUMEN

Con el objetivo de identificar el rendimiento y sus componentes de nueve genotipos de maíz y un testigo (Celaya criollo), en tres fechas de siembra (FS) (01 de abril, 13 de mayo y 8 de julio) bajo condiciones de temporal en El Bajío Mexicano. Bajo un diseño de bloques completos al azar por fecha, con 90,000 plantas ha⁻¹. La fertilización fue con la fórmula 80-40-00, el control de maleza con 2,4-D amina en una dosis de 150 mL en 20 L de agua y de trips con 200 mL en 20 L de agua con extractos naturales. Una vez cosechado se evaluaron en laboratorio para fijar los efectos de FS y de los genotipos. De las mazorcas cosechadas de las diferentes FS se tomó el rendimiento, peso de grano (PG), hileras por mazorca (HM), número de granos por hilera (GH) y el diámetro de mazorca (DM). Las variables fueron tomadas de 10 mazorcas de cada uno de los genotipos. Se hicieron análisis de varianza combinado, prueba de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) y análisis de interacción genotipo x ambiente (SREG). Las fechas de siembra fueron las de mayor importancia aportaron mayor variabilidad en cada una de las variables evaluadas. En las (01 de abril y 8 de julio) el genotipo Nuevo milenio y Qro x 106 caimán fueron los que presentaron mayor rendimiento con 1.6 t ha⁻¹ y 1.2 t ha⁻¹ respectivamente. Esos genotipos fueron los que presentaron una buena respuesta en ambientes desfavorables. La FS (13 de mayo) el Criollo Celaya tuvo un rendimiento de 1.6 t ha⁻¹. Siendo la fecha que presentó el ambiente más favorable y la FS1 la que presento el mayor estrés hídrico.

Palabras clave: Fecha de siembra (FS), genotipos, interacción genotipo x ambiente, rendimiento.

EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE LÍNEAS MUTANTES DE CEBADA DE TERCERA GENERACIÓN

Arellano Cruz Rey Jesus¹; Laguna Estrada María Isabel¹; Rangel Castillo Ana Eugenia¹; Sanzón Gómez Diana¹; Jessica Rendon²; Ruiz Nieto Jorge Eric^{1*}

¹Departamento de Agronomía de la Universidad de Guanajuato, Irapuato, Gto. ²Berrie Gene Innovation, Uruapan, Mich. *Autor de correspondencia: jorge.ruiz@ugto.mx

RESUMEN

La cebada de invierno es un cultivo esencial para la agroindustria de México, particularmente en la región del Bajío a pesar de no contar con germoplasma nativo. Las predicciones regionales de cambio climático indican un aumento de las temperaturas y la región cultiva principalmente cebada de invierno, por lo que la producción se verá afectada negativamente. Por lo cual es necesario seguir generando diversidad genética y seleccionar genotipos con base en su rendimiento productivo. El objetivo del estudio fue evaluar productivamente líneas mutantes de cebada de tercera generación. Como material vegetal se utilizó la variedad Alina debido a su importancia económica regional. Se determinó una Dosis Letal 50 para el mutágeno metanosulfonato de etilo (EMS). Se generó una población de semillas mutantes a partir de 1,000 semillas y las plantas supervivientes se cultivaron individualmente durante tres generaciones en condiciones controladas. 25 mutantes se evaluaron productivamente durante el invierno del 2022 con fecha de siembra el 21 de noviembre. Como resultados, se determinó una DL50 para EMS de 0.66 % ($p \leq 0.01$). Las mutantes M410 y M696 produjeron 5.8 % más semillas por espiga que las plantas no mutadas. La mutante 516 presentó 4.8 % más rendimiento que las plantas no mutadas, expresado como peso de semillas por planta (mg planta^{-1}). Es posible generar nuevas líneas con mejoras en su productividad, pero el mejoramiento debe de realizarse de manera constante y continua.

Palabras clave: *Hordeum vulgare*, semillas, mutagénesis, selección.

EVALUACIÓN TEMPRANA DE BROTES DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum* J. Presl) DE UNA PLANTACIÓN COMERCIAL

¹Olga Santiago Trinidad

¹Instituto nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C. E. El Palmar

*Autor de correspondencia: santiago.olga@inifap.gob.mx

RESUMEN

Por su sabor y aroma la canela es una de las especias con mayor consumo en México. De acuerdo con el sistema de información arancelaria en 2020 se importaron más de 900 ton equivalentes a 5 millones de dólares (SIAV 2020). Con base en los requerimientos ecológicos de la especie, en el trópico mexicano se tienen las condiciones óptimas para establecer el cultivo, y ante la demanda de la especia, se vislumbra como una opción para coadyuvar a mejorar la economía de las familias de las comunidades de las zonas tropicales. El objetivo de este trabajo es evaluar el crecimiento de brotes de canela para determinar la etapa precisa del corte en función de la calidad del producto. El experimento se estableció en una plantación con fines comerciales ubicada dentro del Campo Experimental El Palmar-INIFAP. Se establecieron 4 tratamientos en bloques completos al azar con, 4 repeticiones y 6 plantas cada una con 5 brotes seleccionados, los tratamientos evaluados son: T1 con poda, T2 poda y fertilización, T3 fertilización y T4 sin tratamiento. Las variables de respuesta son diámetro en la base del tallo y altura. A los 12 meses de establecido el experimento, los resultados preliminares indican que el T1 donde solo se quitaron los rebrotes, presento alturas de hasta 2.72 m y diámetros de 2.75 cm en promedio, por otro lado, el tratamiento T4 sin tratamiento obtuvo los valores más bajos con 1.06 m de altura y 0.96 cm de diámetro. Estos datos muestran que el cultivo de la canela requiere de mantenimiento, más que el efecto de la fertilización, la eliminación de competencia de los brotes ha resultado tener más influencia en el crecimiento del cultivo.

Palabras clave: Canela, fertilización, poda y brotes

EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE ROMERO (*Salvia Rosmarinus*) Y VAPORUB (*Plectranthus Coleoides* c.v. *Mintleaf*)

María del Rosario Mejía Cuero¹; Diana L. Sobera Contreras¹; Guillermo J. Cruz Cruz¹; María Guadalupe Olayo González²; Yesenia Pérez Jiménez¹; Anahi Tochiuitl Mariñón¹

¹Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso, Departamento de Ingeniería Química, Av. Tecnológico s/n, Ejido de San Felipe del Progreso, Estado de México, CP 50640, México; ²Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Departamento de Física, Carr. México-Toluca, km 36.5, Ocoyoacac, Estado de México, CP 52750, México. *Autor de correspondencia:

mariadelrosario.mc@s Felipeprogreso.tecnm.mx

RESUMEN

Los aceites esenciales son productos naturales compuestos por una mezcla de compuestos volátiles y aromáticos extraídos de diferentes partes de plantas que poseen propiedades antioxidantes, antibacterianas, antisépticas, antiinflamatorias, astringentes, desinfectantes, cicatrizantes y digestivas. Por ello el objetivo de este estudio es obtener los aceites esenciales mediante el método soxhlet de los polvos obtenidos de las hojas de romero (*Salvia Rosmarinus*) y vaporub (*Plectranthus Coleoides* c.v. *Mintleaf*). La morfología de ambas biomásas se analizó a través de MEB se encontraron superficies porosas. El análisis EDS de *Salvia Rosmarinus* revela que los elementos principales son C y O con porcentajes en masa de 59.3% y 36.9% respectivamente y en menor porcentaje K con 3.6%, para *Plectranthus Coleoides* se tiene que el 41.95% en masa es de C, el 48.36% de O, el 6.51% de K y el 3.18% de Mg. El análisis por FTIR muestra la presencia de varios grupos funcionales, la banda en 3336 cm⁻¹ se atribuye al estiramiento O–H de los fenoles, en 1605 cm⁻¹ al estiramiento C=C del alqueno conjugado. Las bandas asociadas a compuestos aromáticos y alcoholes, en 1275 y 1020 cm⁻¹. En resumen, los aceites tienen un aroma fresco, herbáceo y estimulante, son insolubles en agua y sus propiedades químicas permiten que sean usados cosméticos, alimentos y medicina.

Palabras Clave: aceites esenciales, romero, vaporub.

FACTORES AL PERIPARTO Y MORTALIDAD AL PRIMER MES DE VIDA DE CORDEROS PELIBUEY

Mario A. Espinosa-Martínez^{1*}; María D. Montoya-Flores¹; Luis J. Montiel-Olguín¹;
Juan C. Garrido-Castillo²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-CENIDFyMA; ²Universidad Autónoma Metropolitana-UAM-X. * Autor de correspondencia: marespinosa71@yahoo.com

RESUMEN

Como en diferentes especies, el periodo transcurrido del nacimiento al destete en la especie ovina es el de mayor riesgo para la sobrevivencia de la cría. Esto se refleja en una mayor morbilidad y mortalidad de los corderos durante dicho periodo. Por lo anterior, el objetivo fue determinar el efecto de algunos factores alrededor del parto de ovejas Pelibuey sobre la mortalidad de sus corderos hasta los 30 días de edad. Se empleó la información de 93 crías que nacieron en dos periodos de partos (46 partos totales). La información consideró la aceptación de la cría por parte de la madre, el perímetro torácico y condición corporal al parto, el número de partos de la oveja, el tipo de parto (una cría vs más de una) y el sexo de la cría. Para determinar el efecto de estos factores sobre la mortalidad de las crías, se realizaron análisis de Chi Cuadrada-Prueba exacta de Fisher. La tasa de mortalidad total fue del 10.7%. No existieron diferencias estadísticas ($P>0.05$) en la mortalidad asociadas a los factores aceptación de la cría, el perímetro torácico, el número de partos, el tipo de parto o el sexo de la cría. Sin embargo, se observó una mayor mortalidad ($P<0.05$) en ovejas con una baja condición corporal al parto, en comparación a ovejas con una alta condición corporal (15 vs 0%, respectivamente). Los resultados evidencian la necesidad de ofrecer una buena alimentación durante la gestación de la oveja, que le garantice llegar en la condición corporal óptima al parto y favorecer la sobrevivencia de sus crías.

Palabras clave: *Sobrevivencia, parto, nutrición.*

FENOLOGÍA Y FERTILIZACIÓN DE LA FRAMBUESA “AUTUMN BLIS” EN HIDROPONIA AL SUROESTE DE GUANAJUATO

Yair Gerardo Arroyo-González¹; Julio Cesar Galván-Cervantes¹; Rodolfo García-Duran¹; Diego Guadalupe Morales-Pérez¹; Emiliano Martínez-Martínez¹; Alberto Calderón-Ruiz^{1*}

¹Universidad Tecnológica Del Suroeste De Guanajuato, ¹Profesor-investigador de la Universidad Tecnológica Del Suroeste De Guanajuato. *Autor de correspondencia:

ruizcalderonalbert@gmail.com

RESUMEN

El cultivo de frambuesa (*Rubus idaeus* L.) en México ha ganado relevancia, especialmente en regiones con potencial productivo. Para optimizar el rendimiento y la calidad de variedades como 'Autumn Bliss', es crucial determinar y conocer su fenología y encontrar su fertilización óptima. Se estableció en la primera semana de febrero 2024 un ensayo de 40 Pop-up™ bags de 15 l con fibra de coco Berryfusion™ M™, la siembra fue por cepellón, a una distancia de 1.20 m entre hilera y espacio entre maceta de 70 cm (10,375 plantas•hectarea⁻¹). El sistema de riego fue localizado, cada bolsa con cuatro piquetas con un gasto de 8 litros•hora⁻¹. Se probó la siguiente fertilización en ppm N-NO₃ 89.7, N-NH₄ 3.9, P 71.8, K 113.8, Ca 70, Mg 35.6, Na 137, S-SO₄ 57.3, Cl 44.1, Fe 0.01, B 0.44, Cu 0.01, Zn 0.01, Mn 0.27, Mo 0.001, ajustado a un pH 5.5 y una Conductividad eléctrica CE= 1.67 dS•m⁻¹, en estructura protegida por malla sombra 50%. La aparición de los nuevos brotes se completó a los 32-35 días. La floración (50+1 %) se inició a los 118 días y la maduración a los 160 días posteriores a la emergencia de los brotes. Los nuevos brotes alcanzaron una longitud máxima de 170 cm, con un promedio de 14 por maceta. El rendimiento promedio de frutos de calidad fue 235 grs•planta⁻¹ con un diámetro ecuatorial de 14 mm, Se estima 2,438 ton•ha⁻¹ bajo este sistema protegido adaptado en la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Valle de Santiago, Guanajuato.

Palabras clave: *Rubus idaeus*, floración, producción, calidad de fruto, partes por millón.

FERTILIZACION DE CHILE SERRANO PRODUCIDO EN SUSTRATO EN MALLA SOMBRA

Salvador Villalobos Reyes^{1*}, Enrique González Pérez¹, Adela Zepeda Hernández²,
María Concepción Valencia Juárez¹, Juan Manuel Prieto Montes¹

¹Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias; ²Estudiante, Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra. *Autor de correspondencia: villarresa@hotmail.com

RESUMEN

El cultivo de chile serrano tiene importancia económica y social en México. La necesidad de incrementar la productividad del agua y los fertilizantes, conduce a la implementación de nuevas tecnologías de producción. El objetivo de este trabajo fue cuantificar la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en el agua que drena del sustrato enriquecido con fuentes orgánicas en la productividad del chile serrano en malla sombra. Se utilizaron bolsas de 15 litros con sustrato (70% tezontle y 30% composta). Las fuentes orgánicas utilizadas fueron harina de rocas (HR), dolomita (DO) y composta (CMP). El experimento consistió de seis tratamientos en un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones. El T1 testigo sin abonado, T2 (2.4, 2.4, 15 t ha⁻¹ de HR, DO y CMP), T3 (3.6, 3.6, 15 t ha⁻¹ de HR, DO y CMP), T4 (4.8, 4.8, 30 t ha⁻¹ de HR, DO y CMP), T5 (6, 6, 30 t ha⁻¹ de HR, DO y CMP) y T6 (7.2, 7.2, 45 t ha⁻¹ de HR, DO y CMP). Las variables registradas semanalmente fueron, rendimiento, volumen de riego, volumen de drenaje, el análisis químico del agua de drenaje. Hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en rendimiento entre tratamientos, el más bajo se presentó en el T1 (21.1 t ha⁻¹), y sobresalió el T5 (32.3 t ha⁻¹) sobre el T6 (25.6 t ha⁻¹). La concentración media de nitratos, fosfatos y potasio en el drenaje del tratamiento T1 fue de 2500, 70 y 300 ppm respectivamente; T5 tuvo 5000, 120, y 700 ppm, y el T6 tuvo 6000, 180, 900 ppm. El incremento de nutrientes en el T6 favoreció el crecimiento vegetativo y disminuyó el rendimiento.

Palabras clave: Chile orgánico, rocas minerales, sustrato, iones en agua.

GERMINACIÓN DE UNA LINEA EXPERIMENTAL DE FRESA (*Fragaria x ananassa*)

Karina Yesenia Tirado Pérez¹; Tania Flores Ávila¹; María Isabel Laguna Estrada¹;
Jorge Eric Ruíz Nieto¹; Ana Eugenia Rangel Castillo^{1*}

¹Universidad de Guanajuato, División Ciencias de la Vida; Ex Hacienda el Copal km. 9; carretera Irapuato-Silao, Irapuato, Gto. *Autor por correspondencia: ae.rangel@ugto.mx

RESUMEN

El cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*) tiene mucha demanda a nivel mundial y nacional. Todas las variedades comerciales son desarrolladas en el extranjero e importadas como “vitroplanta”, posteriormente son aclimatadas en viveros para ser propagada y comercializada a los productores. La germinación de semillas de fresa es un proceso crítico para un programa de mejoramiento genético, si se pretenden hacer cruza entre líneas experimentales se debe de resolver el problema de la dormancia fisiológica; es esencial realizar estudios que optimicen la germinación. El objetivo del trabajo fue determinar el porcentaje de germinación de semillas de fresa de una línea experimental Tania. El trabajo se realizó en el invernadero de Genética Vegetal de la Universidad de Guanajuato. Se trabajo con semilla de fresa de una cruza entre las variedades Festival y Frida del ciclo PV 2024. 24 h antes de la siembra se realizó un tratamiento de imbibición con “Biozime TS” (Giberelinas, Acido indolacético, Zeatina) (1.0 µL/mL). Las semillas se germinaron en turba tipo peat moss de *Sphagnum spp*, el riego fue constante y se semillas germinaron en condiciones de invernadero. Se determinó el porcentaje de germinación y los días de germinación. La tasa de germinación fue de 16.6 %, la germinación inicio y termino entre los 45 y 53 días. Para maximizar la tasa de germinación, es crucial proporcionar un ambiente adecuado, además de la aplicación de hormonas y así romper la dormancia fisiológica.

Palabras clave: germinación, dormancia fisiológica, imbibición.

HACE 12 AÑOS LOS PRODUCTORES AGRÍCOLAS PREFERÍAN NO USAR BIOFERTILIZANTES

Bertha S. Larqué Saavedra^{1*}; Mónica Lozano-Contreras²; Margarita Díaz Valasis¹

¹ CEVAMEX INIFAP, ² CEMOCOCHA INIFAP *Autora de correspondencia: besolasa@yahoo.com

RESUMEN

En el año 2012, la SAGARPA encargó al INIFAP establecer parcelas demostrativas con biofertilizantes del Instituto y de empresas privadas. Se establecieron en 15 estados de la República Mexicana, en cultivos anuales y perennes, en suelos de riego y temporal. Solicitó también un estudio de mercado, que entre otro de los objetivos planteó: identificar las preferencias de los productores sobre el uso continuo de biofertilizantes. La investigación fue transversal. La información se obtuvo de cuestionarios aplicados a 100 productores. Los estados, cultivos, número y selección de productores, se ajustaron a las parcelas demostrativas establecidas por los investigadores. Se realizó un análisis de estadísticas descriptivas y otro discriminante. La variable de estudio fue “preferencia por continuar usando biofertilizantes”, con respuesta dicotómica: 0 = no, 1 = sí. Las variables que explicaron fueron: años de ser productor agrícola, años de sembrar el cultivo donde se aplicó biofertilizante. El cultivo de mayor frecuencia fue maíz. Los años de ser agricultor fue de 2 a 66, con promedio de 30. Años dedicados al cultivo donde aplicaron biofertilizante, de 2 a 66, 26 de promedio. El 73% de los productores contestaron no. El resultado indicó que a mayor tiempo de producción del cultivo y más años de ser productor, mayor fue la probabilidad que contestaran que preferían no usar biofertilizante. Argumentaron que las semillas húmedas atascan las sembradoras. Son productos delicados requieren protegerse del sol. El incremento del rendimiento con fertilizantes químicos está probado en cualquier cultivo y ambiente, no así con los biofertilizantes. Estos fueron los resultados del primer acercamiento de productores a los biofertilizantes.

Palabras clave: Biofertilizante, estudio de mercado, preferencias del productor.

HISTORIA DE LA AGRICULTURA FAMILIAR EN TEXCOCO ESTADO DE MÉXICO

Bertha S. Larqué Saavedra^{1*}; Fabián Islas Gutiérrez¹; Ma. L. Patricia Vargas
Vázquez¹

¹ Campo Experimental Valle de México - INIFAP. *Autor por correspondencia:

besolasa@yahoo.com

RESUMEN

Dados los efectos negativos del cambio climático en la agricultura y su consecuente alza de precios, se dificulta cada vez más lograr la seguridad alimentaria; por ello la agricultura familiar recobra importancia como una opción para producir alimentos al alcance de la población. El actual Ayuntamiento de Texcoco propuso el programa Horta-DIF para fomentar huertos familiares y la producción de alimentos para autoconsumo, dado el reconocimiento de pobreza alimentaria en el 21.9 % de la población municipal. Este trabajo tuvo como objetivo: conocer la historia de la agricultura familiar de Texcoco. Se realizó una revisión documental de las últimas cinco décadas y se aplicó la metodología “Historia Oral” para recoger testimonios del modo de vida de entonces; se entrevistaron a 17 informantes clave, adultos mayores, oriundos del municipio. En 1970 Texcoco era rural, sus principales actividades económicas se ubicaban en el sector primario conviviendo grandes ranchos que ubicaron a Texcoco como una cuenca lechera que abastecía a nivel nacional, y ganadería de traspatio que ofertaba al municipio leche, gallinas, guajolotes, cerdos, borregos. Se consumían productos del Lago de Texcoco como pescados, patos, ahuate, sal. Del monte, hongos silvestres. Había localidades con huertos frutales y producción de verduras. La mayoría de los alimentos que se consumían eran naturales, muchos producidos por la agricultura familiar que era parte central del modo de vida del municipio. La población sabía qué producía cada localidad y cómo lo producía; había gusto por esos alimentos. Actualmente pocas familias practican esta agricultura, la producción comercial los desplazó, modificando las preferencias alimenticias.

Palabras clave: *agricultura familiar, alimentos naturales, modo de vida.*

HONGOS ENDÓFITOS EN SEMILLAS DE MAÍZ

Pedro-Eduardo Moreno-Zacarías¹; Oscar-Arath Grageda-Cabrera^{2*}; Sarahyt S. González-Figueroa²; César-Leobardo Aguirre-Mancilla³

¹Instituto Tecnológico de Roque. División De Estudios De Posgrado E Investigación; ²INIFAP-CEBAJ. *Autor de correspondencia: grageda.oscar@inifap.com.mx

RESUMEN

El maíz es un cultivo fundamental en México, tanto por su valor económico como por su relevancia cultural, siendo una fuente clave de alimento y un pilar en la seguridad alimentaria del país. La microbiota endófitas en sus semillas representa un ecosistema con gran potencial para mejorar la adaptabilidad, resistencia y productividad en sistemas agrícolas sostenibles. Los hongos endófitos en estas semillas protegen el cultivo de estrés biótico y abiótico, como fitopatógenos, condiciones ambientales adversas y ataques de herbívoros. El objetivo es explorar el papel de los hongos endófitos en semillas de maíz para investigar su uso en la agricultura sustentable. Se han almacenado mazorcas colectadas en la comunidad de Monte de los Juárez, Yuriria, Guanajuato, del ciclo verano-otoño de 2024, a 4°C en el laboratorio del Tecnológico Nacional de México/ ITES de Salvatierra, y se ha iniciado el aislamiento de hongos endófitos. Las evidencias actuales señalan que los hongos endófitos facilitan la solubilización de nutrientes, incrementan la tolerancia al frío en algunos cultivos y refuerzan el sistema inmunológico de las plantas. En gramíneas, especies del género *Epichloë* incrementan la resistencia al estrés y los ataques de herbívoros, mientras que *Ampelomyces*, ha mostrado efectividad en el control de hongos patógenos. Estos microorganismos colonizan los tejidos del maíz desde la germinación hasta la formación de mazorcas, creando una sinergia que puede mejorar la adaptación del cultivo y reducir la dependencia de insumos químicos. Este estudio explora el potencial de los hongos endófitos en el cultivo de maíz para contribuir al desarrollo de prácticas agrícolas más seguras, eficientes y sostenibles.

Palabras clave: Microbiota, adaptabilidad, gramíneas, agricultura ecológica.

IDENTIFICACIÓN DE GENOTIPOS DE FRIJOL TOLERANTES A SEQUÍA MEDIANTE IMÁGENES RGB OBTENIDAS CON DRON

V. Montero-Tavera*¹; Alejandro A. Prado-García¹; Jorge. A. Acosta-Gallegos¹ y
César L. Aguirre-Mancilla²

¹Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Bajío, ²Investigador, Tecnológico Nacional de México. *Autor de correspondencia:

montero.victor@inifap.gob.mx

RESUMEN

Uno de los componentes más importantes del cambio climático es la redistribución espacial y temporal de las lluvias, lo que trae como consecuencia sequías de mayor duración en la región del Bajío, ocasionando pérdidas estimadas de 200 000 toneladas en el último año. El objetivo fue identificar genotipos de frijol tolerantes a sequía empleando el índice de vegetación Green Leaf Index GLI y su correlación con el rendimiento de grano. El experimento se estableció en el ciclo de temporal de 2023 en el Campo Experimental Bajío sembrando en condiciones de riego y temporal 86 genotipos de variedades mejoradas, líneas experimentales y criollos de los principales tipos de frijol que se cultivan en el país. Se hicieron vuelos semanales a 50 m de altitud con un dron DJI Phantom 3 Pro tomando alrededor de 180 fotografías cada vez; con ellas se construyeron ortofotografías para calcular el GLI de cada material genético, que se complementó con el rendimiento total. De los 28 genotipos con mejor rendimiento en condiciones de sequía (1 306 a 1 988 kg/ha en contraste con los mejores en riego 1 905 a 2 782 kg/ha) 19 tuvieron también los mayores valores GLI. La correlación de Pearson entre GLI y rendimiento fue superior a 70 %. Sobresalieron siete genotipos tolerantes, con alto GLI y alto rendimiento, entre los que se encontraron cinco de tipo ojo de cabra, un pinto y un criollo. Estos materiales genéticos se incorporarán al programa de mejoramiento genético de frijol tolerante a sequía.

Palabras clave: Frijol criollo, GLI, ortofotos, rendimiento, sequía.

IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE GENOTIPOS DE CEBOLLA TOLERANTES AL ESTRÉS HÍDRICO

J. Manuel Prieto Montes¹; Enrique González Pérez²; Mariano Mendoza Elos³;
Salvador Villalobos Reyes²

¹Estudiante de postgrado, Tecnológico Nacional de México-Roque; ²Investigador, Campo Experimental Bajío, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); ³Profesor investigador, Tecnológico Nacional de México-Roque. *Autor de

correspondencia: gonzalez.enrique@inifap.gob.mx

RESUMEN

Uno de los factores que limita la producción de cebolla nacional y mundial es la sequía. Una estrategia para mitigar el efecto hídrico es el uso de recursos genéticos con tolerancia a la sequía. Para atender esta limitante, el objetivo del presente trabajo fue identificar genotipos de cebolla blanca que muestren tolerancia al estrés hídrico. Por ello, se llevó a cabo un experimento a partir del 16 agosto de 2024 en el Campo Experimental Bajío de INIFAP, Celaya, Gto. Se consideraron 40 genotipos seleccionados sobre la base de la eficiencia a la tolerancia a la sequía y 5 regímenes de humedad propuestos a partir de los 4.5 millones de L de agua que demanda la cebolla (R1: 80% de riego; R2: 70%; R3: 60%; y R4: 50%) incluido un control (R5: 100 %), en total se generaron 200 tratamientos con tres replicas. Los resultados después de 60 días del trasplante, mostraron diferencias estadísticas significativas entre los genotipos y tratamientos probados en los parámetros fenotípicos. Los genotipos establecidos a los R1, R2, R3 y R5 mostraron mejor desarrollo de la planta en los caracteres diámetro del tallo (1.4 cm), número de hojas (10) y altura de la planta (48 cm). En cambio, en R4 se observa, plantas de menor tamaño promedio (35 cm) pero con el mismo número promedio de hojas. En el tamaño del bulbo, se observa menor grado de tuberización en los genotipos establecidos en R4 (peso promedio de 58 g); mientras que, no hay diferencias entre los otros tratamientos (intervalo de peso oscila entre 62 a 75 g). Los resultados obtenidos a la fecha son alentadores, debido a que se visualizan rasgos morfológicos adaptativos favorables en los genotipos, que pueden ser útiles en el programa de mejoramiento de cebolla para tolerancia a sequía.

Palabras clave: Biomasa fresca, rasgo biológico, bulbo.

IMPORTANCIA DE FERTILIZAR CON MICRO Y MACRO NUTRIENTES EL FRIJOL DE TEMPORAL

Andrés Mandujano Bueno^{1*}, Víctor Montero Tavera, J¹. Francisco Buenrostro

Rodríguez², Jorge A. Acosta Gallegos¹, Alejandro Antonio Prado García¹

¹Investigador del Campo Experimental Bajío-INIFAP; ²Profesor-Investigador Tecnológico Nacional de México-Roque, *Autor correspondencia: amandujanob@inifap.gob.mx

RESUMEN

Producir frijol en México tiene importancia cultural, alimentaria, económica y agrícola. El altiplano y norte del país son los mayores productores. En Bajío es importante para temporal y sistemas diversificados. Gran parte de productores de frijol no utiliza fertilizantes, porque 90% produce en temporal. Estudios en áreas productoras muestran que aplicar fertilización adecuada en siembra incrementa el rendimiento de 0.9 a 2.5 t ha⁻¹. En primavera – verano 2022 se evaluó en suelo franco arenoso del Campo Experimental Bajío del INIFAP, en Celaya, Gto., en temporal, la respuesta del rendimiento de frijol pinto Salinas a adicionar macro y micro nutrientes sólidos al suelo, en diseño de bloques completos al azar, los tratamientos: 1) testigo sin fertilizante, 2) fertilización completa con N, P, K, Mg, Zn, Fe y B, 3) N, 4) P, 5) K, 6) Mg, 7) Zn, 8) Fe y 9) B. Las dosis fueron 60, 50, 30, 25, 6, 1, 1, kg ha⁻¹ de N, P, K, Mg, Zn, Fe y B, respectivamente. Las fuentes: Urea, Superfosfato de calcio triple, cloruro de potasio, sulfatos de magnesio (16.5%), zinc (34.21%), hierro (19.5%) y boronate (15%). La siembra fue en húmedo con 160,000 semillas ha⁻¹. El rendimiento promedio fue 3.8 t ha⁻¹. Aplicar P incrementó 8.4% el rendimiento, Fe 7.9%, Zn 6.5%, N 5.7%, K 4.9% y Mg 2.2%, mientras que, aplicar B redujo 5.5%. La fertilización completa incremento 6.6% el rendimiento. Fertilizar con macro y micro nutrientes el frijol de temporal incrementa su productividad.

Palabras clave: Frijol, fertilización, productividad.

IMPORTANCIA ECONÓMICA DE FERTILIZAR CON MICRO Y MACRO NUTRIENTES EL FRIJOL DE TEMPORAL

Andrés Mandujano Bueno^{1*}, Víctor Montero Tavera, J¹. Francisco Buenrostro

Rodríguez², Jorge A. Acosta Gallegos¹, Alejandro Antonio Prado García¹

¹Investigador del Campo Experimental Bajío-INIFAP, ²Profesor-Investigador Tecnológico Nacional de México-Roque, *Autor correspondencia: amandujanob@inifap.gob.mx

RESUMEN

El frijol es estratégico para la seguridad alimentaria, el desarrollo rural y el crecimiento económico de México. En el Bajío producir frijol es importante para pequeños y medianos productores de temporal. Gran parte de productores de frijol no utiliza fertilizantes. En el temporal de primavera – verano 2022, en el Campo Experimental Bajío del INIFAP, Celaya, Gto., se evaluó en un suelo franco arenoso para determinar el impacto en la productividad y rentabilidad de aplicar macro y micro nutrientes sólidos al suelo, en diseño de bloques completos al azar, los tratamientos: 1) testigo sin fertilizante, 2) fertilización completa con N, P, K, Mg, Zn, Fe y B, 3) N, 4) P, 5) K, 6) Mg, 7) Zn, 8) Fe y 9) B. Las dosis fueron 60, 50, 30, 25, 6, 1, 1, kg ha⁻¹ de N, P, K, Mg, Zn, Fe y B, respectivamente. Las fuentes: Urea, Superfosfato de calcio triple, cloruro de potasio, sulfatos de magnesio (16.5%), zinc (34.21%), hierro (19.5%) y boronate (15%). Se determinaron costos de producción de cada tratamiento, rendimiento, ingreso bruto y relación B/C. Los rendimientos fueron: 1.2, 2.2, 1.8, 1.9, 1.8, 1.7, 1.9, 1.7 y 1.3 t ha⁻¹; costos de producción: \$13,335.00, \$25,086.01, \$15,521.09, \$15,269.96, \$14,745.00, \$18,359.24, \$14,036.55, \$13,502.18 y \$13,635.00; ingresos netos: \$20,400.00, \$37,400.00, \$30,600.00, \$32,300.00, \$30,600.00, \$28,900.00, \$32,300.00, \$28,900.00 y \$22,100.00 y B/C: 1.53, 1.49, 1.97, 2.12, 2.08, 1.57, 2.30, 2.14 y 1.62. Adicionar macro y micro nutrientes mejora la productividad y rentabilidad del frijol de temporal.

Palabras clave: Frijol, fertilización, productividad, rentabilidad.

INCIDENCIA DE *ASPERGILLUS* SPP. EN MAÍZ BLANCO, EN MUNICIPIOS DE TAMAULIPAS

Rebeca Rodríguez Falconi¹; Flor Elena Ortiz Chairez¹; Victor Maya Hernández¹

¹Campo Experimental Río Bravo Tamaulipas-INIFAP. Carretera Matamoros-Reynosa km 61 Cd.

Río Bravo, Tamaulipas. rodriguez.rebeca@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la incidencia natural de *Aspergillus* spp. en grano de maíz blanco de municipios de Tamaulipas. La colecta se realizó de mayo a julio del 2023, en los municipios Río Bravo (RB), Gustavo Díaz Ordaz (GDO), Valle Hermoso (VH), Reynosa y Abasolo. Se colectaron 13 genotipos (Hipopótamo, Garañón, NB-871, DK-2048, NK-925, NB-787, H-391, H-390C, P3057W, NB722, AG-2525W, NB-940, P-3051W Y NB-940), con humedad de 14 % $\pm$ 2. La evaluación se hizo en el Campo Experimental Río Bravo. La incidencia de *Aspergillus* spp. se realizó por incubación en cámara húmeda a temperatura ambiente (28 $\pm$ 2 °C.), a 100 granos de maíz con tres repeticiones (se desinfectaron con hipoclorito por 1 min y se lavaron 4 veces) se mantuvo en observación por 7 días. El resultado se expresa como porcentaje promedio de granos colonizados. La determinación de aflatoxinas se realizó con el método AFLA-V-AQUA de Vicam. El análisis es un completamente al azar y comparación de medias Tukey, se realizó la prueba de Shapiro-Wilks y una transformación ArcoSeno $\sqrt{Y}$. Resultados: Los híbridos con susceptibilidad al hongo son DK-2048 y NK-925W ubicados en los municipios de Abasolo, GDO y Reynosa; mientras que los materiales tolerantes son Hipopótamo y P3057 de Abasolo y RB. Sin embargo, los genotipos susceptibles a aflatoxinas con 40µm/kg fueron P-3057W, H-391, P-3051W, NB-722 y DK-2048 todos ubicados en Abasolo. Mientras que el toleran fue P-3057W. La ausencia del hongo en algunos materiales se debe al lavado de las semillas, se eliminó las estructuras de hongo (hifa y conidio), sin embargo, la micotoxina persistió en su interior y no fue eliminado, tal como sucedió con las muestras. También la presencia de micotoxinas en materiales que también resultaron ser tolerantes se debe a la tecnología con que manejan el cultivo, porque incluso presentaron maleza.

Palabras clave: Maíz blanco, *Aspergillus* spp., micotoxinas.

INCIDENCIA DE FUMONISINAS EN MAÍZ BLANCO, EN MUNICIPIOS DE TAMAULIPAS

Rebeca Rodríguez Falconi¹; María G Álvarez Ojeda¹; Víctor Maya Hernández¹

¹Campo Experimental Río Bravo Tamaulipas-INIFAP. Carretera Matamoros-Reynosa km 61 Cd.

Río Bravo, Tamaulipas. rodriguez.rebeca@inifap.gob.mx

RESUMEN

En este trabajo se evaluó la incidencia de fumonisinas en maíz blanco de cinco municipios de Tamaulipas. El muestreo fue en el ciclo otoño-invierno 2023, en los municipios Río Bravo (RB), Gustavo Díaz Ordaz (GDO), Valle Hermoso (VH), Reynosa y Abasolo. Se colectaron 46 híbridos: Hipopótamo, Garañón, NB-871, DK-2048, NK-925, NB-787, H-391, H-390C, P3057W, NB722, AG-2525W, NB-940, P-3051W y NB-940. El análisis se realizó en el Campo Experimental Río Bravo. Para determinar fumonisinas, se realizó la cuantificación de *Fusarium* spp. en cajas Petri en medio de cultivo de papa dextrosa agar, cada caja con seis granos de maíz desinfectados y cuatro repeticiones por genotipo, se mantuvieron en observación por 5 días, se cuantificó los granos colonizados. En la determinación de fumonisinas se utilizó el test ELISA The AgraQuant®. Se realizó una comparación de medias Tukey. El municipio que presentó mayor número de granos contaminados con *fusarium* sp. fue VH y corresponde al híbrido Hipopótamos, y sin presencia del hongo fueron NK-925W, Garañón, H-391 y NB871. Los genotipos susceptibles a fumonisinas fueron Dk-2048 y P-3051 y los tolerantes fueron DK-2048, P-3057W e Hipopótamo. De lo anterior se puede decir que la ausencia del hongo no excluye a la micotoxina.

Palabras clave: Fumonisin, *Fusarium* spp., micotoxinas

INCIDENCIA, IDENTIFICACIÓN Y BIOCONTROL DE FITOPATÓGENOS ASOCIADOS A MARCHITEZ DEL FRIJOL EN NUEVO LEÓN

Juan Martínez-Medina¹; Raúl Rodríguez-Guerra^{1*}; J. Isabel López-Arroyo¹; Kenzy
Ivveth Peña-Carrillo¹

¹INIFAP - Campo Experimental General Terán.* Autor de correspondencia:

rodriguez.raul@inifap.gob.mx

RESUMEN

En Nuevo León el frijol se cultiva en una reducida superficie para el comercio local, y frecuentemente muestra plantas con síntomas de marchitez. Se desconoce reportes de incidencia y fitopatógenos asociados a estos síntomas en el estado, así como de la capacidad de antagonistas para inhibir los fitopatógenos presentes en plantas con marchitez. En esta investigación se determinó la incidencia y fitopatógenos asociados a la marchitez en una parcela de frijol Pinto Saltillo en etapa V4, del municipio de General Terán, Nuevo León; así como el antagonismo *in vitro* de la actinobacteria M35 para inhibir el crecimiento de fitopatógenos presentes en lesiones de plantas enfermas. Se realizó un muestreo en un esquema de “cinco de oros” en tres surcos de 5 metros de longitud para obtener la incidencia de plantas con síntomas; de éstas se aislaron e identificaron los fitopatógenos asociados al tejido dañado. Además, tejido sintomático (hipocotilo, raíz) se expuso a colonias de la actinobacteria para determinar su capacidad de inhibir a los fitopatógenos presentes en las lesiones, junto con testigos sin actinobacteria; cuatro repeticiones fueron establecidas. La incidencia de marchitez fue del 18%. Se identificó *Macrophomina phaseolina* en lesiones del hipocotilo y a *Fusarium solani* en raíces. La actinobacteria M35 inhibió significativamente el crecimiento de *M. phaseolina* (98.0%); aunque no hubo diferencias estadísticas para *F. solani* con un 97.7% de inhibición. Los resultados demuestran importante incidencia y la ocurrencia de hongos fitopatógenos asociados a la marchitez del frijol en Nuevo León, y que la actinobacteria muestra potencial para su biocontrol.

Palabras clave: *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium solani*, actinobacteria. B

INVENTARIO FORESTAL EN UN BOSQUE PLANTADO DE *Hevea brasiliensis* Muell. Arg., MEDIANTE TECNOLOGÍA LIDAR MÓVIL

José Antonio Hernández-Moreno^{1*}

¹Investigador INIFAP, Campo Experimental El Palmar. *Autor de correspondencia:

hernandez.jose@inifap.gob.mx

RESUMEN

El inventario forestal describe cantidad, tamaño y calidad de los árboles, así como las características del espacio donde crecen, y tradicionalmente se realiza de manera manual, con calibradores (forcípulas) para medir el diámetro a la altura del pecho (*DAP*), y dispositivos que utilizan principios geométricos, como el clinómetro, para la estimación de la altura total (*AT*). El presente trabajo reporta la aplicabilidad de una tableta con tecnología LiDAR integrada, en la medición de parámetros de inventario forestal, mediante la comparación de mediciones dendrométricas, obtenidas mediante LiDAR y métodos tradicionales, registrando: posición geográfica, *DAP* y *AT* de árboles individuales, en un bosque plantado de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. Se llevó a cabo un análisis de regresión lineal simple con cada variable. Adicionalmente se realizó una *prueba t*, para la determinación de las diferencias entre varianzas de la muestra, así como el cálculo de la *Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE)*, para medir el error entre los valores predichos y los observados. Los resultados muestran una $R^2=0.99$ y $RMSE=0.942$ cm para el *DAP*; $R^2=0.97$ y un $RMSE=0.532$ m para la *AT*. El tiempo total del escaneo para la adquisición de datos LiDAR fue 4.5 veces menor al tiempo del inventario forestal tradicional. El método propuesto para inventario forestal en bosques plantados mediante el dispositivo móvil es confiable, preciso y consume menos tiempo, en comparación con el enfoque tradicional. El inventario forestal de precisión permite monitorear y gestionar de manera efectiva los recursos forestales, facilitando la toma de decisiones informadas para mitigar los efectos del cambio climático.

Palabras clave: Escaneo láser terrestre, realidad aumentada, software de uso libre, sensor LiDAR.

MANEJO DE LA FERTILIZACION EN LA PRODUCCION DE TOMATE DE ESPECIALIDAD EN SUELO EN INVERNADERO

Salvador Villalobos Reyes^{1*}, Enrique González Pérez¹, José Nava Malagón²

¹Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias; ²Estudiante, Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra.* Autor de correspondencia: villarresa@hotmail.com

RESUMEN

En la región Centro de México, el tomate de especialidad se produce totalmente en invernadero para el mercado de exportación. La demanda de tomate orgánico esta provocando el cambio al sistema de producción orgánica. El objetivo del presente trabajo fue el uso de fuentes complementarias de la fertilización del tomate uva en suelo en invernadero. Con base al análisis previo de la fertilidad del suelo, había suficiente cantidad de fósforo, potasio, calcio y magnesio para la demanda del tomate. Para mejorar la calidad de la fruta se agregó fósforo y potasio en el programa de fertilización. El experimento consistió de cuatro tratamientos distribuidos en boques completos a azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron, T1 sin fertilización, T2 (composta 40 t ha⁻¹), T3 (Composta 40 t ha⁻¹, roca fosfórica 1 t ha⁻¹), T4 (composta 40 t ha⁻¹, roca fosfórica 1 t ha⁻¹, sulfato de potasio 0.20 t ha⁻¹). Los parámetros evaluados semanalmente fueron altura de la planta (AP), diámetro del tallo (DH), número de hojas (NH), número de flores (NF), número de racimos (NR), rendimiento (REN), análisis de extracto celular del peciolo (ECP), y grados brix en frutos. En AP, DH, NH, NF, NLF, NR no existieron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos. En NFs si existieron diferencias significativas con mayor números frutos en el T4. En REN el T1 produjo 132 t ha⁻¹ y el T4 con 187 t ha⁻¹. En ECP si existieron diferencias significativas en NO⁻³ y K, con valores altos en T3 y T4. En grados Brix aumentó 7.3 en el T4.

Palabras clave: Agricultura protegida, calidad de tomate, fertilización orgánica.

METABOLITOS SECUNDARIOS DE *Fusarium spp.* PARA EL CONTROL DE MALEZA

Pablo García Vargas², Zaira Guadalupe Rivera Méndez¹, Sarahyt Santamaria González Figueroa^{2*}, Luis patricio Guevara Acevedo¹, Oscar Arath Grageda Cabrera², Luis Antonio Mariscal Amaro².

¹Tecnológico Nacional de México-Roque. ²Campo Experimental Bajío-INIFAP. *Autor de correspondencia: gonzalez.sarahyt@inifap.gob.mx

RESUMEN

Actualmente el control de maleza se ha vuelto un tema controversial a nivel internacional y nacional por la reglamentación y restricciones con respecto a los herbicidas. Por ello, es indispensable realizar investigaciones que contribuyan a desarrollar nuevas estrategias para el control de maleza entre ellas podría estar el uso de metabolitos secundarios producidos por microorganismos fitopatógenos. Por lo cual el objetivo del presente trabajo fue evaluar metabolitos secundarios de dos cepas de *Fusarium spp.* en el control de maleza. Se realizó un experimento en laboratorio con un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones y un arreglo factorial 3x3x3, donde el Factor A fueron tres especies de maleza (Mostacilla, Lentejilla y Diente de león); Factor B: tres microorganismos (*Fusarium sp.* FM, *Fusarium sp.* FS y sin *Fusarium*); y Factor C: Tres tratamientos (esterilización, pasteurización y hongo “Puro”). Los resultados mostraron que los procesos de velocidad de germinación y germinación de las tres especies evaluadas no mostraron disminución significativa con respecto a los hongos evaluados. El único tratamiento que cumple con los parámetros establecidos por la EWRS en cuanto al porcentaje de control de maleza se presentó en Mostacilla con *Fusarium sp.* FM sometido a un proceso de pasteurización con 97.75%. Con lo cual se concluye que el uso de metabolitos fitotóxicos producidos por *Fusarium* tiene potencial para utilizarse como una alternativa para el manejo de maleza.

Palabras clave: Bioherbicidas, glifosato, MIM.

MÉTODOS DE SIEMBRA DE FRIJOL DE TEMPORAL EN TLAXCALA

Rogelio Fernández Sosa¹; Israel Rojas Martínez¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) – Sitio Experimental Tlaxcala. *Autor de correspondencia: fernandez.rogelio@inifap.gob.mx

RESUMEN

En Tlaxcala el rendimiento promedio de frijol de temporal es de 960 kg/ha. El método de siembra es un componente tecnológico esencial para incrementar los niveles de productividad del cultivo, a pesar de la baja, retraso e irregular distribución de lluvias (sequía). El objetivo es comparar el rendimiento de tres métodos de siembra alternos al convencional. El productor siembra en hilera de 0.8 m y de 15 cm entre plantas para 75 mil pl/ha. Una alternativa para incrementar el rendimiento es el método de camas con surcos, para mejor distribución espacial y reducir la competencia entre plantas. La siembra a doble, triple y cuádruple hileras, con 120, 145 y 175 mil pl/ha, el ANOVA indicó alta significancia estadística ($P < 0.01$) para localidad (LOC), método (MET) y su interacción (LOC*MET). En Espíritu Santo la variedad fue pinto Saltillo de semiguía y cuádruple hilera produjo 3417 kg, superando al convencional con 2012, al doble con 1957 y al triple con 836, que equivalen a 143.2, 134.0 y 32.4%, respectivamente. En Santiago Cuauila la siembra fue con Azufrado de habito de mata, el mayor rendimiento fue el cuádruple con 1725 kg que superó al convencional con 1005, al doble con 1055 y al triple con 528 que equivale a 139.6, 157.5 y 44.1%, en ese orden. La cuádruple en ambas localidades alcanzó mayor rendimiento, debido a la mayor densidad de plantas por hectárea soportadas por las variedades de frijol, a pesar de tener hábitos diferentes, por lo cual es posible que toleren mayores densidades de población.

Palabras clave: Arreglo topológico, rendimiento, densidad de población, competencia, cama de siembra.

PATOGENICIDAD Y CONSUMO DEL HONGO HUITLACOCHÉ (*Ustilago maydis*) EN MAÍCES MEDIANTE EL MÉTODO DE INOCULACIÓN ARTIFICIAL EN EL VALLE DEL YAQUI

Ana Cristina García Cruz¹; Isabel Guadalupe Leyva Álvarez¹; Keyla Guadalupe Hernández Navarro¹; Gilberto Rodríguez Pérez^{2*}; Francisco Javier Salazar Huerta²

¹Estudiante de la carrera de Innovación Agrícola Sustentable, Tecnológico Nacional de México-Valle del Yaqui; ²Profesor del Tecnológico Nacional de México-Valle del Yaqui. *Autor de

correspondencia: gilberto.rp@vyaqui.tecnm.mx

RESUMEN

La amplia variabilidad patogénica de *ustilago maydis* permite la evaluación en maíces para la producción del huitlacoche, este hongo se utiliza para el consumo humano dado que este es considerado un alimento de sabor muy exquisito que contiene ácidos grasos esenciales (omega 3 y 6), rico en aminoácidos, aporta fibra y es bajo en grasas, contiene fósforo, vitamina c, varios minerales y sustancias con propiedades antitumorales. Por otra parte, también contiene carbohidratos, proteínas, grasas minerales y vitaminas que constituyen su aporte nutricional. Por lo anterior, el objetivo en este estudio fue evaluar la capacidad patogénica artificial del hongo *Ustilago maydis* en dos maíces uno maíz nativo de color amarillo y mejorado de color morado en el Valle del Yaqui, Sonora, el hongo se colectó en una parcela de la raza Onaveño para producirlo en laboratorio *in vitro*, se inocularon 30 plantas de la raza Onaveño y 30 plantas del maíz azul mejorado en el momento en que las plantas se encontraban en la aparición del jilote (floración). Los resultados se mostraron a los 21 días transcurridos de la inoculación; donde se obtuvieron 26 plantas completas con la presencia del hongo lo que representó el 86% de efectividad; sin embargo, el maíz mejorado de color azul no mostró ninguna susceptibilidad al hongo.

Palabras clave: Maíces nativos, semillas, velocidad y porcentaje de emergencia.

PERFIL BACTERIANO DE PLANTAS ENGROSADAS Y SANAS DE *OPUNTIA FICUS-INDICA* DETERMINADO MEDIANTE ANÁLISIS METAGENÓMICO

Ernestina Valadez Moctezuma^{1*}

¹Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carr. México-Texcoco. 56230, Edo. de México. *Autor de correspondencia: evaladezm@chapingo.mx

RESUMEN

Las plantas de *Opuntia* son susceptibles a la enfermedad de engrosamiento del cladodio que se caracteriza por el desarrollo de cladodios anormalmente desarrollados, enanismo y malformaciones. Sin embargo, no se ha identificado al agente causal responsable de la sintomatología. El objetivo de la presente contribución fue asociar los cambios del perfil taxonómico bacteriano a la condición de engrosamiento de nopal aplicando análisis metagenómico. Se recolectaron muestras de suelo, rizosfera y endosfera, en época de sequía y en época de lluvia. Se extrajo el DNA y se secuenció masivamente la región V3-V4 del gen 16S. El nivel de riqueza y diversidad de bacterias fueron mayores en muestras de suelo, seguidas de muestras de rizosfera, endosfera de raíz, filosfera de cladodio y endosfera de cladodio. El análisis preliminar de la composición taxonómica mostró la detección de al menos 66 familias bacterianas pertenecientes a 17 filos taxonómicos siendo *Actinobacteria*, *Proteobacteria*, *Acidobacteria*, *Firmicutes* y *Planctomycetes* los de mayor presencia y sus frecuencias relativas fueron distintas entre plantas enfermas y plantas sanas, dependiendo del tipo de muestra y la condición climática. En conclusión, las asociaciones bacterianas fueron afectadas por las condiciones climáticas, el compartimento de las plantas y la enfermedad de engrosamiento.

Palabras clave: 16S rRNA, asociaciones bacterianas, engrosamiento, nopal, secuenciación masiva.

POTENCIAL ANTAGÓNICO DE ACTINOBACTERIAS SOBRE *Sclerotinia sclerotiorum*

Diego A. Rodríguez-Vargas¹; Oscar A. Grageda-Cabrera^{2*}; Sarahyt S. González-Figueroa²; J. Antonio Ramírez-Ramírez¹; Pedro-Eduardo Moreno-Zacarías¹

¹Tecnológico Nacional de México-Roque, ²INIFAP, Celaya, Guanajuato. *Autor de correspondencia: grageda.oscar@inifap.com.mx

RESUMEN

Las actinobacterias se presentan como una alternativa biológica prometedora frente a los métodos convencionales de control de enfermedades en cultivos agrícolas. Este estudio tuvo como objetivo aislar y seleccionar cepas de actinobacterias con actividad antagónica contra *Sclerotinia sclerotiorum*, un hongo fitopatógeno de gran importancia agrícola por su capacidad de causar la “podredumbre blanca” en más de 400 especies de plantas y producir toxinas que dañan las células vegetales. Se seleccionaron 16 cepas de actinobacterias basadas en su capacidad de formar halos de inhibición durante su aislamiento y se evaluaron *in vitro* contra *S. sclerotiorum*. La caracterización macroscópica de las cepas mostró que seis pertenecían al género *Streptomyces*, cuatro a *Micromonospora*, cuatro a *Terrabacter*, una a *Nocardia* y una a *Agromyces*. Tres cepas de *Micromonospora* no mostraron actividad inhibitoria, indicando variabilidad en la bioactividad frente a *S. sclerotiorum*. Entre las cepas más efectivas, la SU-15271 de *Terrabacter* mostró la mayor inhibición, con un 47.54%, seguida por la cepa SU-16671 de *Streptomyces* con un 46.27%. Estos resultados destacan el potencial significativo de las actinobacterias, particularmente los géneros *Terrabacter* y *Streptomyces*, como agentes clave en estrategias de control biológico para una protección sostenible de cultivos agrícolas. La eficacia observada respalda el uso de actinobacterias en programas de biocontrol, ofreciendo una vía alternativa para reducir el daño ocasionado por enfermedades fúngicas en la agricultura moderna.

Palabras clave: Biocontrol, fitopatógenos, inhibición, productividad agrícola.

PRIMER REPORTE DE ESPECIES DE *ASCHERSONIA* EN EL ESTADO DE TABASCO MICOSANDO *Aleurocanthus woglumi*

Cristina Prestegui-Carmona¹; Kenzy Iveth Peña-Carrillo^{2*}; J. Isabel López-Arroyo²; Raúl Rodríguez-Guerra²

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; ²INIFAP-Campo Experimental General Terán.

*Autor de correspondencia: pena.kenzy@inifap.gob.mx

RESUMEN

Aschersonia es un género de hongos entomopatógenos distribuido en los trópicos y subtrópicos, y es de importancia agrícola debido a que ataca insectos plaga de cítricos pertenecientes a las familias Aleyrodidae, como mosca prieta (*Aleurocanthus woglumi* Ashby), y miembros de Coccidae. Aunque es un género de lento crecimiento que se ha investigado poco, se conoce que causa importantes epizootias en la naturaleza. En el año 2021, en el estado de Tabasco, se recolectaron ninfas de *A. woglumi* micosadas con un hongo que forma estromas tipo *Aschersonia*. Debido a que se desconoce la ocurrencia de este entomopatógeno en este estado, el objetivo del presente estudio fue determinar la identidad de varias cepas mediante su morfología y análisis de la subunidad grande del DNA ribosomal nuclear (LSU). Adicionalmente, se evaluó el crecimiento de las cepas aisladas en varios medios de cultivo. Se aislaron cuatro cepas con esporas fusoides y formaron colonias algodonosas de color variable. Los análisis de la LSU indicaron que dos cepas pertenecen a *A. aleyrodis* (Teleomorfo: *Moelleriella libera*), mientras que las cepas restantes se identificaron como *A. andropogonis* (Teleomorfo: *Moelleriella ochracea*). Respecto al crecimiento, encontramos que los medios PDA y SDL fueron idóneos para el cultivo de las cepas, pues en éstos se desarrollaron esporas y las colonias mostraron mayor crecimiento. Los resultados demuestran por primera vez la ocurrencia de dos especies de hongos formadores de estromas tipo *Aschersonia* en el estado de Tabasco, ocurriendo de manera simpátrica y micoparasitando a *A. woglumi*.

Palabras clave: Mosca prieta de los cítricos, *Moelleriella* spp., especies simpátricas.

PRIMER REPORTE DEL ESTADO SEXUAL DE *Colletotrichum karstii* EN *Musa* sp.

Raúl Asael Rodríguez-Villarreal¹; Kenzy Ivveth Peña-Carrillo²; Raúl Rodríguez-Guerra²; J. Isabel López-Arroyo²; Isidro Humberto Almeyda-León²

¹UANL-Facultad de Ciencias Biológicas; ²INIFAP-Campo Experimental General Terán. *Autor de correspondencia: pena.kenzy@inifap.gob.mx

RESUMEN

En plátanos (*Musa* spp.) se han encontrado 12 especies de *Colletotrichum* pertenecientes a cuatro complejos de especies (*C. acutatum*, *C. boninense*, *C. gloeosporioides*, *C. orchidearum*), pero desconocemos que en ninguna de ellas se ha reportado la ocurrencia de estados teleomorfos sobre *Musa* spp. en la naturaleza. En este trabajo se investigó la identidad de una cepa de *Colletotrichum* obtenida a partir de lesiones con peritecios en hojas de una planta de ornato de plátano colectadas (diciembre de 2023) en Santiago, Nuevo León. Se obtuvieron cultivos monoascospóricos y de uno de ellos se obtuvo la secuencia de los espaciadores transcritos internos (ITS I y II). La secuencia se sometió a un análisis BLAST en el NCBI y mostró estar relacionada con especies del complejo *C. boninense*, del cual sólo se ha reportado una especie aislada de plátano (*C. karstii*). Un análisis filogenético (máxima verosimilitud) con las 12 especies de *Colletotrichum* de otros complejos de especies reportadas de plátanos, donde se incluyó tres secuencias de *C. karsti* aisladas de plátano en México, además de dos secuencias de *C. boninense*, confirmó que el hongo aislado en esta investigación pertenece al complejo de especies de *C. boninense*. La secuencia de la cepa analizada se encuentra altamente relacionada con *C. karstii*, con una cobertura y porcentaje de similitud del 100%. La secuencia fue registrada en el GenBank con número de acceso PP907060. Consideramos que este es el primer reporte del estado sexual en la naturaleza de *C. karstii*, miembro del complejo de especies *C. boninense*, asociado a *Musa* sp.

Palabras clave: *Barcoding*, *teleomorfo*, *Colletotrichum*.

PRODUCCIÓN DE CHILE CHILACA EN EL ESTADO DE TLAXCALA

Israel Rojas Martínez^{1*}; Rogelio Fernández Sosa¹; Enrique González Pérez¹;
Salvador Villalobos Reyes¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) – Sitio Experimental Tlaxcala. *Autor de correspondencia: rojas.israel@inifap.gob.mx

RESUMEN

El chile chilaca en Tlaxcala es una alternativa para productores de hortaliza, debido al potencial productivo y demanda en mercados. El objetivo es evaluar la producción del chile chilaca y chile ancho. El trasplante fue el 18 de abril de 2024 en San Sebastián Atlahapa, Tlaxcala, el testigo fue chile ancho, la plántula se produjo en el Campo Experimental Bajío del INIFAP. La distribución de plantas fue a 0.60 m de separación y surcado de 0.80 m. El manejo del cultivo fue según recomendaciones del INIFAP. Las variables registradas fueron: Rendimiento de chile en kg/ha, Número y Producción de fruto por planta. La evaluación fue de 8 cortes, iniciados el 25 de junio a los 70 días del trasplante y el resto cada 15 días, el octavo corte fue el 16 de octubre. El chilaca es más precoz con 15 días que el testigo. El rendimiento de chilaca fue de 34.04 ton/ha en 8 cortes y el chile ancho con 32.83 ton/ha en 7 cortes, superando la producción nacional de 24.88 y 27.37 ton/ha, respectivamente. El número promedio de frutos de chilaca por planta y corte fue de 7.2 y con ancho fue 5.1, donde el mayor rendimiento promedio fue de 5.08 en los 3 mejores cortes y 8.07 ton/ha en los cortes 2 y 3, en ese orden. El rendimiento de fruto por planta y corte fueron 200 gr en ambos chiles, el ancho en los cortes 1 y 2 tuvo en promedio 390 gr. El rendimiento correlacionó positiva y significativamente ($P<0.01$) con producción de frutos por planta ($r=0.99$) y número de frutos por planta ($r=0.77$).

Palabras clave: *Traspatio, trasplante, rendimiento, corte, riego.*

PRODUCCIÓN DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*) CON LA APLICACIÓN DE SOLUCIÓN STEINER Y FERTILIZACIÓN FOLIAR

Joan Osvaldo Garibaldi-Zavala^{1*}; Virginia Ortiz-Timoteo²; Patricia González Granados²

¹Estudiante de licenciatura, Instituto Tecnológico Superior de Abasolo; ²Docente, Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, Abasolo, Guanajuato, CP. 36976, México. *Autor de correspondencia: AS21110332@tecabasolo.edu.mx

RESUMEN

El aumento de la producción de un cultivo depende del aporte de los nutrientes. Por ello, la presente investigación tuvo como finalidad evaluar la respuesta de la aplicación de fertilizante foliar y solución Steiner en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum*). El experimento se estableció en el Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, en el cual se estudiaron cinco tratamientos: T1 (Solución Steiner 25%), T2 (Fertilizante foliar), T3 (Producto de algas marinas), T4 (Solución Steiner + fertilizante foliar), T5 (Solución Steiner + producto de algas marinas) y un testigo sin ninguna aplicación. Estos se distribuyeron en un diseño experimental de bloques completamente al azar. Cada tratamiento tuvo cinco repeticiones con cuatro plantas por unidad experimental. Las plantas se trasplantaron en bolsas que contenían suelo. La aplicación de los fertilizantes se inició a los 4 días después del trasplante (ddt) y se continuó cada 15 días hasta los 84 ddt. La altura se midió a los 95 ddt y el número de frutos se contabilizó desde los 81 hasta los 109 ddt. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y a la comparación de medias con la prueba de Tukey, en el programa de InfoStat (versión estudiante). Los resultados en altura y número de frutos presentaron ligeros incrementos con la aplicación de la mayoría de los productos; sin embargo, se comportaron estadísticamente igual al testigo.

Palabras clave: respuesta, algas marinas, altura y número de frutos.

PRODUCCIÓN DE UN BIOPOLIMERO CON LIGNINA INSOLUBLE DE CÁSCARA DE NUEZ

Gabriel Aldaír Cerón-Rodríguez¹; Alberto Sandoval-Rangel³; Julia Rosa Medrano-Macías³; Hened Sadaae-Caballero⁴; Susana González-Morales^{2*}

¹Estudiante Maestría en Ciencias en Horticultura; ³Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio; ²Investigadora por México; ⁴Centro de Investigación de Química Aplicada. *Autor de correspondencia: gfb_sgm@hotmail.com

RESUMEN

La lignina, es un polímero fenólico abundante en las fibras vegetales, que combinado con otros iones genera un efecto bioestimulante en los cultivos. Sin embargo, es insoluble. Por otro lado, la cáscara de nuez es un agroresiduo rico en lignina. Con base en lo anterior; este trabajo tuvo como objetivo, obtener lignina insoluble de cáscara de nuez y posteriormente encapsularla en un biopolímero. Para ello en primera instancia se extrajo la lignina soluble por el método de Soda Pulping y posteriormente se elaboró el polímero a base de dos monómeros biodegradables de Metacrilato de metilo y Ácido de metacrilato por polimerización en heterofase en semicontinuo. Los resultados obtenidos señalan que se puede adicionar lignina insoluble al polímero, la relación de monómeros utilizada fue 3:1 por 5 mg de lignina, mostrando que se puede obtener un biopolímero con una conversión de 97% y el 1% de lignina encapsulada, este alto nivel de conversión indica que el proceso de polimerización fue altamente eficiente lo que se traduce en un rendimiento óptimo de este material presentando propiedades físicas-químicas estables para su dilución y uso. Obteniendo un nano capsulado de lignina, listo para ser evaluado como estimulante en los cultivos.

Palabras Clave: Fitoestimulación, polimerización, nano encapsulados, heterofase semicontinua

PROMOCIÓN DEL CRECIMIENTO DE LECHUGA BABY EN HIDROPONÍA CON *Bacillus* Y *Trichoderma*

Geraldine Reyes-Barreno¹; Aldo Gutiérrez-Chávez²; Loreto Robles- Hernández²;

Ana C. González-Franco²; Jared Hernández-Huerta^{2*}

¹Estudiante de posgrado, Universidad Autónoma de Chihuahua, ²Investigador, Universidad Autónoma de Chihuahua. *Autor de correspondencia: jahuerta@uach.mx

RESUMEN

Los géneros *Bacillus* y *Trichoderma* se han utilizado en la agricultura como agentes de biocontrol para plagas y enfermedades, además de biofertilizantes con efectos beneficiosos en el rendimiento y calidad de los cultivos. No obstante, existen pocos estudios sobre su empleo en sistemas hidropónicos. Esta investigación analizó el potencial de *B. thuringiensis* (Bt) y *T. asperellum* (Ta) como promotores de crecimiento de plantas de lechuga romana baby, variedad Blanes, bajo un sistema hidropónico de raíz flotante. Los microorganismos fueron aislados de suelo e identificadas por PCR. El diseño experimental fue al azar y se conformó por cuatro tratamientos (n=4): plantas inoculadas con microorganismos T1= Bt, T2= Ta, T3= Bt+Ta y plantas sin inoculación (control; T4= C). Después de 30 días se midieron parámetros vegetativos, los cuales se analizaron con ANOVAs la prueba de Tukey (JAMOV 2.3.28.0). Se observó una mejora en el desarrollo de las plantas de lechuga baby en algunos parámetros, pero solo con el uso de la mezcla de microorganismos (Bt+Ta; P<0.05): el área foliar incrementó un 18.72%, el tamaño de tallo un 11.5% y la biomasa fresca de hoja y tallo un 23% y 15.38%, respectivamente. Asimismo, la biomasa seca de hoja incremento un 17%. Los resultados indican que la combinación de *B. turingiensis* y *T. asperellum* podría emplearse como promotores de crecimiento de plantas de lechuga baby en hidroponía.

Palabras clave: *Lactuca sativa*, *Bacillus*, *Trichoderma*, hidroponía.

RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES EDAFOCLIMÁTICAS EN LOS CULTIVOS

Luis A. Quintero-Domínguez^{1*}; Jarvin A. Antón-Vargas¹; Daniel Rodríguez Mercado²; Delvis Juan Mesa Padilla¹; Denis Hernández Pacheco¹; Yunet Lorenzo Vegas¹

¹Investigador, Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez, Cuba; ²Investigador, Tecnológico Nacional de México-Roque. *Autor de correspondencia: laqdominguez@gmail.com

RESUMEN

La agricultura en la provincia de Sancti Spíritus enfrenta serios desafíos, como la escasez de agua, la baja materia orgánica en el suelo y el uso ineficiente de fertilizantes químicos, lo que limita la productividad y pone en riesgo la seguridad alimentaria. Ante esta situación, surge la necesidad de monitorear las condiciones de los cultivos para optimizar la gestión de recursos y mejorar la eficiencia agrícola. Ante esta problemática, se ha diseñado e implementado una red de sensores inalámbricos para monitorear variables edafoclimáticas críticas, con el objetivo de incrementar la productividad agrícola mediante el uso eficiente del agua y la mejora de la fertilidad del suelo. La red de sensores desarrollada se compone de nodos sensores (*moten*) basados en microcontroladores ESP32, que incorporan el sensor BME280 para medir temperatura, humedad y presión ambiental, una sonda capacitiva para la humedad del suelo y el sensor DS18B20 para la temperatura del suelo. Estos nodos funcionan con un módulo de energía alimentado por dos baterías de litio 18650. Los datos recopilados se envían al *sink*, una Raspberry Pi 3 con un módulo de energía similar, y se procesan mediante la plataforma IoT Node-RED, utilizando el protocolo de comunicación MQTT y almacenamiento en la nube con PostgreSQL. Los resultados destacan la implementación exitosa de la red, que permite a los agricultores monitorear en tiempo real las condiciones de sus cultivos a través de un dashboard intuitivo. Esta herramienta facilita la toma de decisiones informadas sobre el riego y la fertilización, promoviendo un uso más eficiente del agua y mejorando la calidad del suelo. Como conclusión, la red de sensores representa un avance significativo hacia la sostenibilidad agrícola y la seguridad alimentaria, ofreciendo un modelo replicable para optimizar la productividad y la gestión de recursos en entornos agrícolas desafiantes.

Palabras clave: Red de sensores, agricultura, variables edafoclimáticas, seguridad alimentaria, sostenibilidad.

RESISTENCIA A *Fusarium solani* Y *Sclerotium rolfsii* EN LÍNEAS DE FRIJOL PINTO RARÁMURI POR CARIOCA

Kimberly Acosta¹, Brenda Z. Guerrero Aguilar², Jorge A. Acosta Gallegos², Yanet Jiménez Hernández², Alejandro A. Prado García².

¹Universidad Politécnica de Guanajuato campus cortazar Gto., ²INIFAP Campo Experimental Bajío Celaya Gto. *Autor de correspondencia: guerrero.brenda@inifap.gob.mx

RESUMEN

El cultivo de frijol es afectado por un complejo de patógenos que afectan a la raíz, causando síntomas de amarillamiento y marchitez, entre los patógenos se encuentran el género *Fusarium*, *Sclerotium rolfsii*, *Macrophomina phaseolina* y *Rhizoctonia solani*, para su control el uso de productos químicos son los más utilizados, por su eficiencia pero tiene un efecto negativo hacia el medio ambiente y a la salud humana, otra de las alternativas son variedades resistentes a patógenos que afectan a la raíz como *Fusarium* y *Sclerotium rolfsii*. Las líneas avanzadas de frijol que se evaluaron fueron 33, obtenidas de la cruce Rarámuri x Carioca, donde 25 de ellos son de tipo carioca y ocho de tipo pinto. Para esto primero se inoculó las plantas con *Fusarium solani*, en la fase vegetativa V2 y V3. utilizando el método de inmersión de raíces., Y segunda etapa se inoculó 16 líneas avanzadas de frijol con *Sclerotium rolfsii*, mezclando 10 esclerocios en la maceta de 2 kg de suelo peat most con turba, se evaluaron a los 5, 15 y 30 días después de la inoculación. Debido a esto se planteó el siguiente objetivo: buscar resistencia a *Fusarium solani* y *Sclerotium rolfsii* en líneas avanzadas de Pinto Rarámuri x Carioca. Como resultado se obtuvo que para *Fusarium solani* se encontró 12 líneas avanzadas resistentes en un intervalo de 80 a 94%, lo cual se puede decir que estas líneas avanzadas tienen buena resistencia a *Fusarium*, mientras para *Sclerotium rolfsii* se encontró, ocho de las líneas avanzadas tienen resistencia de un 80% a *Fusarium* y *Sclerotium*, por lo que se puede decir que, de las ocho líneas de frijol, se puede desarrollar una variedad resistente a *Fusarium solani* y *Sclerotium rolfsii*.

Palabras clave: *Fusarium*, pudrición radicular, resistencia.

RUPTURA DE DORMANCIA DE SEMILLAS DE *Avena Fatua*

Margarita Jaqueline Vázquez-Gaytán¹, Sarahyt S. González-Figueroa^{2*}, Mario Alberto Alonso-Mendez¹, Mario Alberto Estrada-Almanza¹, Cesar Leobardo Aguirre-Mancilla¹, Lourdes Ledesma-Ramirez².

¹TecNM- Campus Roque; ²Campo Experimental Bajío-INIFAP. *Autor de correspondencia:

gonzalez.sarahyt@inifap.gob.mx

RESUMEN

La *Avena fatua*, es una especie de maleza que presenta un notable mecanismo de dormancia, lo que le permite permanecer viables en el suelo durante varios años sin germinar. Actualmente se requiere evaluar la resistencia a herbicidas de esta especie, para lo cual es necesaria la generación de plántulas. Por lo cual el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes tratamientos para la ruptura de dormancia de semillas de *Avena fatua* recién cosechadas. Se estableció un experimento en el laboratorio de Maleza del INIFAP-CEBAJ, con diseño completamente al azar y arreglo factorial 3x11, donde el Factor A fueron tres temperaturas de incubación durante la prueba de germinación (ambiente, frío-ambiente y frío) y el Factor B fueron 11 tratamientos [Testigo, Biozyme, Nitrato de Potasio, Ácido Clorhídrico (AC), Estratificación y Ácido giberelico (AG3)]. Las variables evaluadas fueron: semillas germinadas por día, longitud de plúmula, porcentaje de germinación y porcentaje de homogeneidad. Independientemente de la temperatura a la cual se realice la evaluación, los tratamientos con AG3 mostraron los valores más altos en porcentaje, para la variable longitud de plúmula el tratamiento AG3-750-6 y AG3-500-6 obtuvieron los valores más altos. Para la homogeneidad el tratamiento mayor fue el AC con el 96.22%. En conclusión, el tratamiento óptimo para utilizar en la generación de plántulas de *Avena fatua* fue el AG3-500-6 en temperatura frío.

Palabras clave: Biotipo, soluciones, latencia.

SALES MINERALES COMO ALTERNATIVAS PARA CONTROL DE *Podosphaera xanthii* (CASTAGNE) U. BRAUN EN CALABAZA

Jorge Francisco León De la Rocha ^{*1}; Guadalupe López Buenabad¹; Humberto

Rafael Bravo Delgado¹ y Nazario Francisco Francisco¹

¹Docente Investigador, Universidad Tecnológica de Tehuacán Puebla

*Autor de correspondencia: jfrleon@gmail.com

RESUMEN

El empleo de sales minerales “fitomineraloterapia” permite el control de diferentes enfermedades como *Podosphaera xanthii*, de forma efectiva y amigable para el medio ambiente. El objetivo de la presente investigación consistió en evaluar sales minerales para el control de *P. xanthii* en calabaza var. Rocío, para lograr este, se consideraron seis tratamientos: Cobre (Cu 2 mL, L de H₂O⁻¹), Boro (B 2 mL, L de H₂O⁻¹), Bicarbonato de Potasio (BK 2 g, L de H₂O⁻¹), Zinc (Zn 6 mL, L de H₂O⁻¹), control químico propiconazol (Q 2 mL, L de H₂O⁻¹) y testigo, los cuales fueron aplicados en campo bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 4 repeticiones. El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre los tratamientos. Para la variable de severidad de la enfermedad (SE) se consideraron dos muestreos a los 15 y 21 días después de la primera aplicación (DDPA) de los tratamientos. Como resultados el mejor tratamiento para ambos muestreos lo presentó el Cobre, sin diferencia significativa con el tratamiento químico, los cuales no superaron el 10 % de severidad, en tanto los tratamientos a base de Bicarbonato de Potasio y Boro ocuparon el segundo lugar en el control del patógeno con promedios que no superaron el 30 % de severidad, seguido el tratamiento de Zinc, siendo el testigo el peor tratamiento con los promedios más altos de severidad con 50 y 86.1 %.

Palabras clave: *Podosphaera xanthii*, sales minerales, fitomineraloterapia, severidad.

SELECCIÓN PRELIMINAR DE HÍBRIDOS DE MAÍZ F1 PARA SUELOS SALINOS EN EL VALLE DEL YAQUI, MÉXICO

Pérez- López Lorenzo^{1*}; Peñuelas-Rubio Ofelda¹; Argentel-Martínez Leandris¹; Cervantes-Ortiz Francisco²; Aguirre-Mancilla Cesar Leobardo²; Jorge González Aguilera³

¹Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui; ²Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico de Roque; ³Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, Unidade Universitária de Cassilândia. *Autor para correspondencia:

oleinismora@gmail.com

RESUMEN

La hibridación como parte del mejoramiento de maíz para la tolerancia a la salinidad puede contribuir a aumentar la rentabilidad de los suelos salinos y mitigar los efectos nocivos del estrés salino. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el comportamiento fisiológico y de rendimiento de grano de 42 híbridos F1 obtenidos a partir de un diseño dialélico basado en el método de Griffing I para la selección preliminar de los mejores híbridos para uso en suelo moderadamente salino (3.94 dS m^{-1} en el extracto de saturación) en el Valle del Yaqui, Sonora, México. Estos cruces fueron evaluados en un diseño reticular (7×7) con cuatro repeticiones. Se evaluaron seis variables del intercambio gaseoso de la planta y el rendimiento de grano. Se realizaron ANOVA a las variables evaluadas, y cuando se encontraron diferencias significativas entre híbridos, se compararon las medias mediante la prueba de Tukey al 1%. Se estimaron correlaciones de Pearson entre todas las variables. La mayoría de las variables presentaron diferencias estadísticas, a excepción del contenido de clorofila y el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada. Las diferencias dentro de las variables fotosíntesis, transpiración, eficiencia en el uso del agua y conductancia estomática, revelaron una variabilidad genética dentro de los híbridos bajo condiciones de salinidad moderada. Estos resultados permitieron seleccionar híbridos con alta fotosíntesis ($>27 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), media transpiración ($2-3 \mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), alta eficiencia en el uso del agua ($>8 \mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), y alto rendimiento ($> 13 \text{ t ha}^{-1}$) como criterios de selección para suelos moderadamente salinos.

Palabras clave: *Zea mays L., intercambio de gases, rendimiento, dialélico*

SEMILLA DE MAÍZ (*Zea mays* L.) UTILIZADA EN DOS MUNICIPIOS DE TLAXCALA, FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Dolores Briones Reyes^{1*}; Jose L. Jolalpa Barrera¹; Venancio Cuevas Reyes¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. *Autor de correspondencia: briones.dolores@inifap.gob.mx

RESUMEN

El maíz en México la fuente principal de alimentación, representa cultura e identidad, la semilla es el insumo fundamental en la agricultura. En Tlaxcala se siembran 102 mil hectáreas para grano, en temporal. Con el objetivo de identificar el tipo de semilla utilizada bajo condiciones vulnerables al cambio climático, se aplicó una encuesta a 70 pequeños productores de maíz en temporal de Alzayanca y Huamantla, Tlaxcala, elegidos mediante muestreo no probabilístico e intencional. Los productores entrevistados en promedio desde hace 36 años siembran maíz, de estos el 94% indicó usar semillas nativas y sólo el 6 % usa semillas mejoradas (híbridos), lo cual indica una baja adopción de variedades, influenciada por las condiciones de temporal y clima extremo en los municipios, que no permiten la expresión potencial de híbridos. En cuanto a color de grano, destaco el blanco en 91 % seguido del amarillo con 7% y sólo el 1% azul, lo cual evidencia una probable pérdida de maíces de color que obedece a diversas causas, lo cual es preocupante y requiere de estrategias para aprovechar los beneficios para la salud y posible resiliencia a eventos extremos de clima de los maíces pigmentados. Se concluye que las semillas nativas prevalecen en los campos y son preferidas por los pequeños productores de temporal, con una marcada preferencia por el grano de color blanco, asociado a las inclinaciones del mercado y otras cuestiones, pero sobre todo por su respuesta y adaptación a los constantes cambios, por efecto del cambio climático.

Palabras Clave: *Nativo, mejorado, temporal, pequeño productor.*

TRASFERENCIA DE TECNOLOGIA PARA DISMINUIR LA EMISION DE GEI POR LA PORCICULTURA

Gerardo Barrera Camacho¹; Oswaldo Barrera Torres²; Maricruz Calderón González²; Mayte Silva Silva²

¹Campo Experimental Uruapan-INIFAP, Av. Latinoamericana #1101, Col. Revolución Uruapan Michoacán. C. P. 60150; ²Investigadores PSP. *Autor de Correspondencia:

barrera.gerardo@inifap.gob.mx

RESUMEN

La transferencia de tecnología agropecuaria, como eslabón unificador de la adopción, es un elemento estratégico para mitigar o adaptar los sistemas de producción porcícola ante el cambio climático. El reto de llevar la tecnología potencial y factible a nivel de granja, ante este escenario, magnifica la importancia de los programas con ese fin. Las excretas de cerdo son un subproducto emisor de GEI, CH₄ y CO_x. El objetivo fue conocer las actividades de transferencia de tecnología y la relación con su adopción en sistemas de traspatio. Se analizan el número de eventos de capacitación, demostraciones, giras tecnológicas y material impreso, desplegados y folleto para productores, como medios para transferir y difundir tecnología; así como, la relación con su adopción a través del análisis estadístico no paramétrico prueba del signo de muestras apareadas bajo la hipótesis que al menos la mitad de los asistentes adopten la tecnología; es decir, $H_0: \theta_y = \theta_x$ y $H_1: \theta_y < \theta_x$ a $\alpha = 0.05$; donde y, x son el número de adoptantes y asistentes respectivamente a los eventos en cinco municipios de la ribera del lago de Cuitzeo Michoacán. Los eventos se realizaron entre 2019 y 2023. Los resultados muestran que se concentra el 50% de actividades en dos municipios principalmente, 15 cursos 10 demostraciones y 3 giras tecnológicas. Se produjeron cinco desplegados y un folleto los cuales comprenden lo que es la tecnología, su proceso y su uso en la alimentación de cerdos. Con respecto a transferir y adoptar a través de las actividades señaladas, la prueba $Z_{\alpha=0.05}$ indica que $p < 0.05$. Por lo tanto, se concluye que las actividades de transferencia y difusión tecnológica de la tecnología de gestión de la cerdaza del ensilado no fue aceptado a nivel planteado, 50% de porcicultores asistentes, confirmando la H_1 , ya que el grado de adopción fue del 12% de productores.

Palabras clave: Adopción de tecnología, mitigación daño ambiental, gestión de cerdaza.

USO DE FITORREGULADORES PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL TRIGO HARINERO

Gabriela Chávez-Villalba¹; J. Ángel Marroquín-Morales¹; H. Adán García-Mendívil¹

¹ Investigadores de Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. *Autor de correspondencia: chavez.gabriela@inifap.gob.mx

RESUMEN

En el noroeste de México se requiere mejorar la calidad del trigo harinero, principalmente reduciendo el contenido de panza blanca. El objetivo de la presente investigación consistió en evaluar el rendimiento, el contenido de PB y proteína en grano (PG), en trigo harinero, utilizando diferentes tratamientos (T): T1: Testigo (sin aplicación de productos), T2: Etephon®, T3: Sulfato de Magnesio y T4: MODDUS®, dichos tratamientos se aplicaron en dos etapas fenológicas del cultivo (encañe y antesis), con el fin de identificar el mejor momento de aplicación de los diferentes productos. Estos tratamientos se establecieron bajo un diseño de parcelas divididas con tres repeticiones. El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en las variables evaluadas. En general, se encontró que, la mejor respuesta a la aplicación de los productos, se obtuvo en la etapa de encañe. El mejor rendimiento de grano (8.3 t ha^{-1}), resultó para los tratamientos 1 y 3; aunque también fueron los que produjeron el menor contenido de proteína en grano (12.04 y 12.06 %), y con el mayor el contenido de PB (7.1 y 6.8% respectivamente), excepto el T2, que, aunque con el más alto valor de PG (12.31%), también resultó con un alto valor de PB (7.0 %). El T4, con un rendimiento de 8.2 t ha^{-1} , el menor contenido de PB (5.0 %) y con 12.20% de PG, fue el tratamiento que logra obtener buen rendimiento y mejorar la calidad del grano. La relación negativa entre el rendimiento y la calidad dificulta la explicación de la bondad de los productos, sin embargo, se considera que el uso adecuado de fitorreguladores pudiera ser una herramienta que permita activar el potencial genético del cultivo, incrementando con ello la expresión de su capacidad productiva y la calidad industrial del grano.

Palabras clave: Trigo, panza blanca, fitorreguladores.

USO DE FITORREGULADORES PARA REDUCIR LA PRESENCIA DE PANZA BLANCA EN TRIGO DURO

Gabriela Chávez-Villalba¹; J. Ángel Marroquín-Morales¹; H. Adán García-Mendívil¹

¹Investigadores de Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. *Autor de correspondencia: chavez.gabriela@inifap.gob.mx

RESUMEN

Uno de los problemas más serios que enfrentan el sistema producto trigo del noroeste de México es la presencia de “panza blanca” en trigo duro porque, esta condición del grano reduce la extracción de sémola, el contenido de proteína, y con ello todas las características reológicas necesarias para la elaboración de pastas, por lo tanto, reduce el valor comercial del cereal. El objetivo de la presente investigación consistió en evaluar el rendimiento de grano (RG), el porcentaje de panza blanca (PB) y el porcentaje de proteína en grano (PG) en las variedades CIRNO C2008 y DON LUPE C2020, utilizando diferentes tratamientos de productos fitorreguladores (T): T1: Testigo (sin aplicación de productos), T2: Etephon®, T3: Sulfato de Magnesio y T4: MODDUS®. Dichos tratamientos se aplicaron en encañe y en antesis. En la etapa de amacollamiento se obtuvo un RG de 3.47% más que en antesis. En esta etapa fenológica se encontraron diferencias significativas en las variables PB y PG debidas a los tratamientos y a las variedades. CIRNO C2008, con un valor de PB y PG en el testigo de 5.7 y 11.09 % respectivamente, fue superado por todos los tratamientos, aunque el T4 con 1.18% de PB y 11.92% de PG fue el mejor. Para la variedad Don Lupe C2020, la PB y PG de los tratamientos 2 (10.07 y 11.07%, respectivamente) y 4 (8.71 y 11.35 % respectivamente), superaron al testigo (10.64 y 10.94 % respectivamente). Se requiere seguir estudiando el efecto de los diferentes fitorreguladores para mejorar la calidad industrial del trigo duro cuyo principal destino es el mercado de la exportación.

Palabras clave: Trigo duro, panza blanca, fitorreguladores.

USO DE INOCULANTES MICROBIANOS Y BIOFERTILIZANTES EN LA PRODUCCIÓN DE AJO *ALLIUM SATIVUM* L.

José Martín Suaste Franco¹; Elena Heredia García²; Jesús Frías Pizano³; Sarahyt Santamaría Gonzáles Figueroa²; Enrique Andrio Enriquez³.

¹Estudiante de Posgrado Instituto Tecnológico Nacional de México-Roque; ²Campo Experimental Bajío CEBAJ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias; ³Tecnológico Nacional de México-Roque; Autor de correspondencia: josemartin_sf@hotmail.com.

RESUMEN

La producción de ajo *Allium sativum* L., es de gran importancia desde el punto de vista socioeconómico. En los últimos años la superficie sembrada en México se ha incrementado 4.3%. La producción de ajo está supeditada a la aplicación de fertilizantes químicos, con el fin de lograr mayor rendimiento en el cultivo provocando degradación del suelo y agua, afectando al ecosistema. Por lo anterior se buscan alternativas para la producción sostenible, como el uso de inoculantes microbianos y biofertilizantes. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la fertilización alternativa en la producción del cultivo de ajo, estableciendo un experimento con diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, evaluando siete tratamientos: Testigo 100% fertilizante (formula recomendada por el INIFAP), Micorriza INIFAP® + 75% fertilizante, Micorriza INIFAP® + 50% fertilizante, Bioles + 75% Fertilizante, Bioles + 50% Fertilizante, Micorriza INIFAP® + Bioles + 75% Fertilizante y Micorriza INIFAP® + Bioles + 50% Fertilizante. El tratamiento que obtuvo el rendimiento más alto fue Bioles + 50% Fertilizado con 13.1 t.ha⁻¹ superando al testigo el cual obtuvo 10.81 t.ha⁻¹. Estos tratamientos son una opción para aumentar el rendimiento hasta un 12% lo cual lo convierte en una opción agrícola encaminada a la sostenibilidad ya que disminuye el uso de la fertilización química.

Palabras claves: *Inoculantes microbianos, degradación de suelo*

VALIDACIÓN DE DOSIS MÍNIMAS DE INSECTICIDAS PARA EL CONTROL DEL PSÍLIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS

J. Isabel López-Arroyo^{1*}; Edgardo Cortez-Mondaca¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. *Autor de correspondencia: lopez.jose@inifap.gob.mx

RESUMEN

Debido a la importancia del psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae), en la transmisión y diseminación de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus*, el patógeno asociado al huanglongbing en la citricultura nacional, previamente evaluamos insecticidas selectivos, así como un producto bioracional, a dosis mínimas efectivas para el control de dicho insecto. El presente estudio se realizó para validar la efectividad de las dosis seleccionadas para el control de *D. citri* con productos evaluados en experimentos previos. Se realizó un ensayo en invernadero con plantas de cítricos de cinco años de edad en macetas de 100 L, donde se evaluaron cuatro tratamientos en un número variable de repeticiones (6-14) bajo un diseño experimental completamente al azar. Los tratamientos a validar fueron: 1. Flupyradifurone 500 mL/ha, 2. Ciantraniliprole 300 mL/ha, 3. Neem-canela 1 L/ha + aceite mineral 2 L/ha, y 4. Testigo sin aspersión de insecticidas. Previo a la aplicación de los tratamientos se marcaron brotes infestados por huevos, ninfas y adultos de *D. citri*. Los brotes tratados fueron cortados 96 horas postaplicación de los insecticidas, y revisados bajo el estereoscopio para evaluar mortalidad del insecto. Existieron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.001$). Mortalidad de *D. citri* ocasionada por flupyradifurone (98.9%) y ciantraniliprole (89.4%) difirieron de la existente en la mezcla Neem-canela + aceite mineral (65.7%) así como con el testigo (2.6%, ocasionada por el parasitoide *Tamarixia radiata*) (Tukey $\alpha=0.05$). En todos los tratamientos se registró actividad de trips, lo que sugiere ineffectividad de los tratamientos evaluados contra esta plaga, por lo que la recomendación es de utilizar estos productos en sus dosis mínimas efectivas solamente contra infestaciones de *D. citri*.

Palabras clave: Cítricos, Huanglongbing, *Diaphorina citri*, control.

VALIDACIÓN DE LA CEPA M35 DE *Streptomyces* sp. PARA INHIBIR GERMINACIÓN DE ESPORAS DE *Fusarium oxysporum*

Raúl Rodríguez-Guerra¹; Moisés Felipe-Victoriano²; Kenzy Ivveth Peña-Carrillo¹; J. Isabel López-Arroyo¹; Isidro Humberto Almeyda-León¹

¹INIFAP-Campo Experimental General Terán; ²INIFAP-Campo Experimental Huastecas. Autor de correspondencia: rodriguez.raul@inifap.gob.mx

RESUMEN

La cepa M35 de la actinobacteria *Streptomyces* sp. inhibe la germinación de esporas y el crecimiento micelial de una cepa de *F. oxysporum* aislada de melón. Aquí se realizó una prueba preliminar de antagonismo, una confrontación dual contra la germinación de esporas y el crecimiento micelial, y el efecto de tres concentraciones de medio de cultivo de la actinobacteria esterilizado por calor y de la elusión de su medio de cultivo sobre cepas de *F. oxysporum* aisladas de vainilla, chile y melón. Testigos apropiados fueron incluidos. Lo anterior permitió validar la actividad de la actinobacteria sobre distintas cepas del fitopatógeno. En la prueba preliminar la actinobacteria inhibió la germinación de esporas de las tres cepas de *F. oxysporum*. En la confrontación dual se encontró diferencias significativas (prueba de Welch; $p < 0.05$) en el promedio de la germinación de esporas a las 24 h y en el crecimiento micelial a las 72 h entre cada testigo y cepa evaluada; la inhibición de la germinación fue superior al 97% y la del crecimiento fue del 100% para las tres cepas. La esterilización de colonias mostró una inhibición promedio de la germinación de las tres cepas superior al 77%, 91% y 92% para la concentración del 25%, 50% y 75%, respectivamente; mientras que el crecimiento fue inhibido más del 96% a la concentración del 25% y en un 100% para las concentraciones del 50% y 75%. La elusión de medio de cultivo no tuvo efecto en la germinación de esporas.

Palabras clave: Confrontación dual, termoestabilidad, inhibición de germinación y crecimiento micelial.

VALORACIÓN MORFOLÓGICA DE LÍNEAS DE JITOMATE (*Solanum Lycopersicum* L.)

M. Concepción Valencia Juárez¹, Enrique González Pérez², y Ricardo Yáñez López³,

¹Estudiante de licenciatura, Tecnológico Nacional de México-Roque; ²Investigador, Campo Experimental Bajío, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); ³Investigador, Tecnológico Nacional de México-Roque. *Autor de correspondencia:

gonzalez.enrique@inifap.gob.mx

RESUMEN

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las principales hortalizas cultivadas en el mundo. Sin embargo, en varios países, incluido México, la falta de materiales genéticos adaptados a las condiciones particulares de cada región productora representa una limitante significativa. Adicionalmente, estudios recientes han indicado que el mejoramiento orientado a incrementar el rendimiento ha conllevado a la pérdida de la diversidad genética, así como a reducciones en el valor nutricional y el sabor de los frutos. Por ello, es necesario explorar y caracterizar nuevas fuentes de germoplasma. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue caracterizar morfológicamente 16 líneas avanzadas de jitomate nativo de México e identificar sus principales caracteres agronómicos. La investigación se llevó a cabo en el ciclo otoño-invierno 2023-2024, en el Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, México. Se evaluaron 60 caracteres con base en las directrices de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) y de la guía del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva, análisis de varianza, prueba de medias, análisis discriminante canónico e índice de selección con ESIM valores. Se identificó una variación morfológica significativa, donde seis caracteres morfológicos fueron determinantes para distinguir tipos y líneas de jitomate. Los eigenvalores más altos y los ocho caracteres determinados con el análisis canónico denotaron su efecto en la diversidad observada en las líneas de estudio. Los hallazgos de esta investigación pueden ser una herramienta útil para la selección de plantas con características de interés agronómico.

Palabras clave: Diversidad genética, caracterización morfológica, rasgo biológico, mejora genética.

ZONIFICACIÓN TURÍSTICA DEL CAÑÓN DE FERNÁNDEZ PARA IDENTIFICAR ÁREAS POTENCIALES A TRAVÉS DE ANÁLISIS ESPACIAL CON HERRAMIENTAS SIG.

Felipa de Jesús Rodríguez Flores¹; María Concepción Sosa Álvarez¹; Gerardo Grijalva Ávila¹; Jaime Ávila Simental²; Adán Álvarez Haros²

¹Universidad Politécnica de Durango (UNIPOLI-Dgo); ²Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente del estado de Durango (SRNMA-Dgo).

RESUMEN

El desarrollo turístico sustentable se refiere al turismo que considera las repercusiones actuales y futuras, económicas, sociales y medioambientales para satisfacer las necesidades de los visitantes, de la industria, del entorno y de las comunidades anfitrionas. En la actualidad, se ha convertido en un movimiento en constante crecimiento, con un fuerte potencial para generar empleo y desarrollo económico, pero, con algunos desafíos entre los que se incluye la falta de regulación y educación ambiental hacia la conciencia de la conservación de la naturaleza, entre otros. Un estudio de zonificación turística tiene como objetivo, alinear un esquema de oportunidades para los visitantes, tanto con los atractivos turísticos que presenta el entorno, como con sus condiciones de orden social, ambiental y económica, de tal suerte que se logre un ecosistema no comprometido, y que sea un espacio de desarrollo y bienestar para los habitantes del lugar. Este proyecto tiene como objetivo identificar áreas turísticas potenciales en el Área Natural Protegida Cañón de Fernández (ANPCF) utilizando herramientas SIG y técnicas de análisis espacial para la toma de decisiones y ha cubierto los siguientes aspectos a través del uso de técnicas documental, entrevistas y talleres participativos: la identificación de espacios con aptitudes turísticas (con el apoyo de los habitantes de las zonas de influencia), la zonificación de los lugares identificados (delimitación geográfica). Se identificaron 47 sitios con potencial turístico, considerando su belleza escénica paisajística, la cercanía al río Nazas, la biodiversidad de flora y fauna, así como la influencia de visitantes a los sitios. Lo anterior representa un insumo importante para la presentación de propuestas que logren intervenir de manera considerable en la generación de los beneficios pretendidos.

Palabras clave: Zonificación turística, aptitud turística, herramientas SIG.