



## **CONGRESO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROPECUARIA**

**PRIMERA EDICIÓN**

**2017**

**Publicado por la sociedad mexicana de Ciencia y tecnología Agropecuaria A. C.**

**Lázaro Cárdenas 11, Roque, Celaya, Guanajuato. C. P. 38110.**

**Publicado en formato digital**

**Editor**

**Dr. Juan Carlos Raya Pérez**

**Comité Editorial**

**Dr. Juan Carlos Raya Pérez**

**Dr. César Leobardo Aguirre Mancilla**

**Dr. J. Gabriel Ramírez Pimentel**

**Dr. Gabriel Iturriaga de la Fuente**

**Revisores**

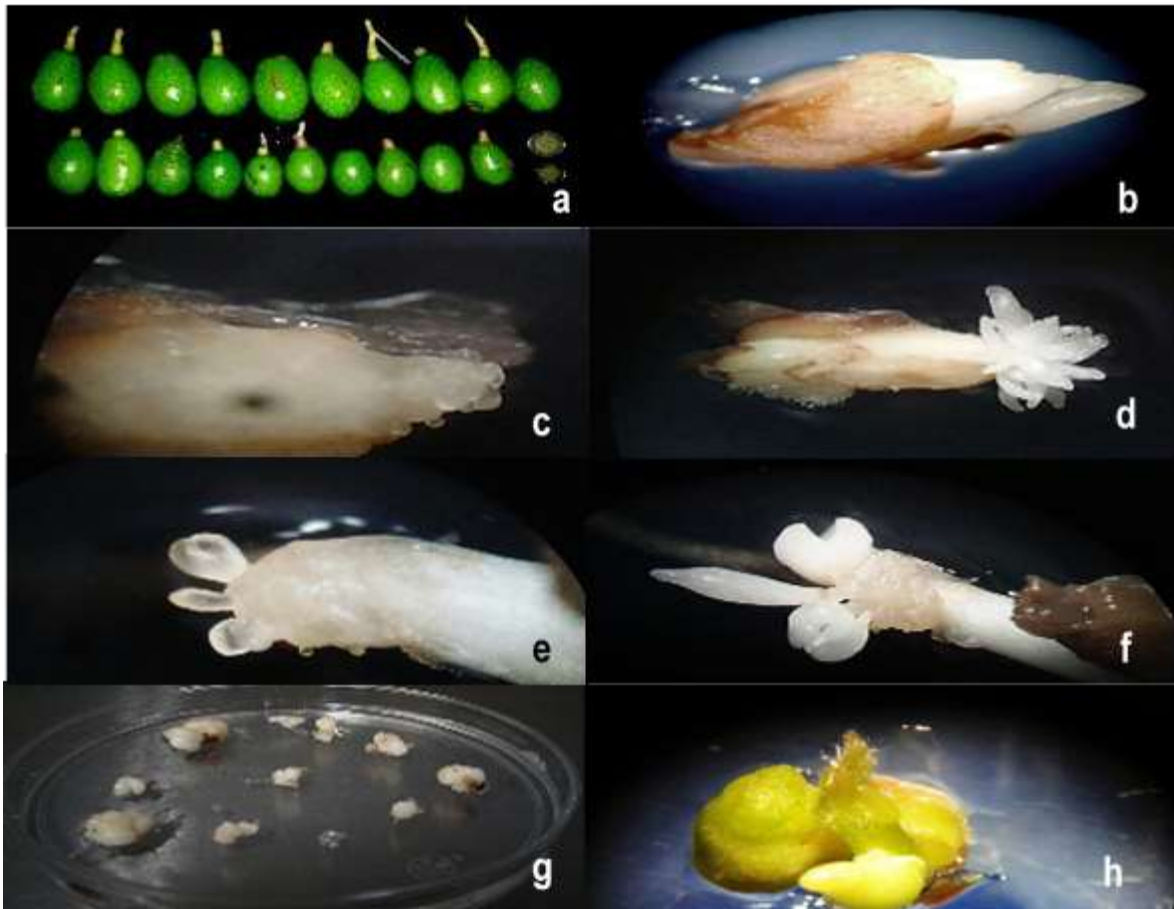
**Dr. Marco Antonio García Perea**

**Dr. Francisco Cervantes Ortiz**

**Dr. Mariano Mendoza Elos**

**M.C. Francisco Chablé Moreno**

**Dr. Jorge Covarrubias Prieto**



**Figura 1. Vía de inducción y germinación de embriones somáticos de la accesión de aguacate C. a) Frutos inmaduros de aguacate de 5-8 cm, b) Embrión zigótico, c) Embriones somáticos en etapa globular d) embriogénesis repetitiva y maduración de embriones somáticos e) Embriones somáticos en etapas corazón y torpedo de aspecto traslucido, f) embriones en etapa de maduración color blancos opacos, g) embriones somáticos maduros en medio de germinación, h) embrión con capacidad fotosintética y en etapa de germinación. (Quintero et al.,).**

## Contenido

Nancy A. Godínez-Garrido; Cesar L. Aguirre-Mancilla; Jorge A. Torres-Castillo. <b>EFFECTO DE GERMINACIÓN EN SEMILLAS DE FRIJOL RECUBIERTAS CON QUITOSANO Y FUNGICIDA SOMETIDAS A ALMACENAMIENTO.</b>	1
Nancy Janet Ochoa-Centeno; Ricardo Ernesto Preciado-Ortiz; Jorge Covarrubias-Prieto; Gricelda Vásquez-Carrillo. <b>CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN HÍBRIDOS NO CONVENCIONALES POZOLEROS ROJOS.</b>	5
Ángeles Velázquez Ordinola, Juan Gabriel Ramírez Pimentel, Cesar Leobardo Aguirre Mancilla, Juan Gabriel Angeles Núñez. <b>DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD QUITINOLÍTICA DE TRICHODERMA DURANTE LA CONFRONTACIÓN CON FUSARIUM.</b>	6
Luis Patricio Guevara Acevedo, Julio Cesar León Vargas, Gabriela Cisneros López, Marcos Emmanuel Ángel Garibaldi, Silvano Ochoa Galaz, Hugo Cesar Cisneros López. <b>RESPUESTA FUNCIONAL DE <i>Chrysoperla carnea</i> SOBRE <i>Trialeurodes vaporariorum</i> EN HOJAS DE TOMATE.</b>	7
Cañada-Coyote E.; Ramírez-Pimentel J.G; Aguirre-Mancilla C.L.; Iturriaga de la Fuente G.; Ángeles-Núñez J.G. <b>FUENTES DE CARBONO Y NITRÓGENO PARA LA PRODUCCIÓN DE ESPORAS DE <i>Nomuraea rileyi</i>.</b>	8
Villarreal-Correa Laura Amalia; Covarrubias Prieto Jorge, Raya Perez JC, Iturriaga de la Fuente G, Aguirre-Mancilla Cesar L, Ramírez-Pimentel Juan G. <b>DETECCIÓN DE MAÍZ GM EN EL ESTADO DE GUANAJUATO.</b>	9
Ortega-González C.; Iturriaga G.; Ramírez-Pimentel J.G.; García-González F.; Aguirre-Mancilla C. L. <b>DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE RNA DE SEMILLA DE CHAN (<i>Hyptis suaveolens</i>) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA BIBLIOTECA DE cDNA.</b>	10
Daniel Arnulfo Cruz Hdz; Marco Antonio García-Perea; Francisco Cervantes-Ortiz; Mariano Mendoza Elos; Enrique Andrio- Enriquez. <b>ELIMINACIÓN DEL GORGOJO PINTO O MEXICANO (<i>Z. SUBFASCIATUM</i>, BOHEMAN) EN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE FRIJOL COMÚN BAJO TRES CONTENIDOS DE HUMEDAD.</b>	11
Martha Cecilia Salgado Aguilar; José Luis Pons Hernández; Jorge Covarrubias Prieto; Juan Carlos Raya Pérez; Juan Gabriel Ramírez Pimentel; Gabriel Iturriaga de la Fuente. <b>EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A SEQUÍA EN TRES POBLACIONES DE MAÍZ.</b>	12
Luis Enrique Villalobos Zavala; Juan Gabriel Ramírez Pimentel; Jorge Covarrubias Prieto; Luis Patricio Guevara Acevedo; Luis Antonio Amaro Mariscal. <b>RESPUESTA DE CARACTERES AGRONÓMICOS Y DE RENDIMIENTO A TRATAMIENTOS DE SEMILLA, EN TRIGO DE RIEGO.</b>	13
Luis F. Zamudio-Álvarez, Mariano Mendoza-Elos, Francisco Chablé-Moreno, Jesús Frías-Pizano. <b>TRATAMIENTO DE GERMINACIÓN EN SEMILLA DE CHILE HABANERO (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).</b>	14

- Miguel A. Noriega-Carmona; Ana M. Hernández-Espitia; Francisco Cervantes-Ortiz; Ernesto Solís-Moya; Enrique Andrio-Enríquez y J. Guadalupe García-Rodríguez. **FECHA DE SIEMBRA Y SU EFECTO EN EL VIGOR INICIAL DE PLÁNTULA EN GENOTIPOS DE TRIGO.** 15
- José M. Escutia Ponce; Juan G. Ramírez Pimentel; Juan C. Raya Pérez; Jorge Covarrubias Prieto; Maricela Morales Pérez; Alberto Martínez López; Alberto Calderón Ruiz; A. Josué Gámez Vázquez; Salvador Montes Hernández. **PARÁMETROS DE ESTABILIDAD PARA CONTENIDO DE ACEITE EN GENOTIPOS DE CHÍA (*Salvia hispanica* L.).** 16
- Gerardo Rubio Andrade; Francisco Chablé Moreno; Jorge Covarrubias-Prieto; César L. Aguirre-Mancilla; Juan Carlos Raya-Pérez. **CARACTERIZACIÓN DE SEIS POBLACIONES NATIVAS DE MAÍZ POZOLERO.** 17
- Jorge Gutiérrez Tlahque; Alma Delia Hernández Fuentes; Juan Carlos Raya Pérez; Juan Gabriel Ramírez Pimentel; Rubén Jiménez Alvarado; César Uriel López-Palestina, Cesar Leobardo Aguirre Mancilla. **COMPUESTOS BIOACTIVOS PRESENTES EN TALLOS DE *Jatropha dioica* CERV. VAR. DIOIC.** 19
- Ángeles-Santos A.; Hernández-Fuentes A. D.; Ramírez-Pimentel J.G.; Raya-Pérez J.C.; Aguirre-Mancilla C.L. **EVALUACION DE COMPUESTOS BIOACTIVOS Y PROPIEDADES ANTIOXIDANTES DE LA SEMILLA DE XOCONOSTLE.** 25
- Marcos Alberto Ríos-Romero; Juan Gabriel Ramírez-Pimentel; Salvador Montes-Hernández; Marco Antonio García-Perea; Nicolás Moran-Vázquez; José Manuel Escutia-Ponce. **CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL CÁLIZ DE 14 GENOTIPOS MEXICANOS DE JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa* L.)** 32
- César U. López-Palestina; César L. Aguirre-Mancilla; Juan G. Ramirez-Pimentel; Juan C. Raya-Pérez; Jorge Gutiérrez Tlahque; Rubén Jiménez-Alvarado; Alma D. Hernández-Fuentes. **CONTENIDO DE LICOPENO,  $\beta$ -CAROTENO Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN ENCAPSULADOS DE JUGO DE TOMATE.** 43
- Adriana Paola Martínez-Camacho; Gabriel Iturriaga-de la Fuente; Juan Gabriel Ramírez-Pimentel; Juan Carlos Raya-Pérez. **REGENERACIÓN *IN VITRO* DE CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annum* L.).** 50
- Francisco Xavier Mojica Rodríguez; Irma Bernal Lugo; Juan Gabriel Ramírez Pimentel; César Leobardo Aguirre Mancilla; Gabriel Iturriaga de la Fuente; Juan Carlos Raya Pérez. **IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DE PÉPTIDOS PROVENIENTES DE SEMILLA DE MELÓN (*Cucumis melo* L.).** 56
- Sánchez Zepeda María Fernanda; Vega Álvarez Luz María; Juárez Rodríguez Verónica Melisa; Vázquez Álvarez Lizbeth Berenice; Figueroa Rivera María Guadalupe; Duran Hernández Nabor. **EVALUACIÓN TÉCNICO Y ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE ARÁNDANOS FRESCOS EN GUANAJUATO.** 65

- Ana Karen Martínez-Martínez, Manuel Alejandro Coyote-Islas, Cinthya Cecilia Piña-Bernal, Jorge Alberto González-Mendoza, Estéfana Alvarado-Bárcenas. **ELABORACIÓN DE ALIMENTOS CON ELEVADO CONTENIDO DE PROTEÍNA.** 66
- Blanca Cecilia López Ramírez; José Porfirio González Farías; Francisco Chablé Moreno; Mariana Rojas Delgado; Mariana Sarai Quintana Chimal; Julieta Monroy Aguirre. **SIMULACIÓN DE CRECIMIENTO DEL CHILE HABANERO MEDIANTE EL ESTUDIO DE VARIABLES DETERMINANTES.** 70
- Guadalupe López-Buenabad; Juan Carlos Raya-Pérez, César L. Aguirre-Mancilla, Gabriel Iturriaga, Jorge Covarrubias-Prieto, Juan Gabriel Ramírez-Pimentel. **VALIDACIÓN DE UN PROTOCOLO DE EXTRACCIÓN DE RNA DE SEMILLAS DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.) PARA ANÁLISIS DE EXPRESIÓN GÉNICA.** 72
- Quintero-Jiménez A., Aguirre-Mancilla C. L., Raya-Pérez J. C., Ramírez-Pimentel J. C., Heredia-García E., Iturriaga-de la Fuente G. **OBTENCIÓN DE EMBRIONES SOMÁTICOS DE AGUACATE (*Persea americana*).** 77
- Suaste-Franco María del Pilar; Iturriaga de la Fuente Gabriel, Mariscal-Amaro Luis Antonio; Solís Moya Ernesto. **RESPUESTA DE GERMOPLASMA DIVERSO PREMEJORADO DE TRIGO HARINERO A *F. proliferatum* BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.** 83
- Carlos Alberto Ramírez Mandujano; Juan Carlos González Cortés. **ASOCIACIÓN GENÉTICA ENTRE CARACTERES DE MAÍZ DE CICLO LARGO FORZADO A CICLO CORTO.** 84
- Carlos Alberto Ramírez Mandujano; Juan Carlos González Cortés; Eduardo Damián García Martínez; Jorge Luis Gómez Villa. **ASOCIACIÓN ENTRE CARACTERES DE VIGOR DE PLÁNTULA DE MAÍZ.** 85
- Fernando García-González; Gabriel Iturriaga-de-la-Fuente; Juan Carlos Raya-Pérez; Alejandro Blanco-Labra; Juan Gabriel Ramírez-Pimentel; César L. Aguirre-Mancilla. **ÍNDICE DE MORTALIDAD DE *Prostephanus truncatus* EN GRANO DE SOYA .** 86
- Montoya-Jasso-Víctor M.; Gámez-Vázquez-Alfredo J.; Aguirre-Mancilla-César L.; Cervantes-Ortiz-Francisco; Ávila-Perches-Miguel Á. y Morán-Vázquez-Nicolás. **RENDIMIENTO Y CALIDAD FÍSICA DE SEMILLA DE AVENA (*Avena sativa* L.) EN DISTINTAS FECHAS DE SIEMBRA.** 93
- Carlos Alberto Bárcenas Vizcaya; Carlos Antonio Moncada Mendoza; Alejandra Romero Ledesma; Abigail Ángeles de la Cruz; Salvador Montero Ramos; Enrique León Apolinar; Brando Álvarez Mandujano; Erandi Natalia García Vázquez; Vianney Montoro Torres; Luis Alberto Noriega González. **PRODUCTIVIDAD EN SEIS VARIEDADES DE SORGO BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL.** 94
- Diana Abigail Mendoza Ferrer, Luis Patricio Guevara Acevedo, Julio Cesar León Vargas, Andree Mariel Santa Rosa Martinez, José Manuel Bautista Medina. **EFFECTO DE LA FERTILIZACION FOLIAR EN PARAMETROS AGRONOMICOS EN PLÁNTULAS DE BROCOLI (*Brassica oleracea*).** 95

Tarsicio Medina Saavedra; Gabriela Arroyo Figueroa; Carlos H. Herrera Méndez; José Juan Serrato Lopez. <b>MICROORGANISMOS DE MONTAÑA Y AZOSPIRILLUM BRASILENSIS EN DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE REPOLLO.</b>	96
Hugo César Cisneros López; Alfredo Sandoval Escamilla; Luis Patricio Guevara Acevedo y Francisco Cervantes Ortiz. <b>EFFECTO DE LA FERTILIZACION FOLIAR ORGÁNICA EN PARÁMETROS AGRONÓMICOS EN EL CULTIVO DE FRIJOL (<i>Phaseolus vulgaris</i> L).</b>	104
María Evelyn Arteaga serna; Davino Pérez Mendoza; Daniel Rodríguez Mercado; Carlos Pacheco Campia; Enrique Andrió Enríquez; Rosa Elvira Sandoval Silos. <b>DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA A PARTIR DE PERIODOS DE RETORNO PARA CUBRIR NECESIDADES DE RIEGO EN HORTALIZAS.</b>	105
Mario Pérez Baltazar; Davino Pérez Mendoza; Daniel Rodríguez Mercado; Enrique Andrió Enríquez; Rosa Elvira Sandoval Silos. <b>EVALUACIÓN DE FERTILIZANTES FOLIARES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS EN JITOMATE BAJO INVERNADERO.</b>	106
Celene Quintero Cervera; Davino Pérez Mendoza; Francisco Cervantes Ortiz; Daniel Rodríguez Mercado; Rosa Elvira Sandoval Silos; Miguel Alier Areas. <b>EVALUACIÓN DE DIFERENTES FERTILIZANTES FOLIARES Y SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE SALADETTE (<i>Solanum lycopersicum</i>) BAJO INVERNADERO.</b>	107
María de los Milagros Romero Núñez, Oscar A. Grageda-Cabrera, Sarahyt S. González Figueroa, Susana E. Preciado Rios, Manuel Jeronimo Arriaga. <b>EFFECTOS DE DIVERSAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS SOBRE LAS POBLACIONES MICROBIANAS DEL SUELO.</b>	108
José de Jesús Tovar López; Davino Pérez Mendoza; Raúl Rene Robles Lacayo; José Eduardo Ruiz Escobar; Rosa Elvira Sandoval Silos. <b>USO EFICIENTE DEL AGUA EN DIFERENTES VOLUMENES DE TEZONTLE EN LA PRODUCCIÓN DE PEPINO BAJO INVERNADERO.</b>	109
Andrée Mariel Santa Rosa Martinez; Luis Patricio Guevara Acevedo; Julio Cesar León Vargas; Diana Abigail Mendoza Ferrer. <b>EFFECTO DE ACTIVADORES FISIOLÓGICOS Y ALGAENZIMAS EN PLANTULAS DE TOMATE DE CASCARA (<i>Physalis ixocarpa</i> L.).</b>	110
Alier Miguel Muñoz Arias, Javier Alejandro Velázquez Mandujano. <b>RESPUESTA FUNCIONAL DE <i>Chrysoperla carnea</i> sobre <i>Bactericera cockerelli</i>.</b>	111
Julio Cesar León Vargas, Luis Patricio Guevara Acevedo, Francisco Cervantes Ortiz, Ernesto Cerna Chávez, Hugo Cesar Cisneros López, Daniel Mercado Rodríguez. <b>DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A INSECTICIDAS EN DOS POBLACIONES DE <i>Spodoptera fugiperda</i> (J. E. Smith).</b>	112
Abraham Jiménez-Camargo; Axel Tiessen-Favier; Oscar Grageda-Cabrera; Gabriel Iturriaga; Juan G. Ramírez-Pimentel; Cesar L. Aguirre-Mancilla. <b>ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DIVERSIDAD DE HONGOS EN EL SUELO BAJO SISTEMA DE LABRANZA CONVENCIONAL Y HUERTOS EN CELAYA, GTO.</b>	103

- Luis Patricio Guevara Acevedo, Julio Cesar León Vargas, Gabriela Cisneros López, Marcos Emmanuel Ángel Garibaldi, Silvano Ochoa Galaz, Hugo Cesar Cisneros López. **RESPUESTA FUNCIONAL DE *Chrysoperla carnea* SOBRE *Trialeurodes vaporariorum* EN HOJAS DE TOMATE.** 122
- Zárate-Castrejón J. L.; Montero-Tavera V.; Ramírez-Pimentel J. G.; Raya-Pérez J. C.; E. Solís Moya, Aguirre-Mancilla C. L. **ANÁLISIS ELECTROFORÉTICO DE PROTEÍNAS EN HOJA DE TRIGO SUSCEPTIBLE Y RESISTENTE A ROYA AMARILLA (*Puccinia striiformis*).** 123
- Torres-Salgado Adriana, Raya-Pérez Juan Carlos, Covarrubias-Prieto Jorge, Aguirre-Mancilla Cesar Leobardo; García-Perea Marco Antonio; Ramírez-Pimentel J. Gabriel. **IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA Y MOLECULAR DE *FUSARIUM VERTICILLIODES* EN MAZORCA DE MAÍZ TUXPEÑO.** 125
- Oscar A. Grageda-Cabrera; Emmanuel Fernandez Cruz; Susana E. Preciado Ríos; Sarahyt S. González Figueroa; Montserrat G. Damián Aguilera. **VIABILIDAD DE ESPORAS DE *Rhizophagus intraradices* CONSERVADAS EN MEDIO SÓLIDO Y LÍQUIDO ALMACENADAS A DIFERENTES TEMPERATURAS.** 130
- Diego Alejandro Molina Sosa, Frey Alfonso Santamaría Buitrago, Jimmy Yordany Ardila Muñoz, Blanca C. López, María E. Gallardo. **MEJORA DE LA PRÁCTICA EDUCATIVA EN LICENCIATURA EN INFORMÁTICA Y TECNOLOGÍA DE LA COMUNICACIÓN.** 140
- César U. López-Palestina; César L. Aguirre-Mancilla; Juan G. Ramirez-Pimentel; Juan C. Raya-Pérez; Jorge Gutiérrez Tlahque; Rubén Jiménez-Alvarado<sup>2</sup>; Alma D. Hernández-Fuentes. **CONTENIDO DE LICOPENO,  $\beta$ -CAROTENO Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN ENCAPSULADOS DE JUGO DE TOMATE.** 141
- Sánchez Zepeda María Fernanda; Vega Álvarez Luz María; Juárez Rodríguez Verónica Melisa; Vázquez Álvarez Lizbeth Berenice; Figueroa Rivera María Guadalupe; Duran Hernández Nabor. **EVALUACIÓN TÉCNICO Y ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE ARÁNDANOS FRESCOS EN GUANAJUATO.** 149
- Soraya Yenile Sánchez Chavita, Claudia Liliana Sánchez Sáenz, María Eugenia Gallardo, Blanca Cecilia López. **PENSAMIENTO CRÍTICO EN LA FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION Y LAS COMUNICACIONES.** 150
- Diego Alejandro Molina Sosa, Mg. Frey Alfonso Santamaría Buitrago, Jimmy Yordany Ardila Muñoz<sup>3</sup>, Dra. Blanca López, María Gallardo. **COMO MEJORAR LAS PRÁCTICAS EDUCATIVAS EN LA LICENCIATURA EN INFORMÁTICA Y TECNOLOGÍA.** 151
- Mendoza-Sánchez, M. de J., Ramírez-Pimentel, J. G., Mendoza-Sánchez, M. **CALIDAD FISIOLÓGICA Y COMPOSICIÓN POLIFENÓLICA DE TRES VARIEDADES DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.)** 152
- Martha Juana Navarro León; Gabriel Ramírez Pimentel; Luis Pérez Moreno; Cesar Leobardo Aguirre Mancilla; Ma. Fabiola León Galván; Jorge Covarrubias Prieto; Bertha Sánchez García; Erika Cañada Coyote; Francisco Xavier García Segovia; Raya Pérez Juan Carlos. **MORFOLOGIA** 157

**E INCIDENCIA DE BACTERIAS FITOPATOGENAS AISLADAS EN CULTIVO DE AJO EN CELAYA, GUANAJUATO.**

Mario Zavala García; Jorge Covarrubias Prieto; Elena Heredia García; Juan Carlos Raya Pérez; Víctor Olalde Portugal. **CONTROL BIOLÓGICO DEL QUEMADO DE LAS PUNTAS DE LAS HOJAS *Alternaria* spp EN EL CULTIVO DE AJO (*Allium sativum* L.)** 165

Adriana Basilio-Apolinar, Gabriel Iturriaga, J. Gabriel Ramírez-Pimentel, Cesar L. Aguirre Mancilla; Jorge Covarrubias-Prieto; Juan Carlos Raya-Pérez. **AISLAMIENTO DE TRANSPORTADORES DE SILICIO EN PLANTAS DE CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annuum* L.) SOMETIDAS A ESTRÉS BIOTICO Y ABIOTICO** 173

Jonathan Ramírez Rosas; Roberto Aramburo Flores; Cesáreo Hernández Alfaro; Gabriel Ramírez Pimentel; Blanca Cecilia López Ramírez. **ANÁLISIS GENÓMICO A TRAVÉS DE HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS.** 185

J. Guadalupe-López; Francisco Cervantes-Ortiz; Enrique Andrio-Enríquez; Mariano Mendoza-Elos. **CARACTERES AGRONOMICOS Y DE RENDIMIENTO EN MAÍCES CRIOLLOS MEJORADOS** 186

Alberto Martínez López; Juan Gabriel Ramírez Pimentel; Salvador Montes Hernández; Marco Antonio García Perea; Juan Carlos Raya Pérez; José Manuel Escutia Ponce; Alberto Calderón Ruiz. **EFFECTO DE LAS FECHAS DE SIEMBRA SOBRE EL RENDIMIENTO DE LA CHIA (*Salvia hispanica* L.)** 187

Ledesma Ramírez Lourdes, Solís Moya Ernesto, Iturriaga de la Fuente, Singh Sukhwinder, Aguirre Mancilla Cesar Leobardo y Ramírez Pimentel Juan Gabriel. **CARACTERÍSTICAS DE LINEAS DE TRIGO GENERADAS PARA RESISTENCIA A CALOR Y SEQUÍA** 197

Oscar A. Grageda Cabrera; Manuel Jeronimo Arriaga; Sarahyt S. González Figueroa; Laura A. Ventura Araiza; Susana E. Preciado Ríos, Juan Carlos Raya Perez. **EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE HONGOS VESÍCULO ARBUSCULAR (HVA) SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN SORGO** 206

Sarahyt S. González Figueroa; Oscar A. Grageda Cabrera; Jorge Covarrubias Prieto; Cesar L. Aguirre Mancilla; Juan C. Raya Pérez; José Cueto Wong. **POBLACIONES MICROBIANAS EN DISTINTOS SISTEMAS DE LABRANZA Y ROTACIÓN DE CULTIVOS EN EL CUARTO CICLO DE SIEMBRA** 215

Ana Eugenia Rangel Castillo; Juan Manuel García Andrade; Cesar Leobardo Aguirre Mancilla; Juan Gabriel Ramírez Pimentel<sup>1</sup>; Gabriel Iturriaga de la Fuente. **DETERMINACIÓN DE LA DOSIS LETAL MEDIA (DL<sub>50</sub>) CON COBALTO<sup>60</sup> EN SEMILLAS DE CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annuum* L.)** 223

Cabrera-Becerra, M.K.V.; Di Pierro, P.; García-Almendárez, B.E.; Escamilla-García, M.; Amaro-Reyes, A; Regalado-González, C. **ELABORACIÓN DE UNA PELÍCULA COMESTIBLE UTILIZANDO COMPLEJOS PROTEÍNA DE CHÍCHARO- QUITOSANO ENTRECruzADOS ENZIMÁTICAMENTE CON TRANSGLUTAMINASA** 229



- Alberto Calderón-Ruíz; Juan C. Raya-Pérez; Marco A. García-Perea; César L. Aguirre-Mancilla;  
José M. Escutia-Ponce y Salvador Montes-Hernández. **SIMILITUD DE CARACTERES  
MORFOLÓGICOS EN PLANTAS CULTIVADAS Y SILVESTRES DE CHÍA (*Salvia hispanica* L.)** 239
- Job Amigón Juárez; Leticia Rodríguez Zárate; Francisco Cervantes Ortiz; Mariano Mendoza  
Elos; J. Gpe García Rodríguez; Enrique Andrio Enriquez; Hugo C. Cisneros Lopez. **VIGOR  
INICIAL DE PLÁNTULA EN HÍBRIDOS NO CONVENCIONALES DE MAÍZ (*Zez mays*)** 248

## **EFFECTO DE GERMINACIÓN EN SEMILLAS DE FRIJOL RECUBIERTAS CON QUITOSANO Y FUNGICIDA SOMETIDAS A ALMACENAMIENTO**

**Nancy A. Godínez-Garrido<sup>1</sup>; Cesar L. Aguirre-Mancilla<sup>1</sup>; Jorge A. Torres-Castillo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque, División de Estudios de Posgrado e Investigación. km 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, C.P. 38110, Celaya, Gto. <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas – Instituto de Ecología Aplicada, División del Golfo 365, Col. Libertad, 87019, Ciudad Victoria, Tamaulipas. e-mail: jorgearieltorres@hotmail.com

### **RESUMEN**

Se presenta el desarrollo de formulaciones para recubrimientos de semilla basadas en quitosano en mezcla con un agente fungicida (Ziram®) aplicadas a maíz y frijol en condiciones comerciales. Los tratamientos fueron: testigo-semilla sin tratamiento (T1); fungicida Ziram® (f.z.) (T2); quitosano 0.2% (T3); quitosano 0.5% (T4); quitosano 0.2% + f.z. (T5) y quitosano 0.5% + f.z (T6). Este experimento se realizó con el objetivo de seleccionar el mejor tratamiento para la germinación de semillas después de haber sido almacenadas durante seis meses, en el cual se evaluó el porcentaje de germinación y la velocidad de emergencia de las semillas con respecto al tiempo de almacenamiento. Se encontró que los tratamientos no afectaron las características de las semillas y además se observó que el quitosano mostró un efecto estimulante para la germinación.

### **SUMMARY**

Development of seed coatings formulations based on chitosan in mixture with a fungicide agent (Ziram®) applied to maize and beans is presented. Treatments were designed as follows: control-seed without treatment (T1); Fungicide Ziram® (f.z.) (T2); Chitosan 0.2% (T3); Chitosan 0.5% (T4); Chitosan 0.2% + f.z. (T5) and chitosan 0.5% + f.z (T6). This experiment was done to select the best treatment for seed germination after storage for six months, where the percentage of germination and seed emergence speed were evaluated in relation to the storage period. Treatments did not affect the seeds and it was observed to the chitosan as a stimulant of germination.

### **INTRODUCCIÓN**

Los daños ocasionados por las plagas y enfermedades durante el almacenamiento impactan negativamente la condición física y fisiológica de las semillas; la aplicación de tratamientos preventivos se ha convertido en un procedimiento para contrarrestar este problema. En México no existen cifras exactas del volumen que se pierde de granos y semillas; sin embargo, se calcula que anualmente se pierde entre el 5% y el 25% de la producción total de los granos básicos del país (Hernández y Carballo, 2014). El uso de recubrimientos constituye una alternativa para la disminución de los ataques bióticos, pudiendo llegar a competir con las prácticas tradicionales. El uso de polímeros en conjunto con agroquímicos ha permitido el desarrollo de tecnologías para la protección de plantas; no obstante, la naturaleza del polímero tendrá una influencia marcada en las respuestas del cultivo. Uno de los polímeros más versátiles que ha sido incorporado recientemente al área agrícola es el biopolímero denominado genéricamente como quitosano, el cual es un producto de la hidrólisis parcial de la quitina. Algunos de sus derivados presentan muchas ventajas en el área agrícola, principalmente en el manejo de plagas, lo cual se asocia con su amplio espectro de actividades, incluyendo las propiedades

antimicrobianas y la inducción de defensas endógenas, lo cual conduce a bajos índices de infestación (Sampaio *et al.*, 1992; Caprile, 2005; Lárez, 2008).

## MATERIALES Y METODOS

*Localización del experimento:* El presente trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Sanidad de semillas del área de Posgrado del Instituto Tecnológico de Roque, km. 8 carretera Celaya-Juventino Rosas, 38110, Celaya, Guanajuato, México.

### **Materiales**

*Phaseolus vulgaris* L. Frijol pinto americano. Sus características agronómicas son: tipo de planta guía corta, semilla café claro con un tamaño mediano, su ciclo vegetativo es de 80 a 95 días, con un rendimiento potencial en temporal de 1000 kg ha<sup>-1</sup> y en riego de 1500 kg ha<sup>-1</sup>; esta semilla fue cosechada en el ciclo primavera verano del 2015, en el municipio de Villa de Arista, San Luis Potosí; Quitosano: obtenido a partir de quitina de camarón mediante desacetilación termoalcalina, concentrado al 35% y un peso molecular superior a 30 kDa.; Fungicida Ziram® (FMC Agroquímica de México, Zapopan, Jalisco, México)

Para este experimento se formuló un diseño completamente al azar con seis tratamientos, para lo cual se requirió de un arreglo factorial de A x B x C, con cuatro repeticiones, considerando el factor A: los tratamientos, el factor B: las horas de muestreo y el factor C: los meses muestreados. La unidad experimental fue: para cada tratamiento se requirieron 25 semillas, con tres repeticiones cada uno y a su vez cada tratamiento fue evaluado durante seis meses; trabajándose con 450 semillas. Para la preparación de las semillas, fue necesario desinfectarlas de acuerdo a la metodología de la ISTA (2014); el recubrimiento se realizó mediante inmersión de los tratamientos de la siguiente manera: testigo-semilla sin tratamiento (T1); fungicida Ziram® (f.z.) (T2); quitosano 0.2% (T3); quitosano 0.5% (T4); quitosano 0.2% + f.z. (T5) y quitosano 0.5% + f.z (T6). Después del recubrimiento se colocaron dentro de una campana de flujo laminar para evitar la contaminación y se dejaron secar 48 h a temperatura ambiente. Finalmente se formaron paquetes de 25 semillas con las repeticiones para cada tratamiento dentro de sobres de papel encerado especial para semillas debidamente rotulados. Todas las bolsas con semillas almacenaron a  $\pm 5$  °C para posteriormente evaluar su germinación cada mes durante seis meses.

Las pruebas de germinación se realizaron de acuerdo a la metodología de la ISTA (2014) en una cámara de germinación a 25 °C El parámetro a evaluar fue la radícula emergida de las semillas para determinar el porcentaje de germinación. Para ello se muestreó cada 24 h durante un periodo de 96 h y se reportó la cantidad de las semillas germinadas acumuladas. Los datos obtenidos de los experimentos se sometieron al análisis de varianza y la prueba de comparación de medias DMS utilizando el paquete estadístico Statistical Analysis System versión 9.2 (SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La variable de germinación mostró una clara diferencia estadística para los tratamientos T2, T4 y T5 obtuvieron el mayor porcentaje de germinación, donde, con base al tratamiento se observó un estímulo en la germinación de la semilla según la concentración del quitosano (caso T4) y conjugación con el fungicida Ziram® (T 4 y T5) mostrando ser los mejores (Cuadro 1); aunque el resto de los tratamientos no presentó el estímulo, este no ocasionó un efecto negativo en la germinación. Todos

los tratamientos fueron superiores al testigo, lo que muestra que los tratamientos aplicados fueron efectivos en incrementar la germinación.

Cuadro 1: Comparación de medias entre tratamientos

Tratamientos	Frijol pinto americano	
	G (%)	
1	14.18	C
2	15.58	A
3	15.35	B
4	16.3	A
5	16.06	A
6	15.54	B
DMS	0.43	
CV (%)	6.65	

DMS: Diferencia Mínima Significativa

<sup>z</sup> Medias con la misma letra de la columna indica que son estadísticamente iguales según la prueba de DMS (P<0.05)

En el caso de semillas almacenadas en condiciones no favorables o bien sin tratamiento se ha observado una disminución del vigor, pues produjeron plántulas débiles que fueron incapaces de sobrevivir en determinado hábitat (Bishaw *et al.*, 2007). Por el contrario, Pérez y Báez (2003) describen en su trabajo que los recubrimientos forman una barrera en la superficie del producto, provocando un cambio en la composición gaseosa interna, disminuyendo así la tasa de respiración y por consiguiente, prolongando la vida postcosecha del producto. Este experimento muestra la estimulación que ejerce el quitosano sobre las semillas usadas, lo cual está de acuerdo con los trabajos de Sathiyabama *et al.* (2016), Xing *et al.* (2015), entre otros, donde se remarca la bioestimulación del quitosano. En este contexto, González-Peña *et al.* (2014) mencionan que en semillas de tomate embebidas y posteriormente asperjadas con quitosano se promovió un incremento en la raíz y la parte aérea. Zeng *et al.* (2012) expusieron en su trabajo que el recubrimiento con quitosano en semillas de soya aceleró la germinación, crecimiento de plantas y promovió el rendimiento hasta en un 5 %.

## CONCLUSIONES

Se pudo observar que no hubo efectos negativos en la germinación de las semillas; en los tratamientos T2, T4 y T5 se recomiendan para una germinación pronta y uniforme, asociada al efecto estimulante del quitosano en combinación con el fungicida Ziram®. El quitosano aplicado a las semillas tuvo un efecto benéfico sobre el almacenamiento bajo condiciones de frío, ya que su presencia se relacionó con una germinación uniforme de las semillas.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Instituto Tecnológico de Roque, al postgrado en la Maestría Ciencias en Producción y Tecnología de Semillas, así como a la Universidad Autónoma de Tamaulipas y al Instituto de Ecología Aplicada.

## LITERATURA

Bishaw Z., A. Niane, and Y. Gan, 2007. Quality seed production. *In*: Lentil: An ancient crop for modern times. Yadav, S. S., McNeil, D. and Stevenson, P. C. (e Kong ds.) Springer Verlag. 349-383 p.

Caprile M. D. 2005. Obtención y Utilización de Quitina y Quitosano a partir de desechos de crustáceos. En libro de resúmenes del Congreso Mundial ISWA: "Hacia un sistema integral de residuos sólidos urbanos". Centro de exposiciones de la rural, Buenos Aires. 6 p.

González-Peña D., D. Costales, y A. B. Falcón. 2014. Influencia de un polímero de quitosana en el crecimiento y la actividad de enzimas defensivas en tomate (*Solanum lycopersicum L.*) Revista Cultivos Tropicales. 35: 35-42.

Hernández J.A. y A. Carballo. 2014. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Subsecretaría de Desarrollo Rural Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. Colegio de Postgraduados, México. 8 p.

International Seed Testing Association (ISTA) 2014 "International rules for seed testing". Seed Sci. and Technol. 4: 3-177.

Lárez C. 2008. Algunas potencialidades de la quitina y el quitosano para usos relacionados con la agricultura en Latinoamérica. Revista UDO Agrícolas. 1: 1-22.

Pérez B. y R. Báez. 2003. Utilización de ceras comestibles en la conservación de frutas. Revista de tecnología e Higiene de los Alimentos. 345: 59-65

Sampaio N. V., T. G Sampaio, y J. M. D. Altisent. 1992. Recubrimiento de semillas. Revista agropecuaria. 715: 138-144.

Sathiyabama M., N. Bernstein, y S. Anusuya. 2016. Chitosan elicitation for increased curcumin production and stimulation of defence response in turmeric (*Curcuma longa L.*). Journal Industrial Crops & Products. 89: 87-94.

Xing K., X. Zhu, X. Peng, & S. Qin. 2015. Chitosan antimicrobial and eliciting properties for pest control in agriculture: a review. Journal Agronomy for Sustainable Development. 35: 569-588.

Zeng D., X. Luo, & R. Tu. 2012. Application of bioactive coatings based on chitosan for soybean seed protection. International Journal of Carbohydrate Chemistry. 2012: 104565-104570.

## **CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN HÍBRIDOS NO CONVENCIONALES POZOLEROS ROJOS**

Nancy Janet Ochoa-Centeno; Ricardo Ernesto Preciado-Ortiz; Jorge Covarrubias-Prieto<sup>3</sup>; Gricelda Vásquez-Carrillo.

<sup>1</sup>Tesista de posgrado, Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto; <sup>2</sup>Investigador INIFAP-CEBAJ, Celaya, Gto; <sup>3</sup>Profesor-Investigador, Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto; <sup>4</sup>Investigador INIFAP-CEVAMEX, Texcoco, Edo. de México. \*Autor responsable: [cynan\\_8a@hotmail.com](mailto:cynan_8a@hotmail.com)

### **RESUMEN**

El maíz de color tiene diferentes pigmentos con capacidad antioxidante que puede ser muy beneficioso para la salud humana. Estas tonalidades de colores se deben a las antocianinas, uno de los principales grupos de pigmentos vegetales visibles al ojo humano. Hay una clara relación entre el contenido de pigmento y la capacidad antioxidante. Se ha reportado que un mayor contenido de compuestos de pigmento en granos de maíz se asocia a una mayor capacidad antioxidante. Con el objetivo de identificar los híbridos con mayor capacidad antioxidante, se determinó el contenido de antocianinas (AT) en 28 híbridos no convencionales pozoleros rojos, así como su color en grano (L croma) y harina (L croma). El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los híbridos en AT y significancia estadísticas dentro de los híbridos. El híbrido no convencional con mayor AT fue de 342.94 mg/Kg. Para el color en grano y harina (L croma) hubo variabilidad entre los híbridos y variabilidad reducida dentro de los híbridos no convencionales. El color en el grano (L croma) tuvo un promedio 48.5; el color de harina tuvo un promedio de 82.29. Esto indica mayor concentración de pigmento en el grano. Los híbridos con alto contenido de antocianinas son una materia prima para elaborar productos alimenticios altos en antioxidantes.

**Palabras clave:** *Color, Zea mays, antocianinas*

## DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD QUITINOLÍTICA DE TRICHODERMA DURANTE LA CONFRONTACIÓN CON FUSARIUM

Ángeles Velázquez Ordinola<sup>1\*</sup>, Juan Gabriel Ramírez Pimentel<sup>1</sup>, Cesar Leobardo Aguirre Mancilla<sup>1</sup>, Juan Gabriel Angeles Núñez<sup>2</sup>

Instituto Tecnológico de Roque. Celaya Guanajuato. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Celaya Guanajuato. Autor de correspondencia: [angeles.gabriel@inifap.gob.mx](mailto:angeles.gabriel@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

Una alternativa efectiva para el control de patógenos es *Trichoderma*, debido a que posee diferentes mecanismos de acción, como micoparasitismo, segregación de micotoxinas y enzimas líticas como quitinasas involucradas en la actividad micoparasítica ya que provoca lisis celular de hongos fitopatógenos. Durante la confrontación de los microorganismos benéfico y patógeno se observó inhibición en un 99% por parte de *Trichoderma* a pesar de la ventaja de desarrollo que presentaba *Fusarium*. Además, que *Trichoderma* segrega quitinasa durante su desarrollo, sin embargo, durante la confrontación incrementa su actividad quitinolítica, observando que después de siete de haber extraído la quitinasa conserva su actividad.

### SUMMARY

An effective alternative for the control of pathogens is *Trichoderma*, because it has different mechanisms of action, such as mycoparasitism, segregation of mycotoxins and lytic enzymes as chitinases involved in the myoparasitic activity since it provokes cellular lysis of phytopathogenic fungi. During the confrontation of beneficial and pathogenic microorganisms, inhibition was observed in 99% by *Trichoderma* despite the developmental advantage of *Fusarium*. In addition, *Trichoderma* secretes chitinase during its development, however, during the confrontation increases its chitinolytic activity, observing that after seven of having extracted the chitinase retains its activity.

Palabras clave: *Trichoderma*, inhibición, quitinasa.

**RESPUESTA FUNCIONAL DE *Chrysoperla carnea* SOBRE *Trialeurodes vaporariorum* EN HOJAS DE TOMATE**

Luis Patricio Guevara Acevedo<sup>1§</sup>, Julio Cesar León Vargas<sup>2</sup>, Gabriela Cisneros López<sup>1</sup>, Marcos Emmanuel Ángel Garibaldi<sup>3</sup>, Silvano Ochoa Galaz<sup>1</sup>, Hugo Cesar Cisneros López<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de [Roque, Celaya, Gto.](#) <sup>2</sup>[Estudiante de posgrado](#)<sup>3</sup>, [Estudiante de Ilicenciatura.](#)  
<sup>§</sup>[Autor para correspondencia: lpguevara@itroque.edu.mx](mailto:lpguevara@itroque.edu.mx)

**RESUMEN**

Se evaluó la respuesta funcional de larvas de segundo estadio de *Chrysoperla carnea* sobre el segundo estadio ninfal de *Trialeurodes vaporariorum* en hojas de tomate bajo condiciones controladas. Se usaron tres cuadros de acrílico; el primero fue completamente liso donde se colocó una hoja de pimiento, el segundo y tercer cuadro contaban con una perforación en el centro con un diámetro de dos centímetros para colocar las presas y el depredador, al tercer cuadro 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. Para la implementación del experimento se utilizaron 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 y 128 densidades de presas con 15 repeticiones para cada densidad y un depredador en ayunas por 24 h por cada repetición, los cuadros fueron sujetos con ligas y colocados en charolas provistas de una almohadilla de algodón saturado de agua, las cuales se mantuvieron en una cámara ambiental en 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 y 48 h. Para obtener el tipo y parámetros de la respuesta funcional se ajustaron los datos obtenidos a los modelos de respuesta funcional tipo II de Holling (1959). Los resultados mostraron que los valores estimados por el modelo de Holling se adaptó a los valores observados en la investigación, teniendo una tasa promedio de ataque de larvas de segundo estadio de *C. carnea* de 4.97 ninfas de segundo estadio de *B. cockerelli*.

**Palabras clave:** *Paratrioza*, *Chrysoperla carnea*, depredación, tasa instantánea de descubrimiento



## FUENTES DE CARBONO Y NITRÓGENO PARA LA PRODUCCIÓN DE ESPORAS DE *Nomuraea rileyi*

Cañada-Coyote E.<sup>1</sup>; Ramírez-Pimentel J.G<sup>1</sup>; Aguirre-Mancilla C.L.<sup>1</sup>; Iturriaga de la Fuente G.<sup>1</sup>; Ángeles-Núñez J.G<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Roque. Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Apartado Postal 508, C. P. 38110 Celaya, Guanajuato. <sup>2</sup> Campo Experimental Bajío, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 6.5 Carretera Celaya – San Miguel de Allende. Apartado Postal 112. Celaya, Guanajuato, 38110, México. Autor para correspondencia: angeles.gabriel@inifap.gob.mx

### RESUMEN

En la actualidad, se busca minimizar los efectos ambientales adversos ocasionados por la producción agrícola, para ello se desarrollan estrategias de biocontrol a través de sustancias biodegradables y la acción de microorganismos benéficos. En esta última, la principal dificultad se ha presentado en la producción de unidades de aplicación, particularmente en el caso de hongos se busca la producción masiva de esporas que puedan tolerar la manipulación, almacenaje y aplicación en el terreno agrícola. Se evaluó el efecto de seis fuentes de carbono y tres fuentes de nitrógeno en medios de cultivo líquido suplementados con sales para la producción de esporas de *Nomuraea rileyi*, en todos los medios de cultivo se produjo micelio, sin embargo la mayor concentración de esporas se obtuvo en el medio que contenía sacarosa y leche en polvo como fuente de carbono y nitrógeno respectivamente con  $7.4 \times 10^7$  esporas/mL, seguido del medio suplementado con jugo V8 y leche de soya con una producción de esporas de con  $4.95 \times 10^7$  esp/mL.

**Palabras claves:** Control biológico, *Nomuraea rileyi*, espora, medios líquidos

### ABSTRACT

After many years of adverse effects derived of agricultural production, it is necessary searching strategies for biocontrol though biodegradable substances and beneficial microorganisms. The principal problem has been the production of application units, in particular, for fungi, it is desired the spores massive production for tolerance to manipulation, storage, and application on crop field. It was evaluated the effect of 6 different carbon sources and three nitrogen source, in liquid culture media supplemented with salts for *Nomuraea rileyi* spore production. All treatments produced micellia, but the highest spore concentration was obtained in medium with sucrose and powder milk as carbon and nitrogen sources, respectively, with  $7.4 \times 10^7$  espores mL<sup>-1</sup>, followed by mdium with V8 and soybean milk, which produced  $4.95 \times 10^7$  espores mL<sup>-1</sup>.

## DETECCIÓN DE MAÍZ GM EN EL ESTADO DE GUANAJUATO

Villarreal Correa Laura Amalia<sup>1</sup>; Covarrubias Prieto Jorge<sup>1</sup>, Raya Perez JC<sup>1</sup>, Iturriaga de la Fuente G<sup>1</sup>, Aguirre-Mancilla Cesar L<sup>1</sup>, Ramírez-Pimentel Juan G<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Tecnologico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Roque, Guanajuato, México.Km 8 carretera Celaya-Juventino Rosas. Celaya, Gto. C.P. 38110.

[\\*garamirez@itroque.edu.mx](mailto:*garamirez@itroque.edu.mx)

### RESUMEN

Un organismo modificado por ingeniería genética, conocido como organismo genéticamente modificado (OGM) o transgénico, puede ser una planta, animal, hongo, bacteria o alga, entre otros, a cuya cadena de ácido desoxirribonucleico (ADN) se introducen genes de otro organismo. Los riesgos de que estos organismos sufran modificaciones una vez liberados varían de acuerdo con su construcción genética, pues se desconoce cómo se van a comportar en el ambiente, en situaciones distintas a aquellas en las que fueron creados, además de que se ignora si representan un riesgo para el consumo animal o humano. La preocupación de los gobiernos por el riesgo que para el ambiente significa la liberación de OGM, condujo a la conclusión de que era necesario desarrollar y aplicar políticas y regulaciones en materia de bioseguridad (manejo responsable de seres vivos) en cada país y de que era necesario tomar medidas a nivel internacional para regular la movilidad transfronteriza de estos materiales.

Por cuestiones legales y del Protocolo de Cartagena para el uso seguro de la Biotecnología, en México está prohibida la siembra de maíz GM; sin embargo está permitida la libre importación de este producto para consumo humano y animal. El grano que se introduce en el territorio nacional no es inactivado y es posible su germinación y uso como semilla no autorizada.

En la presente investigación, se sondeó la presencia de maíz GM en el estado de Guanajuato a través de técnicas cualitativas y se verificó la presencia transitoria de maíz GM en terrenos de cultivo

### SUMMARY

A genetically engineered organism, known as genetically modified (GMO) or transgenic organism can be a plant, animal, fungus, bacterium or alga, among others, whose strand of deoxyribonucleic acid (DNA) genes from another organism are introduced. The organism from which the genes are taken may belong to the same species or be of a completely different, even from a different realm. In theory, this means you can take genes from a bacterium and introduce them to a plant or animal; or move genes from one plant to a mouse or human cells. Therefore, GMOs are beings new, unreleased live in nature and possess genetic information that there was a kind.

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE RNA DE SEMILLA DE CHAN (*Hyptis suaveolens*) PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE UNA BIBLIOTECA DE cDNA**

Ortega-González C.; Iturriaga G.; Ramírez-Pimentel J.G.; García-González F.; \*Aguirre-Mancilla C. L.

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque, km 8, carretera Celaya-Juventino Rosas, C.P. 38110, Celaya Guanajuato, México.

\*[ceaguirre@itroque.edu.mx](mailto:ceaguirre@itroque.edu.mx)

**RESUMEN**

El chan (*Hyptis suaveolens*) es una planta endémica de México, originaria de Colima a la cual se le han atribuido distintos usos debido a diversas propiedades que van desde nutraceuticas hasta insecticidas sobre las que se han desarrollado distintos estudios; sin embargo, no se han reportado estudios moleculares que complementen dicha información, por ello, en el presente trabajo se determinó la calidad de RNA para obtener una biblioteca de cDNA con el objetivo de conocer los transcritos que se encuentran en esta etapa de desarrollo de la planta (semilla). Se realizó extracción de RNA total de semillas de chan por el método de trizol, la determinación de calidad se realizó mediante electroforesis en gel de agarosa 1% y su posterior cuantificación en Nanodrop, de RNA total se purificó RNAm y se obtuvo una concentración de  $4.5 \mu\text{g } \mu\text{l}^{-1}$ , de esta se tomaron  $5 \mu\text{g}$  para la síntesis de cDNA y se obtuvo una concentración de  $99 \text{ ng } \mu\text{l}^{-1}$ . Se transformaron células electrocompetentes de *E. coli* DH10B, se obtuvieron 66 colonias totales.

**Palabras clave:** chan, RNA, cDNA, transformación.

**SUMMARY**

The Chan (*Hyptis suaveolens*) is an endemic plant of Mexico, originally from Colima to which have been attributed to various uses due to various nutraceutical properties ranging from up to insecticides that have developed different studies; however, there have been no molecular studies to complement this information, therefore, in the present work we determined the quality of RNA to obtain a cDNA library with the purpose of knowing the transcripts that are in this stage of plant development (seed). RNA extraction was carried out total seeds of chan by the conventional trizol method, the determination of quality was performed by electrophoresis in agarose gel 1% and its subsequent quantification in Nanodrop, total RNA was purified mRNA, and then there was a concentration of  $4.5 \mu\text{g } \mu\text{l}^{-1}$ , this took  $5 \mu\text{g}$  for the synthesis of cDNA and a concentration of  $99 \text{ ng } \mu\text{l}^{-1}$ . Electrocompetentes is transformed cells of *E. coli* DH10B, total 66 colonies were obtained.

**Key words:** Chan, RNA, cDNA, transformation.

**ELIMINACIÓN DEL GORGOJO PINTO O MEXICANO (*Z. subfasciatum*, BOHEMAN) EN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE FRIJOL COMÚN BAJO TRES CONTENIDOS DE HUMEDAD**

Daniel Arnulfo Cruz Hdz; Marco Antonio García-Perea; Francisco Cervantes-Ortiz<sup>1</sup>; Mariano Mendoza Elos<sup>1</sup>; Enrique Andrio- Enriquez<sup>1</sup>;

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto. \*Estudiante de posgrado y autor de correspondencia:

Katas530-@hotmail.com

Resumen

Para el objetivo de esta investigación se utilizó el tiempo de almacenamiento, en los sistemas abiertos y herméticos, para depositar frijol seco común (*Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae) así como su contenido de humedad, para estudiar su aumento de dióxido de carbono y la disminución del oxígeno inicial, al depositar el gorgojo común del frijol *Z. subfasciatum*. Las unidades experimentales fueron con 150g de frijol seco (con sus respectivos contenidos de humedad que fueron de alrededor de 8.10,12%) los cuales se infestaron con 20 insectos adultos y se almacenaron por 35 días, en condiciones herméticas y otras en no herméticas en condiciones normales para el estudio de la significancia, para observar los niveles de oxígenos y dióxido de carbono, contenido de humedad, de igual manera se registró la mortalidad de los insectos para encontrar sobre que contenido de humedad era más la incidencia de la mortalidad de los reproducción de la misma, El oxígeno en el CH de 8 % a los 5 días de almacenamiento fue de 11.70 %, observándose una disminución del 55.98 % en relación a la concentración inicial de oxígeno; para el CH de 10 % la lectura de oxígeno fue de 9.87 % , en este caso la disminución del oxígeno fue del 47.22 % y para el CH de 12 % el nivel de oxígeno fue de 12.03 % con un 57.55 % de disminución del oxígeno con relación a la concentración inicial El análisis estadístico No-paramétrico mostro diferencias altamente significativas entre los sistemas de almacenamiento, así como en relación a los contenidos de humedad y tiempos de evaluación durante el día uno a los 35 d de almacenamiento mostraron diferencias altamente significativas.

*Palabras claves: zabrotas subfasciatum, contenido de humedad, condiciones herméticas, mortalidad insectos.*

## EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A SEQUÍA EN TRES POBLACIONES DE MAÍZ

Martha Cecilia Salgado Aguilar<sup>1</sup>; José Luis Pons Hernández<sup>2</sup>; Jorge Covarrubias Prieto<sup>1</sup>; Juan Carlos Raya Pérez<sup>1</sup>; Juan Gabriel Ramírez Pimentel<sup>1</sup>; Gabriel Iturriaga de la Fuente<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque, División de Estudios de Posgrado e Investigación. km.8 carretera Celaya-Juventino Rosas, C.P. 38110. Roque, Celaya, Gto. México.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental del Bajío. km. 6.5, carretera Celaya-San Miguel de Allende, C.P. 38110 A. Celaya, Guanajuato, México. \*Autor responsable: [gaiturriaga@itroque.edu.mx](mailto:gaiturriaga@itroque.edu.mx)

### RESUMEN

La sequía es el factor abiótico que más limita la producción agrícola en el mundo. Varios procesos fisiológicos, bioquímicos y moleculares, a nivel celular y planta completa, se alteran y desempeñan un papel clave para contrarrestar al estrés por sequía. El maíz, es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial y el estrés por sequía puede afectar negativamente la producción de materia seca y rendimiento de grano. En este trabajo se evaluaron tres poblaciones de maíz para caracterizar variables fisiológicas y bioquímicas relacionadas con la tolerancia a la sequía en condiciones de sequía y de riego. El conjunto de resultados sugiere que una de las poblaciones es la que tolera más la sequía en comparación con las otras evaluadas.

**Palabras clave.** Sequía, Maíz, CRA, Fotosíntesis.

### ABSTRACT

Drought is the limiting factor that most affect the agricultural production in the world. Physiological, biochemical, and molecular pathways at the cellular and whole plant levels are altered and play a key role in counteracting drought stress. Maize is one of the most important crops in the world and the drought stress affects negatively the production of dry material and grain yield. The present work shows the evaluation of three maize populations with the objective of characterize physiological and biochemical variables related with the drought stress tolerance in both drought and irrigation conditions. The results suggest that one population has better drought tolerance than the two other ones evaluated.

**Key words.** Drought, Maize, RWC, Photosynthesis.

## RESPUESTA DE CARACTERES AGRONÓMICOS Y DE RENDIMIENTO A TRATAMIENTOS DE SEMILLA, EN TRIGO DE RIEGO"

Luis Enrique Villalobos Zavala<sup>1</sup>; Juan Gabriel Ramírez Pimentel<sup>1</sup>; Jorge Covarrubias Prieto<sup>1</sup>; Luis Patricio Guevara Acevedo<sup>1</sup>; Luis Antonio Amaro Mariscal<sup>2,5</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Roque, Km. 8, Carretera Celaya-Juventino Rosas, Apartado Postal 508, Celaya, Guanajuato, México, C. P. 38110, Tel: 4616115903. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío (INIFAP-CEBAJ), Departamento de Sanidad Forestal y Agrícola, Km. 6.5, Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato, México, C. P. 38110, Tel. 018000882222 Ext. 85217. <sup>5</sup>Autor responsable: mariscal.luis@inifap.gob.mx.

### RESUMEN

El cultivo de trigo en las regiones de El Bajío y Valles Altos se ve afectado por la enfermedad llamada secadera del trigo que reduce el rendimiento y ocasiona pérdidas en la germinación; afecta el establecimiento de las plántulas y deteriora la calidad del grano. Una de las alternativas viables y que no representan un costo alto para el productor es la aplicación de tratamientos a la semilla con productos químicos y biológicos que ayuden a disminuir las poblaciones de hongos fitopatógenos que ocasionan esta enfermedad. El objetivo de este estudio fue evaluar diferentes ingredientes activos como tratamientos a la semilla complementados con la aplicación de un fungicida foliar y su efecto sobre caracteres agronómicos y de rendimiento en trigo de riego sembrado bajo un sistema de labranza de conservación. Se evaluaron 12 fungicidas con diferentes ingredientes activos en una parcela dividida en dos experimentos, el primero con los tratamientos a la semillas solos y el segundo que fueron los tratamientos a la semilla más la aplicación de un fungicida foliar. Se utilizó la variedad susceptible a pudriciones de raíz y tallo Cortázar S94. En los resultados, los tratamientos a la semilla solos incrementaron el rendimiento hasta un 25%; los mejores tratamientos fueron Clorotalonil y Carboxin + Captan. Estos tratamientos también tuvieron un efecto significativo sobre los días a madurez de la planta. La aplicación del fungicida foliar junto con los tratamientos a la semilla tuvo un efecto significativo sobre los días a madurez y el rendimiento, ya que se tuvieron aumentos de esta última variable de hasta 41%. En este experimento, los mejores tratamientos fueron Clorotalonil y *Trichoderma lignorum* a la semilla más Tebuconazole, aplicado en forma foliar a los 90 días después de la siembra. El uso de los tratamientos a la semilla se propone como una alternativa para los productores de trigo para evitar pérdidas por esta enfermedad y que deben considerar también complementarlos con la aplicación foliar del fungicida.

**Palabras clave:** *Triticum aestivum*, *Fusarium*, secadera, tratamiento a la semilla, rendimiento.

## **TRATAMIENTO DE GERMINACIÓN EN SEMILLA DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.)**

Luis F. Zamudio-Álvarez <sup>1\*</sup>, Mariano Mendoza-Elos<sup>2</sup>, Francisco Chablé-Moreno<sup>2</sup>, Jesús Frías-Pizano<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Estudiante de Maestría en Producción y Tecnología de semillas, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto.; <sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto.

\*Autor para correspondencia: felipe-zamudio@hotmail.com

### **RESUMEN**

Entre los factores que pueden tener efecto en la calidad de la semilla están el grado de madurez y el tiempo de maduración de la semilla después de la cosecha. En la mayoría de las especies de chile, el periodo de preemergencia varía entre 8 y 12 días, y se puede prolongar hasta 15 días. Al trabajar con semilla de chile habanero de diferentes fechas de maduración de fruto, la germinación debe ser modificada en tiempo hasta 22 días. El experimento se estableció en un macrotúnel, en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Roque. La siembra se realizó el 9 de Diciembre de 2016. La semilla utilizada fue de 3 colectas de poblaciones realizadas en los estados de Campeche y Yucatán. El diseño experimental fue completamente al azar; se establecieron 200 semillas de cada genotipo; los datos se analizaron con SAS 9.0. La germinación inició a los diez días después de siembra. Las poblaciones evaluadas presentaron diferencias estadísticas respecto al tratamiento hidrotérmico en la respuesta a la germinación, ya que logró reducir el tiempo de germinación e incrementar el porcentaje de emergencia. La población 4 fue la mejor, con 98% de emergencia, seguido por el genotipo 19 con 88% y finalmente, el genotipo 20 con el valor más bajo (76.9%). Las poblaciones evaluadas presentaron un desarrollo diferente de acuerdo a las características propias de cada material; el resultado del tratamiento hidrotérmico fue uniforme y eficaz en cada uno de ellos.

**Palabras clave:** *Calidad de semilla, germinación, chile habanero, tratamiento hidrotérmico*

### **SUMMARY.**

Among the factors that may have an effect on seed quality are the degree of maturity and maturation time of the seed after harvest. In most species of chile the preemergence period varies between 8 and 12 days, and may last up to 15 days. When working with habanero chile seeds of different dates of fruit ripening, the germination of habanero chile seeds must be modified in time to 22 days. The experiment was established in a macro tunnel, in the facilities of the Technological Institute of Roque. Seeding was done on December 9, 2016. The seed used was 3 collections of populations in the states of Campeche and Yucatan. The experimental design was completely.

## FECHA DE SIEMBRA Y SU EFECTO EN EL VIGOR INICIAL DE PLÁNTULA EN GENOTIPOS DE TRIGO

Miguel A. Noriega-Carmona\*; Ana M. Hernández-Espitia\*; Francisco Cervantes-Ortiz<sup>1</sup>; Ernesto Solís-Moya<sup>2</sup>; Enrique Andrio-Enríquez<sup>1</sup> y J. Guadalupe García-Rodríguez<sup>1</sup>

\*Estudiante de posgrado, <sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto tecnológico de Roque, <sup>2</sup>INIFAP-CEBAJ, noriega\_cm86@hotmail.com.

### RESUMEN

Con el objetivo de determinar el vigor inicial de plántula en trigo, se establecieron 36 genotipos en dos fechas de siembra; 15 de noviembre y 15 de diciembre de 2015 en el CEBAJ- INIFAP. La cosecha se realizó el 10 y 25 de mayo para cada fecha de siembra, respectivamente. Se realizó un ensayo en camas de arena bajo condiciones de vivero en el Instituto Tecnológico de Roque, para evaluar el vigor de la plántula, velocidad de emergencia, porcentaje de emergencia, peso fresco de vástago, peso seco de vástago, altura de plántula e índice de vigor I y II. Se usó un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones; la unidad experimental se constituyó de un surco de 50 semillas. Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias significativas entre genotipos para las variables velocidad de emergencia, porcentaje de emergencia, peso fresco y seco de vástago e índice de vigor II; esto significa que los genotipos mostraron gran variabilidad. La fecha de siembra afectó estadísticamente todas las características evaluadas. No hubo significancia estadística en interacción fecha de siembra por genotipos para ninguna característica. Las líneas avanzadas 29 y 30 manifestaron la mejor respuesta en el vigor inicial de plántula en el análisis combinado de fechas de siembra. Finalmente, se concluye que la fecha de siembra del 15 de diciembre expresó la mejor respuesta en la mayoría de las características evaluadas.

*Palabras clave:* *Triticum aestivum*, calidad de semilla, vigor de plántula, fecha de siembra.



**PARÁMETROS DE ESTABILIDAD PARA CONTENIDO DE ACEITE EN GENOTIPOS DE CHÍA (*Salvia hispanica* L.)**

José M. Escutia Ponce<sup>1</sup>; Juan G. Ramírez Pimentel<sup>1</sup>; Juan C. Raya Pérez<sup>1</sup>; Jorge Covarrubias Prieto<sup>1</sup>; Maricela Morales Pérez<sup>1</sup>; Alberto Martínez López<sup>1</sup>; Alberto Calderón Ruiz<sup>1</sup>; A. Josué Gámez Vázquez<sup>2</sup>; Salvador Montes Hernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque, 38110 Carretera Celaya-Juventino Rosas km 8, Celaya Guanajuato, México. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, 38010 Carretera Celaya-San Miguel de Allende km 6.5, Celaya Guanajuato, México. [montes.salvador@inifap.gob.mx](mailto:montes.salvador@inifap.gob.mx)

**RESUMEN**

La semilla de chía (*Salvia hispanica* L.) es considerada la fuente vegetal más importante de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA's), principalmente ácido linolénico, con una proporción superior al 80% respecto del contenido de aceite. Diversos estudios indican que los factores ambientales tienen un marcado efecto sobre el contenido total de aceite y su perfil de ácidos grasos. Con el objetivo de evaluar la estabilidad de la semilla en cuanto a su contenido de aceite, durante el ciclo primavera- verano del año 2015, fueron sembradas cinco variedades locales de chía en cuatro ambientes diferentes; Celaya Guanajuato, Cardonal Hidalgo, Tomatlán Jalisco y Huayacocotla Veracruz. La estabilidad de los genotipos se determinó utilizando la estimación de los parámetros propuestos por Eberhart y Russell (1966) y el modelo AMMI. El estudio se llevó a cabo usando un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones por genotipo por localidad. Se encontraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) para localidades, genotipos y su interacción (G×A). Los parámetros de estabilidad identifican a la mayoría de las variedades como estables y con desviaciones de regresión diferentes de cero (inconsistentes), siendo Cualac la variedad con mayor estabilidad. Además, las variedades Pinta y Blanca presentaron adaptabilidad específica a los ambientes de Celaya Guanajuato y Cardonal Hidalgo, con contenidos de aceite de 39.1 y 34.4% respectivamente.

**Palabras clave:** interacción genotipo ambiente, ácidos grasos, ácido linolénico, modelo AMMI.

## CARACTERIZACIÓN DE SEIS POBLACIONES NATIVAS DE MAÍZ POZOLERO

Gerardo Rubio Andrade<sup>1</sup>; Francisco Chablé Moreno<sup>3</sup>; Jorge Covarrubias-Prieto<sup>2</sup>; César L. Aguirre-Mancilla<sup>2</sup>. Juan Carlos Raya-Pérez<sup>2</sup>

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque, Km. 8 Carretera Celaya-JR, CP 38110, Celaya, Guanajuato. mail:juraya@itroque.edu.mx

El objetivo del trabajo fue evaluar características agronómicas y de rendimiento de seis poblaciones criollas y de endogamia temprana (So y S1) de maíz pozolero, en este caso los maíces pozoleros son de gran importancia culinaria que se consumen mayormente en el centro del país. La producción de maíz pozolero en México es en pequeña escala, zonas marginadas y se destina para autoconsumo. Del maíz total de grano blanco, el 0.5 % se comercializa como maíz de especialidades como "pozolero" y "palomero". Los estados de mayor producción son: Tlaxcala, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Campeche y México. Existen distintos sobrepuestos del maíz pozolero, variando de un estado a otro pudiéndose encontrar los precios del maíz pozolero por encima del 300% sobre el maíz común. Las poblaciones evaluadas provienen de Ayala, Morelos; se sembraron en el Tecnológico de Roque en el ciclo P-V 2015 y P-V 2016; El diseño experimental empleado fue de bloques completos con distribución completamente al azar, los resultados se analizaron con el paquete SAS V.9.0. Para las variables altura de planta y de mazorca (AltPl) (AltMz), se observaron que las poblaciones BI Pz S0 y Rojo S0, presentaron los valores promedio más altos respectivamente. Para número de hojas (NH) GdeXCh presentó el valor promedio más alto. Para longitud y número de espigas (LgEsp) (NoEsp), Rojo End y BI Pz S0 presentaron los valores promedio más altos respectivamente. Para peso de mazorca (PMz), BI Pz End presentó el valor promedio más alto. Para diámetro de mazorca (DiaMz), BI Pz End tuvo el valor promedio más alto. Para longitud de mazorca (LgMz) no hubo diferencias significativas entre poblaciones. Para número de hileras por mazorca (NHI), BI Pz S0 tuvo el valor promedio más alto. Para número de granos por hilera (NGHI), GdeXCh presentó el valor promedio más alto.

Palabras clave: características agronómicas, características de rendimiento.

### SUMMARY

The objective of this work was to evaluate agronomic and yield characteristics of six native and early inbred populations (So and S1) of pozolero maize, in this case, pozzolan maize are of great culinary importance that are consumed mainly in the center of the country. The production of pozolero maize in Mexico is small-scale, marginalized areas and is intended for self-consumption. Of the total corn of white grain, 0.5% is marketed as corn of specialties like "pozolero" and "palomero". The states of greatest production are: Tlaxcala, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Campeche and Mexico. There are different overprices of pozolero maize, varying from state to state, with pozzolan maize prices above 300% above common maize. The evaluated populations come from Ayala, Morelos; Were planted in the Roque Technological in the cycle P-V 2015 and P-V 2016; The experimental design employed was complete blocks with a completely random distribution, the results were analyzed with the V.9.0 SAS package. For the plant height and ear (AltPl) (AltMz) variables, it was observed that the populations BI Pz S0 and Red S0, presented the highest average values respectively. For leaf number (NH) GdeXCh

presented the highest average value. For length and number of spikes (LgEsp) (NoEsp), Red End and BI Pz S0 presented the highest average values respectively. For cob weight (PMz), BI Pz End presented the highest average value. For ear diameter (DiaMz), BI Pz End had the highest average value. For cob length (LgMz) there were no significant differences between populations. For number of rows per ear (NHI), BI Pz S0 had the highest average value. For number of grains per row (NGHI), GdeXCh presented the highest average value.

Keywords: Agronomic characteristics, yield characteristics.

**Compuestos bioactivos presentes en tallos de *Jatropha dioica* Cerv. Var. Dioic.**

**Bioactive compounds present on stems of *Jatropha dioica* Cerv. Var. Dioic.**

Jorge Gutiérrez Tlahque <sup>1</sup>; Alma Delia Hernández Fuentes <sup>2</sup>; Juan Carlos Raya Pérez <sup>1</sup>; Juan Gabriel Ramírez Pimentel <sup>1</sup>; Rubén Jiménez Alvarado <sup>2</sup>; César Uriel López-Palestina <sup>1</sup>, Cesar Leobardo Aguirre Mancilla <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>División de estudios de posgrado e investigación, Instituto Tecnológico de Roque, Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, C.P. 38110, Celaya, Guanajuato, México. ceaguirre@itroque.edu.mx

<sup>2</sup> Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Avenida Universidad Km 1, Rancho Universitario, C.P. 43000 Tulancingo, Hidalgo, MÉXICO.

**RESUMEN**

Los metabolitos secundarios de las plantas son un grupo de compuestos de origen natural biosintetizados por diferentes vías bioquímicas, cuyo contenido y regulación son fuertemente modulados por los factores bióticos y abióticos en los que se desarrollan. Además, dichos metabolitos tienen importancia farmacológica y biotecnológica para el ser humano. Así, el objetivo de este trabajo fue analizar cualitativamente los compuestos presentes en tallos de *Jatropha dioica* Cerv. Var. Dioic en dos localidades de México, para lo cual se realizó una identificación tentativa de compuestos bioactivos utilizando el análisis UHPLC-ESI-TOF-MS a partir de sus extractos etanólicos. Los picos mostrados en los cromatogramas de UHPLC se identificaron como compuestos bioactivos que pertenecen al grupo de los ácidos hidrobencóicos, flavonoides, terpenoides y xantonas. Estos compuestos se han descrito en la literatura estrechamente asociados con el tratamiento y la prevención de enfermedades para las que *J. dioica* se utiliza en la medicina tradicional.

**Palabras clave:** *Jatropha dioica*, estrés hídrico, análisis UHPLC-ESI-TOF-MS

**SUMMARY**

The secondary metabolites of plants are a group of compounds of natural origin biosynthesized by different biochemical pathways, whose content and regulation are strongly modulated by the biotic and abiotic factors in which they are developed. In addition, such metabolites have pharmacological and biotechnological importance for the human being. Thus, the objective of this work was to qualitatively analyze the compounds present in stems of *Jatropha dioica* Cerv. Var. Dioic in two locations of Mexico, for which an attempt was made to identify bioactive compounds using the UHPLC-ESI-TOF-MS analysis from their ethanolic extracts. The peaks shown in the UHPLC chromatograms were identified as bioactive compounds belonging to the group of hydrobenzoic acids, flavonoids, terpenoids and xanthenes. These compounds have been described in the literature closely related with the treatment and prevention of diseases for which *J. dioica* is used in traditional medicine.

**Key Words.** *Jatropha dioica*, drought stress, UHPLC-ESI-TOF-MS analysis.

## INTRODUCCIÓN

Las plantas viven en un entorno complejo, que está formado por la interacción de varias tensiones abióticas y bióticas (Huang *et al.*, 2012). Se ha establecido que la acumulación de productos naturales en las plantas depende en gran medida de las condiciones de crecimiento, como la temperatura, el régimen de luz y el suministro de nutrientes (Ballhorn *et al.*, 2011). Además, influencias ambientales más severas, como déficit hídrico, irradiación UV, deficiencia nutricional, salinidad, metales pesados, temperaturas extremas, ataques de insectos, infecciones causadas por hongos o bacterias así como daños mecánicos, también afectan las vías metabólicas responsables de la acumulación de metabolitos secundarios (Bohnert *et al.*, 1995; Danner *et al.*, 2008). En este contexto, el desierto mexicano presenta una gran variedad de plantas que han sido capaces de crecer bajo condiciones extremas, con una gran variedad de compuestos químicos que se utilizan como mecanismos de defensa (Castillo *et al.*, 2010). Una de las plantas que crece bajo condiciones semidesérticas es *Jatropha dioica* Sessé ex Cerv.; La especie se encuentra clasificada dentro del dominio Eukarya, pertenece a la división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida y orden Euphorbiales. Es un subarbusto o arbusto perenne escasamente leñoso que va desde los 30 hasta los 150 centímetros de altura. Generalmente forman colonias, debido a sus rizomas, de los cuales salen raíces y tallos semileñosos que se dirigen al exterior. Estos tallos son flexibles y de coloración negro-rojizo. Se han encontrado rizomas que miden hasta cinco metros alrededor de la planta, y la principal característica de éstos es que al ser cortados segregan un látex incoloro que en contacto con el aire se torna rojizo semejante a la sangre, de ahí el nombre común de sangre de drago (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2001). Así los metabolitos secundarios reportados en raíz para esta especie son Citlaltiriona (Villareal *et al.* 1988), Riolozatriona (Domínguez, 1980), Jatrophatriona (Burgueño-Tapia, 2017),  $\beta$ -sitosterol (Villareal *et al.*, 1988), Jatrophalona A (Burgueño-Tapia, 2017) y Jatrophalona B (Burgueño-Tapia, 2017). Mientras que en tallo solo se ha reportado ácido elágico (Aguilera-Carbo *et al.*, 2008). Así, el objetivo del presente estudio fue identificar metabolitos secundarios presentes en tallos de *J. dioica* en época de lluvias y sequía.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Colecta y acondicionamiento del material vegetal.** Las plantas de *Jatropha dioica* fueron recolectadas durante la estación seca de Febrero de 2015, en dos localidades de México: la ciudad de Tetepango ubicada en el estado de Hidalgo (20° 06'38 "N, 99° 09' 11 "O, 2100 msnm) que presentó una precipitación acumulada de 543 mm y una temperatura media anual de 16.3 °C, y la ciudad de Morelos, ubicada en el estado de Zacatecas (22 ° 53' 12" N, 102 ° 36 '45 " O, 2300 msnm) que presentó una precipitación acumulada de 415 mm y una temperatura media anual de 15.2 °C. Los tallos se lavaron con agua para su posterior almacenamiento a la sombra durante 30 días a una temperatura media de 20 °C. Después, las muestras se almacenaron en un ultracongelador (Thermo Scientific 703, USA), a -71°C para su posterior deshidratación a -40 °C por 5 días en un liofilizador (Labconco, USA). Una vez deshidratadas se trituraron en un molino de anillos (Del Rey, México) y por último cada muestra se almacenó en una bolsa resellable bajo condiciones de obscuridad a 4°C, en un refrigerador (Shellab HC30R, USA).

**Método de extracción.** Se mezcló 1 parte de muestra con 15 partes del solvente de extracción (para el caso del agua destilada se mezcló 1 g de muestra con 15 mL de solvente y para el caso del etanol al 70% se mezclaron 3 g de muestra con 45 mL de solvente)..Todos los extractos reposaron 24 h en obscuridad a 4°C. Después, dichos extractos se filtraron en papel filtro Whatman No. 5 (General Electric Company, USA). El extracto etanólico se sometió a evaporación bajo condiciones de vacío a una presión reducida de 70 mbar en un rotavapor (BUCHI V700, Suiza), por 2 h, hasta obtener una muestra seca la cual se almacenó en tubos eppendorf (Eppendorf, Alemania), en obscuridad a 4°C. Ambos extractos fueron rehidratados utilizando 1 mg del extracto seco por mL de agua y se agitó en un vortex (IKA, USA) por 1 h a 2500 rpm.

**Análisis por UHPLC – MS.** Con el fin de identificar la composición química de las muestras con mayor concentración de fenoles totales, se analizaron los extractos etanólicos de las plantas recolectadas durante la temporada seca, siguiendo el método descrito por An et al., (2013) con ligeras modificaciones. En resumen, se tomaron 5 mg de los extractos secos, y se mezclaron con 2 mL de metanol antes del análisis. Posteriormente, cada mezcla se filtró a través de filtros de jeringa Acrodisc con membrana de nylon de 0.45 µ (Pall Life Sciences, EE.UU.). El permeado se analizó utilizando UHPLC (Thermo Scientific, Alemania), integrado a un espectrofotómetro de masas APCI / ESI-TOF ( Bruker Daltonik GmbH, Alemania). La adquisición y la visualización gráfica de los datos se realizó utilizando el software Compass 1.5 para la serie OTOF (Brucker Daltonik GmbH, Alemania). El UHPLC estaba equipado con una columna Agilent Zorbax SB-C18 de fase inversa (Agilent, EE.UU.), operando a 40 °C. El análisis se realizó usando un gradiente lineal de la fase móvil, que consistía en una solución acuosa (disolvente A) de ácido fórmico al 0,1% (JT Baker, EE.UU.), y una mezcla (Disolvente B) de 80:0.1 de acetonitrilo:ácido fórmico (JT Baker, EE.UU.), como sigue: 90% de disolvente A durante 5 minutos, seguido por 50% de disolvente A durante 30 minutos, 20% de disolvente A durante 15 minutos, y 90% de disolvente A durante 10 minutos. La velocidad de flujo de los gradientes se mantuvo constante a 0.3 mL•min<sup>-1</sup>. El volumen de inyección de la muestra fue de 15 µL. Los espectros de masas se midieron en un intervalo entre 150 y 2000 unidades de m/z. Todos los compuestos se detectaron en modo positivo y negativo. Las condiciones de espectrometría de masas fueron: voltaje de la aguja de electrospray 4500 V, placa final compensada de 500 V, con voltaje capilar de salida 173.4 V. Se utilizó nitrógeno como nebulizador a una presión de 2 bar y 200 °C, a una velocidad de flujo de 10 L•min<sup>-1</sup>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

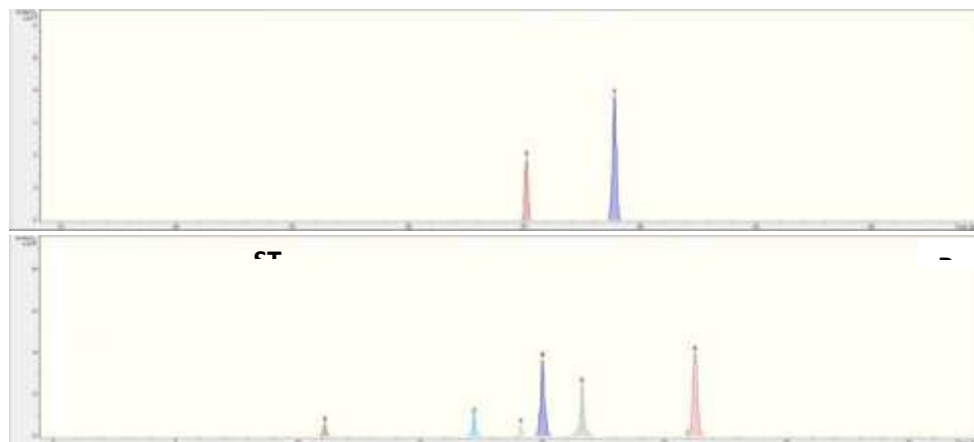
**Análisis UHPLC-ESI-TOF-MS.** Se identificaron tentativamente los picos en cada cromatograma por medio de sus espectros de masas y comparándolos con la base de datos incluida en el software Compass 1.5 para la serie OTOF (Brucker Daltonik GmbH, Alemania). Sólo se consideraron los compuestos propuestos cuya distribución isotópica experimental era muy similar a la distribución isotópica teórica (valor de mSigma≤25 y error≤20 ppm como valor absoluto)

**Cuadro 1.** Identificación tentativa de compuestos bioactivos por análisis UHPLC-ESI-TOF-MS para los extractos etanólicos de tallos de *J. dioica*.

Tratamiento	Pico	TR (min)	Compuesto Propuesto	Fórmula	[M+H] <sup>+</sup>
<b>SM<sub>DE</sub></b>	1	35.1	Ácido mirsinoico F	C <sub>22</sub> H <sub>28</sub> O <sub>3</sub>	340.45
	2	38.9	Ajubractin C	C <sub>29</sub> H <sub>44</sub> O <sub>9</sub>	536.65
Tratamiento	Pico	TR (min)	Compuesto Propuesto	Fórmula	[M+H] <sup>+</sup>
<b>ST<sub>DE</sub></b>	1	11.1	Sakuranin	C <sub>22</sub> H <sub>24</sub> O <sub>10</sub>	448.42
	2	17.2	(+)-catequina	C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	290.08
	3	19.1	4-hydroxicordoin	C <sub>20</sub> H <sub>20</sub> O <sub>4</sub>	324.37
	4	20	1,3,5-trihidroxi-2-(2',2'-dimetil-4'-isopropenil)cyclopentanilxantona	C <sub>23</sub> H <sub>24</sub> O <sub>5</sub>	380.16
	5	21.6	caseargrewiin D	C <sub>24</sub> H <sub>34</sub> O <sub>6</sub>	418.52
	6	26.3	fatsicarpain C	C <sub>30</sub> H <sub>44</sub> O <sub>4</sub>	468.66

**SM<sub>DE</sub>**: Extracto etanólico de tallos colectados en Morelos, Zacatecas. **ST<sub>DE</sub>**: Extracto etanólico de tallos colectados en Tetepango, Hidalgo.

**Figura 1.** Cromatogramas en modo positivo de extractos etanólicos de tallos de *Jatropha*, colectados durante la estación seca.



**SM<sub>DE</sub>**: Extracto etanólico de tallos colectados en Morelos, Zacatecas. **ST<sub>DE</sub>**: Extracto etanólico de tallos colectados en Tetepango, Hidalgo.

El cromatograma del tratamiento SM<sub>DE</sub> (Figura 1 A), mostró sólo 2 picos. El pico 1 se identificó como ácido mirsinico F el cual es un ácido monohidroxibenzoico con actividad antiinflamatoria previamente aislado de las hojas de *Myrsine seuginii* (Hirota *et al.*, 2002), y el pico 2 se identificó como ajubractin C, un diterpeno con actividad repelente en contra *Spodoptera litoralis*, que se puede encontrar en *Ajuga bracteosa* (Castro *et al.*, 2011). Mientras que el cromatograma del tratamiento ST<sub>DE</sub> (Figura 1 B) mostró 6 picos. El pico 1 se identificó como sakuranin, un flavonoide que actúa como inhibidor de las líneas celulares de cáncer de colon y que se encontró en *Prunus yodoensis* (Ugocsai *et al.*, 2005). El pico 2 se identificó como (+) - catequina, un flavonoide con actividad antioxidante que inhibe la formación de tumores intestinales. Se encuentra en las frutas y hortalizas (Kerio *et al.*, 2013). El pico 3 fue identificado como 4-hidroxicorregona, una isopenteniloxichalcona con actividad antiinflamatoria y antibacteriana contra *Porphyromonas gingivalis*, que se ha encontrado previamente en *Lonchocarpus neuroscapha* (Feldman *et al.*, 2010). El pico 4 fue identificado como 1,3, 5-trihidroxi-2- (2', 2'-dimetil-4'-isopropenil) ciclopentanilxantona, una xantona con actividad antioxidante previamente identificada en *Hypericum styphelioides* (Gamiotea-Turro *et al.*, 2004). El pico 5 fue identificado como caseargrewiin D, un diterpeno con efecto antimalárico, antimicobacteriano (Kanokmedhakul *et al.* 2005) y finalmente se identificó el pico 6 como fatsicarpain C, un triterpenoide previamente identificado en *Fatsia polycarpa*, que actúa como inhibidor contra *Helicobacter pylori*, *Bacillus cereus* y *Staphylococcus aureus* y presenta citotoxicidad frente a las células de carcinoma hepatocelular humano (Cheng *et al.*, 2011).

## CONCLUSIONES

Los análisis UHPLC-ESI-TOF-MS revelaron la presencia de un ácido hidrobencóico, flavonoides, terpenoides y una xantona. Además se espera que este trabajo contribuya al conocimiento existente para el uso de *J. dioica* en la medicina popular.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera-Carbo AF; Augur C; Prado-Barragan LA; Aguilar CN; Favela-Torres E (2008). Extraction and analysis of ellagic acid from novel complex sources. Chem. Pap. 62: 440-444.
- Ballhorn DJ; Kautz S; Jensen M; Schmitt S; Heil M; Hegeman AD (2011). Genetic and environmental interactions determine plant defences against herbivores. J. Ecol. 99: 313–326.
- Bohnert HJ; Nelson DE; Jensen RG (1995). Adaptations to environmental stresses. Plant Cell 7: 1099–1111.
- Burgueño-Tapia E; Chávez-Castellanos K; Cedillo-Portugal E; Joseph-Nathan P (2017). Absolute configuration of diterpenoids from *Jatropha dioica* by vibrational circular dichroism. Tetrahedron: Asymmetry, 28: 166-174.
- Castillo F; Hernández D; Gallegos G; Mendez M; Rodríguez R; Reyes A; Aguilar CN (2010). *In vitro* antifungal activity of plant extracts obtained with alternative organic solvents against *Rhizoctonia solani* Kühn. Ind. Crops Prod. 32: 324-328.



Castro A; Coll J; Arfan M (2011). neo-Clerodane diterpenoids from *Ajuga bracteosa*. J. Nat. Prod. 74:1036-1041.

Cheng SY; Wang CM; Hsu YM; Huang TJ; Chou SC; Lin EH; Chou CH (2011). Oleanane-type triterpenoids from the leaves and twigs of *Fatsia polycarpa*. J. Nat. Prod. 74:1744-1750.

Danner MA; Sasso SAZ; Medeiros JGS; Marchese JA; Mazaro SM (2008). Indução de resistência à podridão-parda em pêssegos pelo uso de eliciadores em pós-colheita. Pesq. Agropec. Bras. 43: 793-799.

Feldman M; Tanabe S; Epifano F; Genovese S; Curini M; Grenier D (2010). Antibacterial and anti-inflammatory activities of 4-hydroxycordoin: potential therapeutic benefits. J. Nat. Prod. 74: 26-31.

Gamiotea-Turro D; Cuesta-Rubio O; Prieto-González S; De Simone F; Passi S; Rastrelli L (2004). Antioxidative constituents from the leaves of *Hypericum styphelioides*. J. Nat. Prod. 67: 869-871.

Hirota M; Miyazaki S; Minakuchi T; Takagi T; Shibata H (2002). Myrsinoic acids b, c and f, anti-inflammatory compounds from *Myrsine seguinii*. Biosci. Biotechnol. Bi. 66: 655-659.

Huang G-T; Ma S-L; Bai L-P; Zhang L; Ma H; Jia P; Liu J; Zhong M; Guo Z-F (2012). Signal transduction during cold, salt, and drought stresses in plants. Mol. Biol. Rep. 39:969–987.

Kanokmedhakul S; Kanokmedhakul K; Kanarsa T; Buayairaksa M (2005). New bioactive clerodane diterpenoids from the bark of *Casearia grewiifolia*. J. Nat. Prod. 68:183-188.

Kerio LC; Wachira FN; Wanyoko JK; Rotich MK (2013). Total polyphenols, catechin profiles and antioxidant activity of tea products from purple leaf coloured tea cultivars. Food Chem. 136:1405-1413.

Ugocsai K; Varga A; Molnar P; Antus S; Molnar J (2005). Effects of selected flavonoids and carotenoids on drug accumulation and apoptosis induction in multidrug-resistant colon cancer cells expressing MDR1/LRP. In Vivo. 19: 433-438.

Rzedowski J; Calderón de Rzedowski G (2001). *Flora fanerogámica del valle de México*. Reimpresion 2001. Editorial CONABIO, México. 983 p.

## EVALUACION DE COMPUESTOS BIOACTIVOS Y PROPIEDADES ANTIOXIDANTES DE LA SEMILLA DE XOCOONOSTLE

Ángeles-Santos A.<sup>1</sup>; Hernández-Fuentes A. D.<sup>2</sup>; Ramírez-Pimentel J.G.<sup>1</sup>; Raya-Pérez J.C.<sup>1</sup>; Aguirre-Mancilla C.L.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque, km 8 carretera Celaya-Juventino Rosas. C.P. 38110 Celaya, Guanajuato, México.

\*ceaguirre@itroque.edu.mx

<sup>2</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Av. Rancho Universitario km. 1, C.P. 43600, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México.

### RESUMEN

El fruto del nopal (*Opuntia* spp.) es un alimento que es utilizado en diversos países de Latinoamérica, normalmente las semillas de este fruto son desechadas. El objetivo del presente trabajo fue realizar una caracterización bioquímica de dos variedades de semillas de *Opuntia xocoonostle* (Ulapa y Cuaresmeño rosado). Se determinó el contenido de fenoles, flavonoides y propiedades antioxidantes por el método ABTS y DPPH. En las semillas de la variedad Cuaresmeño rosado se presentó el mayor contenido en fenoles (338.47 mg EAG/100 g) y flavonoides (56.98 mg EQ/100 g) mostrando diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) con respecto a la variedad Ulapa. En las dos variedades de semillas se obtuvo la mayor cantidad de antioxidantes por el método ABTS.

**Palabras clave:** Fenoles, Flavonoides, ABTS, DPPH

### ABSTRACT

The fruit of the cactus (*Opuntia* spp.) is a food that is used in different countries of Latin America, normally the seeds of this fruit are discarded. The objective of the present work was to perform a biochemical characterization of two varieties of *Opuntia xocoonostle* seeds (Ulapa and Cuaresmeño). The content of phenols, flavonoids and antioxidant properties were determined by the ABTS and DPPH method. The seeds of Cuaresmeño variety showed the highest content of phenols (338.47 mg EAG / 100 g) and flavonoids (56.98 mg EQ / 100 g) with significant statistical differences ( $p < 0.05$ ) with respect to the Ulapa variety. In the two seed varieties the highest amount of antioxidants was obtained by the ABTS method.

**Key words:** Phenols, Flavonoids, ABTS, DPPH

### INTRODUCCIÓN

El género *Opuntia* abarca alrededor de 1500 especies de cactus y muchos de ellos producen frutos dulces (tunas) o ácidos (xocoonostle), se desarrolla en climas áridos y semiáridos. En la Figura 1 se muestra la morfología de la fruta de xocoonostle la cual está compuesta por epicarpio (cáscara), mesocarpio (pulpa) y endocarpio (Reyes *et al.*, 2006). El mesocarpio es la parte comestible de esta fruta, y se usa para la elaboración de dulces, jaleas, bebidas y como condimento en la cocina mexicana. Contiene azúcares absorbibles, fibra dietética, ácido ascórbico, polifenoles, carotenoides y betacianinas, que se han relacionado con sus beneficios tales como acción hipoglucémica e

hipolipidémica, y propiedades antioxidantes (Bender, 2003; Schaffer *et al.*, 2005; Pimienta *et al.*, 2008; Paiz *et al.*, 2010; Phillips *et al.*, 2010; Osorio *et al.*, 2011). El endocarpio presenta una gran cantidad de semillas que están fuertemente juntas en una estructura mucilaginosa, contienen altas cantidades de ácidos grasos polinsaturados, especialmente linoleicos y linolénicos, de los cuales se conoce una amplia variedad de beneficios para la salud debido a su actividad como precursores biosintéticos (Simopoulos, 2002; Mannoubi *et al.*, 2009). Los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) sirven para prevenir enfermedades cardiovasculares, inflamatorias y enfermedades autoinmunes (Simopoulos, 2002).

Las frutas de xoconostle se consideran una materia prima prometedora por su composición nutrimental y propiedades antioxidantes, pero las semillas también pueden ser recuperadas por su alto valor nutricional y como fuentes de ácidos grasos poliinsaturados, tocoferoles y fibra dietética, en lugar de ser descartadas, como ocurre actualmente (Prieto-García *et al.*, 2006).

Debido a que el fruto de xoconostle presenta una gran diversidad de beneficios y que las semillas de este no son aprovechadas por el tracto digestivo ya que presenta una testa muy dura que los ácidos presentes en el organismo no degradan, el presente estudio tuvo por objetivo evaluar las propiedades bioactivas (fenoles y flavonoides) y antioxidantes por método ABTS y DPPH de la semilla de xoconostle con el fin de desarrollar nuevos subproductos que nos permitan aplicarlos a la industria alimentaria.



Figura 1. Morfología de *Opuntia xoconostle*

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materia prima

Las semillas de las dos variedades de xoconostle fueron colectadas en la comunidad de Ulapa Municipio de Tetepango, Hidalgo.

### Preparación de extractos

Se pesaron 25 g de semilla de xoconostle y se molieron a 9000 rpm durante 10 min hasta obtener un polvo fino. Obtenida la harina se pesaron 0.2 g y se le agregaron 10 mL de acetona 75%. La mezcla se homogenizó durante 90 min en un vortex y finalmente se filtró para obtener el extracto.

### Determinación de fenoles

La metodología se llevó a cabo por el método de Folin-Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999). Se tomó una alícuota de 0.5 mL de la solución de extracto filtrado, se mezcló con 2.5 mL de reactivo de Folin-

Ciocalteu (diluido previamente con agua 1:10 v/v) y se dejó actuar durante 5 min, posteriormente se le adicionó 5 mL de carbonato sódico 7.5%. La mezcla se dejó reposar durante 2 h, se leyó la absorbancia en un espectrofotómetro (Varian CARY 100BIO, Italia) con celdas de cuarzo, a una longitud de onda de 760 nm. Los resultados obtenidos, se expresaron en miligramos de equivalentes de ácido gálico (mg EAG/100 g).

#### Determinación de flavonoides

El contenido de flavonoides se determinó usando el método de Jia *et al.* (1999), con algunas modificaciones. Se tomó una alícuota (0.5 mL) de la solución del extracto y se homogenizó con 2 mL de agua destilada, posteriormente se adicionó 0.15 mL de solución de NaNO<sub>2</sub> 5%. Después de 6 min se agregó 0.15 mL de solución de AlCl<sub>3</sub> 10% y se dejó reposar durante 6 min más, transcurrido el tiempo se añadió a la mezcla 2 mL de solución de NaOH 4%. Inmediatamente se agregó agua destilada para llevar el volumen final a 5 mL y se dejó reposar durante 15 min. La intensidad de color rosa se midió a 510 nm. Se utilizó quercetina para calcular la curva patrón.

#### Determinación de actividad antioxidante por el método ABTS

Se realizó por el método reportado por Re *et al.* (1999) el cual se basa en la decoloración del catión radical ABTS. El radical ABTS (Sigma-Aldrich, Canada) 7 µM, se hizo reaccionar con persulfato de potasio (K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) (Mallinckrodt Chemicals, USA) 2.45 µM, mezclando ambos reactivos, en una proporción de 1:1. Esta mezcla se dejó en agitación en la oscuridad durante 16 h para formar el radical. Una vez formado se diluyó con etanol 20% hasta alcanzar una absorbancia comprendida entre 0.7 ± 0.01 a 734 nm. Alcanzada la absorbancia del ABTS se le agregaron 100 µL del extracto, se agitó rápidamente y se midió el cambio de absorbancia a los 10 min de la reacción. Se calculó la actividad antioxidante usando una curva estándar de Trolox. Los resultados fueron expresados en µMET/ g.

#### Determinación de actividad antioxidante por el método DPPH

Para la preparación de la solución de DPPH 0.2 Mm, se pesaron 7.8 mg de DPPH (Sigma Aldrich, USA) y se disolvieron en 100 mL de metanol 80%, la mezcla se dejó en agitación en la oscuridad durante 2 h para una buena disolución. En una celda de cuarzo se colocaron 2.5 mL de solución metanólica de DPPH y se hicieron reaccionar con 0.5 mL de extracto, la mezcla se dejó reposar en la obscuridad durante 30 min y se leyó a una absorbancia de 515 nm. La actividad antioxidante fue determinada usando una curva estándar de Trolox. Los resultados fueron expresados en µMET/ g (Brand-Williams *et al.*, 1995).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Contenido de fenoles

En la Figura 2 se observa el contenido de fenoles totales presentes en las semillas de las dos variedades de xoconostle evaluadas. Cabe mencionar que entre ambas variedades existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), la semilla de la variedad Cuaresmeño rosado presentó un contenido de 338.47 mg EAG/100 g mientras que la variedad Ulapa 292.82 mg EAG/100 g. En investigaciones anteriores Cardador *et al.* (2011) obtuvo de 337 a 460 mg EAG/100 g en tres variedades de semilla de tuna

maduras e inmaduras, mientras que Makhlouf *et al.* (2013) obtuvo 298 a 316.46 mg EAG/100 g. Comparando con estos resultados observamos que las semillas de xoconostle Ulapa y Cuaresmeño rosado presentan un contenido similar a lo ya reportado en investigaciones anteriores en otras variedades.

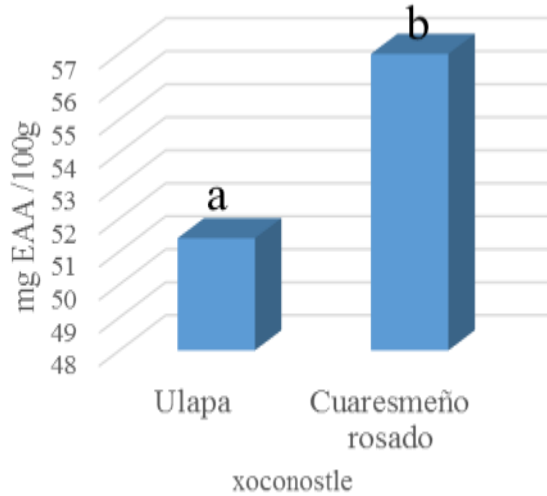


Figura 2. Contenido de fenoles totales de semillas de xoconostle variedad Ulapa y Cuaresmeño rosado. Diferentes letras sobre las barras indican diferencias estadísticas significativas.

#### Contenido de flavonoides

En la Figura 3 se observa que el contenido de flavonoides en las dos variedades de semilla de xoconostle presentan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), encontrando que la variedad de Cuaresmeño rosado es el que contiene mayor contenido en flavonoides (56.98 mg EQ/100 g) mientras que la variedad Ulapa presentó un contenido de 51.40 mg EQ/100 g. Comparando con resultados obtenidos en investigaciones anteriores se puede observar que el contenido de flavonoides de la variedad Ulapa y Cuaresmeño rosado son similares a lo reportado por Cardador *et al.* (2011) quienes obtuvieron en semilla de tuna 46 a 50 mg EC/100 g. Sin embargo, los resultados aquí presentados fueron superiores a los reportados por Makhlouf *et al.* (2013), quienes encontraron que la semilla de tuna presenta de 19.19 a 27.20 mg EQ/100 g.

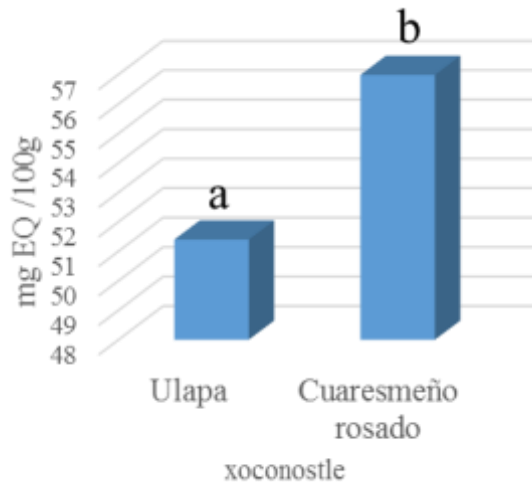


Figura 3. Contenido de flavonoides de semillas de xoconostle variedad Ulapa y Cuaresmeño rosado. Diferentes letras sobre las barras indican diferencias estadísticas significativas.

Determinación de actividad antioxidante

En la Figura 4 se muestra la actividad antioxidante evaluada por el método de ABTS y DPPH. Por medio del método ABTS la variedad Ulapa y Cuaresmeño rosado presentaron 11.21 y 10.35  $\mu\text{MET/g}$  respectivamente, mientras que por el método DPPH se obtuvo una menor cantidad de antioxidantes Ulapa 2.17  $\mu\text{MET/g}$  y Cuaresmeño rosado 2.24  $\mu\text{MET/g}$ .

El xoconostle Ulapa presentó un porcentaje de inhibición del radical ABTS de 83.90% mientras que Cuaresmeño rosado 83.86%. Por medio del método DPPH las semillas de la variedad Ulapa y Cuaresmeño rosado presentaron un porcentaje de inhibición del 55.41% y 66.29% respectivamente. Makhoulf *et al.* (2013) encontraron que las semillas de tuna por el método ABTS presentan 10.67-11.29  $\mu\text{MET/g}$ , como se puede observar estos resultados son similares a los obtenidos en este estudio.

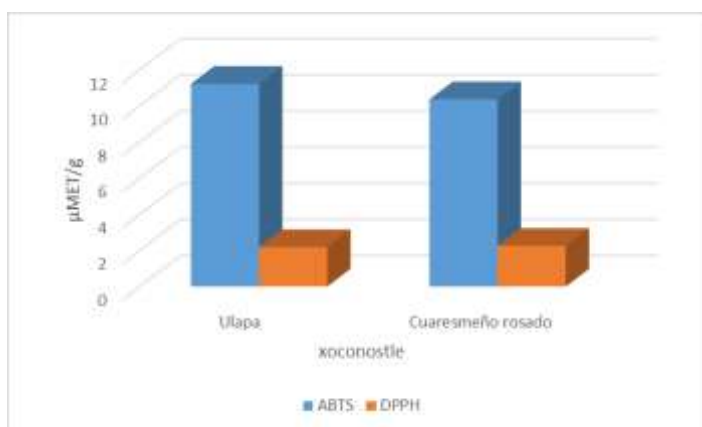


Figura 4. Actividad antioxidante por método ABTS Y DPPH.

## CONCLUSIONES

Esta investigación demostró que las semillas de xoconostle Cuaresmeño rosado y Ulapa son una importante fuente de compuestos bioactivos (fenoles y flavonoides) que presentan un significativo contenido de actividad antioxidante. Cabe mencionar que los resultados obtenidos en esta investigación muestran que la semilla de xoconostle es una materia prima que puede ser utilizada como aditivo en la industria alimentaria debido a las propiedades que demuestra.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bender, D. A. (2003). Vitamin C (ascorbic acid). In D. A. Bender (Ed.), *Nutritional biochemistry of the vitamins* (pp. 357–384). (2nd ed.). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Cardador-Martínez A., Jiménez-Martínez C., Sandoval G. (2010). Revalorization of cactus pear (*Opuntia* spp.) wastes as a source of antioxidants. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 31(3): 782-788
- et al. (2010). Glucose-lowering effect of xoconostle (*Opuntia joconostle* A. Web., Cactaceae) in diabetic rats. *Journal of Medicine Plants Research*, 4, 2326–2333.
- Jia, Z., Tang, M., & Wu, J. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64, 555–559.

- Makhlouf Chaalal, Hayette Louaileche, Noureddine Touati, Mostapha Bachir Bey (2013). Phytochemicals, in vitro antioxidant capacity and antiradical potential of whole and ground seeds of three prickly pear varieties: A comparative study. *Industrial Crops and Products*, 49, 386–391.
- Mannoubi, E., Barrek, S., Skanji, T., Casabianca, H., Zarrouk, H., 2009. Characterization of Opuntia ficus-indica seed oil from Tunisia. *Chem. Nat. Compd.* 45, 616–620
- Osorio-Esquivel, O., Ortiz-Moreno, A., Álvarez, V., Dorantes-Álvarez, L., & Giusti, M. (2011). Phenolics, betacyanins and antioxidant activity in Opuntia joconostle fruits. *Food Research International*, 44, 2160–2168.
- Paiz, R. C., Juárez-Flores, B. I., Aguirre, R. J. R., Cárdenas, O. C., Reyes, A. J. A., García, Ch.E.,
- Pak, N. (2003). Fibra dietética en frutas cultivadas en Chile. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 53(4), 413–417.
- Phillips, K. M., Tarragó-Trani, M. T., Gebhardt, S. E., Exler, J., Patterson, K. Y., Haytowitz, D. B., et al. (2010). Stability of vitamin C in frozen raw fruit and vegetable homogenates. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23, 253–259.
- Pimienta-Barríos, E., Méndez-Morán, L., Ramírez-Hernández, B., García, A., & Domínguez-Arias, R. (2008). Efecto de la ingestión del fruto de xoconostle (Opuntia joconostle Web.) sobre la glucosa y lípidos séricos. *Agrociencia*, 42, 645–653.
- Prieto-García, F., Filardo-Kerstup, S., Pérez-Cruz, E., Beltrán-Hernández, R., Román-Gutiérrez, A., & Méndez-Marzo, M. (2006). Caracterización física y química de semillas de Opuntias (Opuntia spp.) cultivadas en el estado de Hidalgo, Mexico. *Bioagrociencia*, 18, 163–169.
- Re. R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., & Evans, Yang. M. Rice. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical action decolonization assay free Radical *Biology and Medicine*, 26, 1231-1337.
- Reyes-Agüero, J. A., Aguirre, R. J. R., & Valiente-Banuet, A. (2006). Reproductive biology of opuntia: A review. *Journal of Arid Environment*, 64, 549–585
- Schaffer, S., Schmitt-Schillig, S., Müller, W. E., & Eckert, G. P. (2005). Antioxidant properties of Mediterranean food plants extracts: Geographical differences. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 56, 115–124.
- Simopoulos, A.P., 2002. The importance of ratio of omega-6/omega-3 essential fattyacids. *Biomed. Pharmacother.* 56, 365–379.
- Singleton, Vernon L., Orthofer, Rudolf, & Lamuela-Raventós, Rosa M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In P. Lester (Ed.), *Methods in Enzymology* (Vol. Volume 299, pp. 152-178): Academic Press.



**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL CÁLIZ DE 14 GENOTIPOS MEXICANOS DE JAMAICA  
(*Hibiscus sabdariffa* L.)**

Marcos Alberto Ríos-Romero<sup>1\*</sup>; Juan Gabriel Ramírez-Pimentel<sup>1</sup>; Salvador Montes-Hernández<sup>2&</sup>; Marco Antonio García-Perea<sup>1</sup>; Nicolás Moran-Vázquez<sup>1</sup>; José Manuel Escutia-Ponce<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque. Celaya, Gto, <sup>2</sup>INIFAP-CEBAJ, Celaya, Gto. &Autor responsable: [montes.salvador@inifap.gob.mx](mailto:montes.salvador@inifap.gob.mx)

**RESUMEN**

El objetivo de este estudio fue conocer la variabilidad morfológica, considerando las características relacionadas con el cáliz en 14 variedades mexicanas o genotipos de jamaica cultivadas en México provenientes de cinco Estados productores; Colima, Guerrero, Nayarit, Oaxaca y Puebla, durante el ciclo O-I 2016/2017. Para ello se utilizaron variables morfológicas, cuantitativas y cualitativas. El análisis de agrupamientos separó tres grupos y este coincidió, principalmente con el color del cáliz. Los dos caracteres morfológicos cuantitativos que se utilizaron fueron determinantes en la diferenciación de los genotipos de jamaica fueron: longitud y el diámetro del cáliz. Los caracteres cualitativos que más influencia ejercieron para definir los grupos de jamaica fueron el color y forma del cáliz y la abertura de los sépalos del cáliz. El análisis de correlación múltiple entre las variables utilizadas mostró valores superiores al 50%. Por su parte, el análisis de componentes principales (CP) mostró que CP1 generado explicó el 43.2% de la variación total, relacionados principalmente con el tamaño y pubescencia del cáliz y el CP2 explicó el 21.0%, influenciado principalmente por las variables color del cáliz y abertura de los sépalos. Por lo tanto, a pesar que se usaron pocas variables, este estudio permitió diferenciar a los genotipos evaluados y nos muestra la gran diversidad existente en las variedades locales mexicanas de jamaica.

**Palabras claves:** Variedades locales, color del cáliz, caracterización morfológica, análisis multivariados, diversidad, recursos genéticos.

**ABSTRACT**

**Key words:** Local varietyings, calyx of color, morphological characterization, multivariate analysis, diversity, genetic resources.

**Introducción**

La jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), es una planta arbustiva semileñosa anual y algunas veces bianual de la familia Malvaceae, originaria de África tropical que está adaptada a las zonas tropicales cálidas y semicálidas del mundo (Gómez *et al.*, 2008; Alarcón *et al.*, 2012). Diversos estudios sobre las propiedades medicinales de este cultivo; indican que el cáliz de la jamaica se usa para reducir la hipertensión, como diurético y para prevenir el cáncer debido a sus componentes antioxidantes como la vitamina C y E. Además es utilizado en las industrias textiles, como colorante (Wang *et al.*, 2000; Ismail *et al.*, 2008; Alarcón *et al.*, 2012; Abubakar *et al.*, 2012; Hopkins *et al.*, 2013; Da-Costa *et al.*, 2014).

Sin embargo, el principal interés económico de la jamaica radica en la producción de cálices (Saeed *et al.*, 2008), que tradicionalmente son para la elaboración de bebidas, gelatinas. Jaleas, mermeladas, dulces, vinos y como fuente natural de colorantes alimenticios (Samsudin *et al.*, 2000;

Juliani *et al.*, 2009; Suherman *et al.*, 2012; Da-Costa *et al.*, 2014). El cáliz tiene una forma de copa, más largo que ancho los cálices, los cuales se alargan y se tornan carnosos, de diferente color, desde casi blanca a un color rojo oscuro con sabor ácido (Hidalgo-Villatoro *et al.*, 2009).

La producción a nivel mundial de este cultivo en cabeza China con 27.76% de la producción, seguido por la India (17.91%), Sudán (9.1%), Uganda (8.40%), Indonesia (6.23%), Malasia (5.53%) y en séptimo lugar México con el 5.14% (FAO, 2010). De acuerdo con la SAGARPA, durante el año 2015, en México se cultivaron con jamaica 19,980.73 mil hectáreas, de las cuales se cosecharon alrededor de 7,021.83 t de producto distribuidas en los estados de Guerrero (63.14%), Oaxaca (13.20%), Michoacán (13.14%), Puebla (6.59%), Nayarit (2.10), Campeche (1.12%), Morelos (0.36%), Colima (0.20%), Jalisco (0.10%), Cd. México (0.03%) y Tamaulipas (0.01%), con un valor de producción de 230,744.66 millones de pesos, beneficiando a más de 11 mil familias que dependen de este cultivo (SIAP; 2015).

Actualmente, se reporta que la mayoría de la producción proviene de variedades locales o criollas, de las cuales existen pocos estudio sobre su morfológica, y muy poca sobre la diversidad condicionada al color del cáliz (Duarte y Lopes, 2005). La descripción de caracteres morfológicos contribuye a conocer la diversidad de especies vegetales para definir posibles interacciones entre grupos de plantas (Contreras *et al.*, 2009).

Esta investigación se enfocó a la caracterización morfológica en *H. sabdariffa*, utilizando los descriptores varietales proporcionados por el SNIC para esta especie, para describir la variabilidad de 14 variedad locales con base a las caracteres cualitativas y cuantitativas del cáliz.

### **Materiales y métodos**

EL estudio se llevó a cabo en el instituto tecnológico de roque con la colaboración del Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuarias (INIFAP), con información obtenida en campo de diferentes parcelas de los estados de Colima, Guerrero, Nayarit, Oaxaca y Puebla. En el Cuadro 1, se muestran las variedades locales utilizadas en este estudio, así como su lugar de origen, toda la información utilizada fue recolectada directamente en las parcelas de los productores en las diversas regiones señaladas. La información fue obtenida por medio de fotografías de las diferentes variedades utilizadas.

Cuadro 1. Nombre y procedencia de las variedades locales usadas en este estudio.

<b>Número</b>	<b>Variedad/genotipo</b>	<b>Localidad</b>	<b>Municipio</b>	<b>Estado</b>
1	Alma Blanca	Palma Larga	Santa María Tonameca	Oaxaca
2	Criolla Ayutla	El Ranchito	Ayutla de los Libres	Guerrero
3	Criolla puebla	Chiautla de Tapia	Chiautla de Tapia	Puebla
4	Cuarenteña	Hacienda de Mariquita	Acaponeta	Nayarit
5	Colima	Piscila	Colima	Colima

6	Criolla Oaxaca	Palma Larga	Santa María Tonameca	Oaxaca
7	Cresta de Gallo	Hacienda Mariquita	de Acaponeta	Nayarit
8	Elva	Puerta de Anzar	Colima	Colima
9	Negra	Zempazulco	Ayutla de los Libres	Guerrero
10	Roja Clara	Puerta de Anzar	Colima	Colima
11	Roja Elva Retinta	Puerta de Anzar	Colima	Colima
12	Sudan Morada	Palma Larga	Santa María Tonameca	Oaxaca
13	Sudan Roja	Palma Larga	Santa María Tonameca	Oaxaca
14	Tupona	Puerta de Anzar	Colima	Colima

Para la caracterización se utilizó el Software: MATLAB® 8a 2015 instalado en una computadora de escritorio (Intel<sup>(R)</sup>, Celeron<sup>(R)</sup> CPU N3060 1. 60 GHz y 8.00 GB de RAM), usando los algoritmos del sistema, el cual requiere que en todas las fotografías haya una referencia de longitud y así poder extrapolar los datos al programa. Se seleccionó la imagen del cáliz para insertarla al programa donde se detectó principalmente la longitud, diámetro en la imagen a partir de los bordes y se identificó la abertura del cáliz como la dirección del epicáliz con base a la reorientación del cáliz. El algoritmo desarrollado en este estudio fue a 1, se incluye como parte fundamental para la detección de los borde del cáliz de jamaica.

La información contenida en el borde se usó para segmentar la imagen para reconocer las formas geométricas de sus contornos es decir que está representado por tres matrices bidimensionales la imagen, correspondientes a los planos R, G y B donde se trazar la primera línea para obtener el perfil de la imagen obteniendo el tamaño real, permitiéndome extrapolar la imagen para obtener las medidas del resto de la imagen. MATLAB es un sistema de programación y cálculo basado en la manipulación de matrices, que no requiere dimensiones que está conformado por cinco funciones predefinidas con base al procesamiento de señales, al diseño del sistema de control, a la simulación del sistema dinámico, identificación de sistemas y redes neuronales, que ayudan a realizar cálculos de todo tipo así como para visualización de datos y resultados, se recomienda usar los demos y las ayudas (help), así como los tutoriales para conocerlas. Esto le permite al usuario realizar una escritura adecuada del programa en el lenguaje matemático implementando de manera más eficiente de los matrices, permitiendo una gran reducción de códigos, ya que no requiere la implementación de los cálculos matricial, para llevar acabo la implementación aritmética compleja del sistema aplicando órdenes específicas, agrupadas en TOOLBOXES con base a ficheros de script y funciones m.

Las variables morfológicas utilizadas en este estudio, se tomaron de la Guía Técnica para la descripción varietal de jamaica, editado por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS, 2014). Se registraron 5 variables cualitativas (color, forma, pubescencia, abertura de los sépalos y la discreción da las brácteas en el epicáliz con respecto al cáliz) y 2 cuantitativas (longitud, diámetro del cáliz). Los datos registrados, se analizaron por estadística descriptiva (promedio, desviación estándar, coeficiente de variación) y análisis múltiple (análisis de correlación múltiple de conglomerados jerárquicos y componentes principales mediante el paquete SAS 9.3).

## Resultados y discusión

### Caracterización morfológica

Se observó amplia variación en la morfología del cáliz de las variedades locales de Jamaica evaluadas. Dentro de las características cualitativas (Cuadro 2), el 50% de las variedades, tanto criollas como cultivadas, presentaron color rojo de cáliz, de forma oval y redonda, con dirección de las brácteas del epicáliz predominantemente adherido. 20% presentan cálices de color rojo purpura, en su mayoría de forma ovoide con sépalos semi-cerrados y semi-abiertos. La mayor variación se observa entre las variedades cultivadas, principalmente en el color del cáliz: el 70% son de cálices de color rojo (40%) y rojo purpura (30%), también los colores negro (10%), purpura oscuro (10%) y verde (10%) son parte de las características del cáliz de las variedades cultivadas.

**Cuadro 2.** Valor de rango, media (X), desviación estándar (DS) y coeficiente de variación (C.V) de 2 caracteres cuantitativos de 14 genotipos de Jamaica mexicana.

Características cualitativas									
Núm.	Genotipo/variedad	Longitud del cáliz (cm)				Diámetro del cáliz (cm)			
		Rango	Media	DS	CV	Rango	Media	DS	CV
1	Alma Blanca	5.30-5.80	5.50	0.36	10	4.40-4.70	4.60	0.23	12
2	Criolla Ayutla	3.80-4.20	4.00	0.20	10	2.60-3.00	2.80	0.20	12
3	Criolla Puebla	3.80-4.20	4.00	0.20	10	2.60-3.00	2.80	0.20	12
4	Cuarenteña	6.30-6.70	6.50	0.36	10	4.20-4.70	4.47	0.28	12
5	Colima	3.80-4.50	4.20	0.20	10	2.60-3.10	2.60	0.25	12
6	Criolla Oaxaca	3.00-3.50	3.27	0.25	10	2.40-2.80	2.60	0.20	12
7	Cresta de Gallo	3.80-4.20	4.00	0.20	10	2.5-3.00	2.27	0.25	12
8	Elva	4.20-4.50	4.37	0.15	10	3.20-3.50	3.37	0.15	12
9	Negra	5.40-5.90	5.63	0.25	10	4.30-4.70	4.50	0.22	12
10	Roja Clara	5.00-5.50	5.27	0.26	10	3.81-4.20	4.00	0.20	12

En este tópico, Hidalgo-Villatoro *et al.* (2009) reportaron en su estudio que el color de cáliz, en el genotipo 0205 presentó un color morado de código 2,5 YR (3/2) y los genotipos restantes de color

11	Roja Elva Retinta	5.60-6.00	5.83	0.21	10	4.50-4.80	4.67	0.15	12
12	Sudan Morada	4.50-4.90	4.73	0.21	10	3.00-3.50	3.27	0.26	12
13	Sudan Roja	3.80-4.50	4.20	0.36	10	2.60-3.00	2.80	0.20	12
14	Tuona	5.60-6.00	5.83	0.21	10	4.20-4.70	4.47	0.25	12

rojo de código 10 R (5/8). Con respecto al color de cáliz de la accesión 0205, fue único y sobresaliente del resto de genotipos evaluados, lo cual constituyó una característica principal para su identificación en campo y en el momento de la comercialización del producto final. Las variables cuantitativas, longitud y diámetro de cáliz, presentaron variaciones entre las variedades, principalmente, al comparar entre variedades criollas y cultivadas (Cuadro 3). Las variedades de Jamaica criollas (Colima, Oaxaca y Ayutla) presentaron cálices de menor longitud y diámetro, de entre 3.27-4.2 cm y 2.6 -2.8 cm respectivamente, en comparación con las cultivadas con valores entre los rangos de 4.2-6.5 cm y 2.2-4.6 cm para longitud y diámetro respectivamente. De entre las cultivadas, Cuarentena sobresale por presentar la mayor longitud (6.5cm) de cáliz y Alma Blanca con el mayor diámetro (4.6 cm).

Cuadro 3. Variación promedio de caracteres cualitativos de 14 genotipos de *H. sabdariffa* mexicanas.

Núm.	Genotipos	Color	Forma	Apertura de los sépalos del cáliz	Dirección de las brácteas del epicáliz	Pubescencia del cáliz
1	Colima	Rojo	Ovoide	Abierto	Adherido al cáliz	Ausente o muy débil
2	Criolla Oax.	Rojo	Ovoide	Cerrado	Angulado	Ausente o muy débil
3	Criolla Ayutla	Rojo	Ovoide	Cerrado	Adherido al cáliz	Media
4	Criolla puebla	Rojo purpura	Ovoide	Semicerrado	Angulado	Media
5	Alma Blanca	Verde	Redonda	Abierto	Angulado	Muy fuerte
6	Cuarenteña	Rojo púrpura	Ovoide	Semicerrado	Radial	Ausente o muy débil
7	Cresta de Gallo	Rojo púrpura	Redonda	Semiabierto	Angulado	Ausente o muy débil
8	Elva	Rojo	Ovoide	Semiabierto	Adherido al cáliz	Ausente o muy débil
9	Negra	Negro	Redonda	Abierto	Angulado	Fuerte
10	Roja Clara	Rojo	Redonda	Semiabierto	Adherido al cáliz	Ausente o muy débil
11	Roja Elva Retinta	Rojo	Redonda	Cerrado	Adherido al cáliz	Fuerte
12	Sudan Morada	Púrpura oscuro	Redonda	Abierto	Angulado	Fuerte
13	Sudan Roja	Rojo púrpura	Redonda	Semicerrado	Radial	Fuerte
14	Tupona	Rojo	Redonda	Semicerrado	Radial	Débil

Alacón y Legaría, (2013) reportan que los caracteres que presentaron la mayor variación en 47 genotipos evaluados fueron el color de flor, longitud del fruto, diámetro de fruto y color de fruto.

Análisis de correlación múltiple

En el análisis de correlación múltiple entre las siete variables medidas en el cáliz (Cuadro 4), se detectaron cinco correlaciones positivas y una negativa, mayores a 0.5. La longitud y el diámetro del cáliz muestran una correlación positiva (0.94\*\*), la pubescencia se relaciona negativamente con el diámetro (-0.71\*\*). La abertura de los sépalos tiene una relación positiva con el color del cáliz (0.6\*\*) y, la dirección de las brácteas del epicáliz se relaciona de manera positiva con la forma (0.74\*\*), el color (0.55\*) y la abertura de los sépalos (0.54\*).

**Cuadro 4.** Coeficientes de correlación para siete variables medidas en cálices de 14 variedades criollas y cultivadas de Jamaica.

	Longcaliz	Dmtro	Forma	Clorfres	Abertsepal	Pbscncia	Drcnbctsepic
<b>Longcaliz</b>							
<b>Dmtro</b>	0.94**						
<b>Form</b>	-0.15	-0.29					
<b>Clorcal</b>	0.47	0.41	0.46				
<b>Abertsepal</b>	0.17	0.21	0.13	0.60**			
<b>Pbscncia</b>	-0.47	-0.71**	0.25	-0.18	0.00		
<b>Drcnbctsepic</b>	0.05	0.00	0.74**	0.55*	0.54*	0.00	

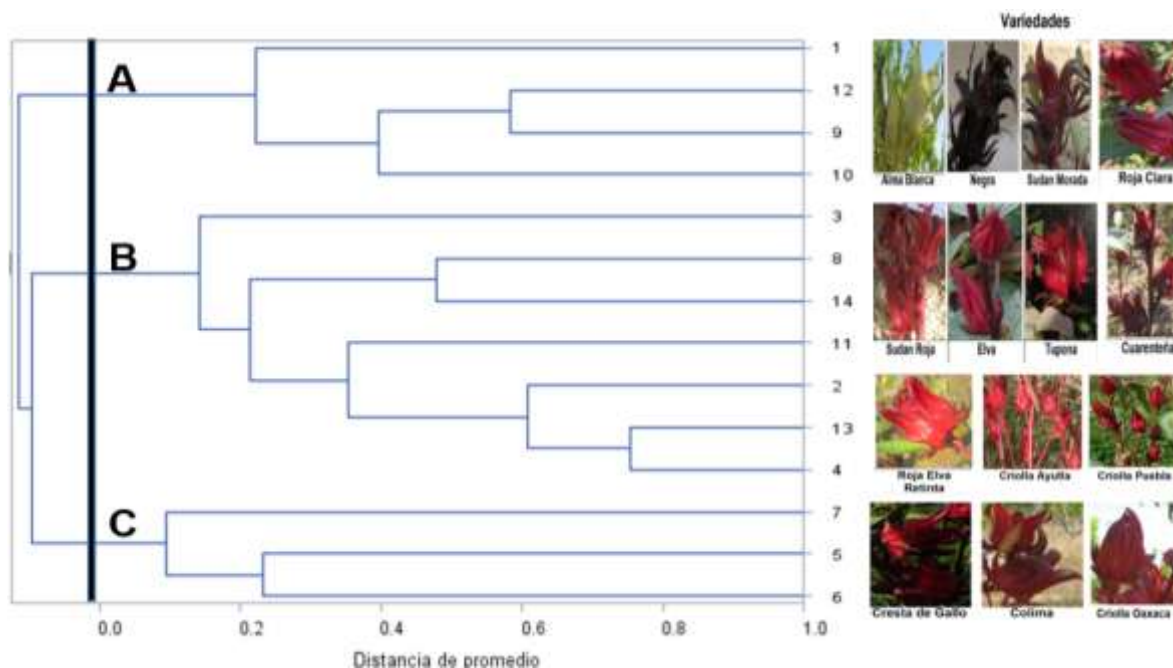
\* Significativo al 0.05; \*\* Altamente Significativo al 0.01. Longcaliz=Longitud de cáliz, Dmtro=Diámetro de cáliz; Form=Forma, Clorcal= Color del cáliz, Abertsepal= Abertura de los sépalos del cáliz, Pbscncia= Pubescencia del cáliz y Drcnbctsepic= Dirección de las brácteas en el epicáliz.

Estos resultados indican que el tamaño del cáliz está determinado por su longitud y diámetro al estar correlacionados positivamente, al aumentar la longitud aumenta el diámetro y por consiguiente el tamaño del cáliz. Hidalgo-Villatoro *et al.* (2009) reportan en su estudio que la longitud del cáliz correlacionó positivamente con el diámetro del fruto. Por lo que se infiere que, al aumentar la longitud del cáliz aumentan también la variable mencionada, tal es el caso de la accesión 0205 que es la de mayor longitud de cáliz con 73.75 mm.

#### Análisis de conglomerados

Los resultados del análisis de conglomerados practicado con 7 características morfológicas del cáliz, agrupó los genotipos de *H. sabdariffa* en tres grupos A, B y C (figura 1). El grupo A, integrado por cuatro genotipos colectadas en los estados de Colima, Guerrero y Oaxaca, se ubican en la parte superior del dendograma, destacando la gran similitud que tienen entre ellos. Todos son de cáliz pubescente, redondo y con sépalos abiertos. La longitud y diámetro del cáliz presenta valores entre los rangos de 4.7-5.6 cm y 3.2-4.6 cm respectivamente. En este grupo, todas las variedades difieren en el color del cáliz. Dentro del grupo B, se encuentran dos genotipos criollos y cinco cultivados provenientes del estado de Guerrero, Colima, Puebla, Oaxaca y Nayarit. Se caracterizan por presentar una gran similitud respecto al color, abertura de los sépalos, pubescencia, longitud y diámetro del cáliz, excepto en la forma y en la dirección de las brácteas del epicáliz. Las variedades de este grupo presentan el mayor tamaño de cáliz. Dos variedades criollas y una cultivada, colectadas en el estado de Nayarit, Colima y Oaxaca, respectivamente, conforman el grupo C. El

grupo C se encuentra en la parte baja del dendograma, presentando una mayor similitud con respecto al color, pubescencia, longitud y diámetro del cáliz. En este grupo se encuentran los materiales con el menor tamaño de cáliz. Por lo anterior se puede deducir que la formación de los grupos A, B y C del dendograma, la variable determinante en base al color, forma, abertura de los sépalos, longitud y diámetro del cáliz fue determinante. Alacón y Legaría, (2013) reportan en su estudio que la variable determinante de los 47 genotipos evaluados fue el color del cáliz, mismo que contribuyó de manera substancial en la separación de los grupos.



**Figura 1.** Dendrograma de 14 genotipos de *H. sabdariffa* en base a 7 variables morfológicas del cáliz.

#### Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales mostro que los primeros tres explican el 80.1% de la variación total (Cuadro 5). El componente principal uno (CP1) con 43.2% de la variación, estuvo definido principalmente por las variables longitud, diámetro y pubescencia del cáliz (Cuadro 5), variables que en el análisis de correlación múltiple presentan correlación positiva entre sí (Cuadro 5). El CP2, con aportación a la varianza total de 21.06%, se constituyó principalmente con las variables color del cáliz y abertura de los sépalos (Cuadro 5), rasgos que muestran asociación positiva en el análisis de correlación (Cuadro 5). Por su parte, el CP3 con 15.03% de aportación a la varianza, se integró por las variables dirección de las brácteas del epicáliz y la forma del cáliz (Cuadro 5) con correlación positiva alta entre ellas (0.74).



Cuadro 5. Valores, porcentajes de la variación y componentes principales de cada componente de la matriz de siete variables morfológicas de los cálices de 14 variedades de Jamaica de 14.

Componente	Valor propio	% de varianza	de Varianza acumulada	Prin1	Prin2	Prin3
Longcaliz cm	3.0299292	0.4328	43.28	0.482564	-0.264988	0.156791
Dmtro cm	1.4739222	0.2106	64.34	0.478012	-0.298308	0.192385
Form	1.0524484	0.1503	79.38	0.137511	0.685428	-0.264486
Clorfres	0.792274	0.1132	90.69	-0.460229	-0.211458	0.408616
Abertsepal	0.4215949	0.0602	96.72	0.390045	0.410809	0.196366
Pbscncia	0.1935843	0.0277	99.48	0.312171	0.044548	0.457621
Drcnbctsepic	0.0362471	0.0052	1	-0.241518	0.39436	0.67343

Longcaliz=Longitud de cáliz, Dmtro=Diámetro de cáliz; Form=Forma, Clorcal= Color del cáliz, Abertsepal= Abertura de los sépalos del cáliz, Pbscncia= Pubescencia del cáliz y Drcnbctsepic= Dirección de las brácteas en el epicáliz.

Los resultados del análisis Biplot y los valores del CP1 con mayor contribución a la variación total, permitieron separar a las variedades de Jamaica en tres grupos (Figura 2). En el sector positivo y de mayor valor en la escala, se ubicaron las variedades cultivadas Negra y Sudan Morada; estos mismos genotipos se ubicaron el grupo A del dendograma, procedentes del estado de Guerrero y Oaxaca respectivamente. En el sector positivo pero de menor valor del CP1, están las variedades Roja Clara, Roja Elva Retinta, Tuona y Criolla Colima; Roja Elva Retinta y Tuona comparten el grupo B en el dendograma, pero Roja Clara pertenece al grupo A, mientras que Criolla Colima al C. En la parte central se constituye un tercer conjunto, conformado por las variedades Elva, Cresta de Gallo, Cuarenteña, Criolla Puebla, Criolla Ayutla y Criolla Oaxaca. En este grupo se encuentra el 75% de las variedades criollas analizadas.

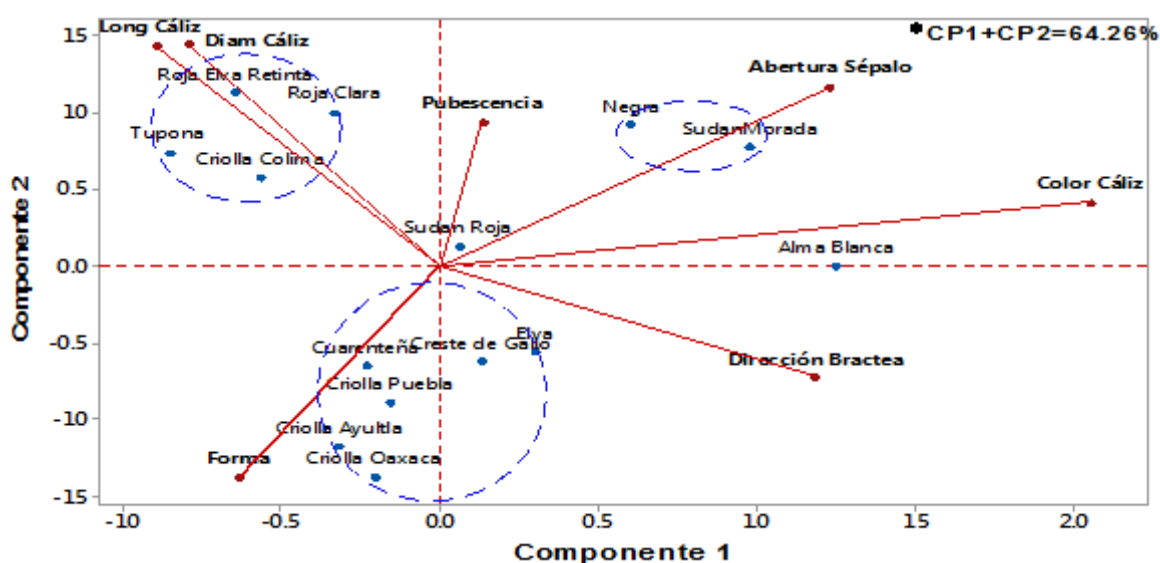


Figura 2. Ubicación de 14 variedades y comportamiento de los vectores-variable con base en el análisis de componentes principales de siete (dos cuantitativas y cinco cualitativas variables) evaluadas del cáliz de Jamaica.

Por la dirección y ángulo de datos de los vectores-variable que definen el grado de correlación entre sí, se forma un grupo del lado negativo del CP1 conformado por los vectores-variable longitud y diámetro del cáliz que tienen alta correlación entre ellos, y con aproximación a las variedades Roja Elva Retinta, Roja Clara, Tuona y Criolla Colima. Al parecer los demás vectores-variable presentaron correlaciones no significativas por lo que se encuentran independientes. Como resultado del análisis estadísticamente descriptivo de los caracteres morfológicos, se separaron las variables. Alarcón y Legarías, (2013) reportan en su estudio que la variable determinante de los 47 genotipos evaluados fue el color del cáliz, longitud y diámetro del cáliz, mismo que contribuyó de manera substancial en la separación de los grupos.

### Conclusiones

Las variables morfológicas relativas al cáliz, permitieron diferenciar a los genotipos de Jamaica evaluados, lo que nos muestra la gran diversidad existente en las variedades locales mexicanas. Los agrupamientos de los genotipos, resultado de la caracterización morfológica fueron 3 grupos diferentes y los caracteres morfológicos que más incluyeron a esto fueron: longitud, diámetro y abertura de los sépalos con respecto al cáliz además del color del cáliz y su forma. Las características asociadas al cáliz (color, forma y tamaño), son una parte muy importante para describir la variación de las variedades de Jamaica cultivadas en México.

### Agradecimientos

A Instituto Tecnológico de Roque (ITROQUE) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la oportunidad para realizar los estudios de posgrado del primer autor y al Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuarias (INIFAP; CEBAJ).

### Literatura citada

Abubakar, S., Usman, A.B., Etim, V., Nnadi, O. y Alaku, C. (2012). Application of organic dyes from roselle calyx (*Hibiscus sabdariffa* Linn) for mycological staining. *Indian Journal of and Developments* 1 (9): 687-690.

Alarcón, A. J., Zamilpa, A., Alarcón, A. F., Herrera, R. M., Tortoriello, J. y Jiménez, F. E. (2012). Pharmacological characterization of the diuretic effect of *Hibiscus sabdariffa* Linn (Malvaceae) extract. *Journal of Ethnopharmacology* 139: 751-756.

Alarcón, C. N. y Legarías S. J. P. (2013). Caracterización morfológica de una muestra etnográfica de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19(1): 85-98. Doi: 10.5154/r.rchsh.2010.03.011

Contreras, G. J. A., Soto, J. R., y Huchin, A. C. (2009). Tecnología para el cultivo de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en Quintana Roo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Chetumal, Quintana Roo, México. Folleto técnico No. 3. Pag. 4-6.

- Da-Costa, R., Bonnlaender, B., Sievers, H., Pischel, I. y Heinrich, M. (2014). *Hibiscus sabdariffa* L. A phytochemical and pharmacological review. *Food Chemistry* 165: 424-443.
- Duarte, R. y Lopes, F. (2005). Morfoanatomía foliar e caulinar *Leonurus sibiricus* L. Lamiaceae. *Acta farmacéutica Bonaerense* (24), 68-74.
- FAO. (2010). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Producción mundial de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.). Disponible en <http://www.fao.org/agriculture/estadistics/en/Asesada> Consultada: 22 de Mayo de 2014,
- Gómez, J., Martínez, L., López, I., Silos, H., Ramírez, F y Andrade, I. (2008). Multiple shoot regeneration of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) from a shoot apex culture system. *International Journal of Botany* 4(3): 326-330.
- Hidalgo, V. S. G, De León, C. R., W., Ruano, S., H y Cano, L. E. (2009). Caracterización de trece genotipos de rosa de Jamaica *Hibiscus sabdariffa* en Guatemala. Caracterización De Trece Genotipos De Rosa De Jamaica *Hibiscus Sabdariffa* en Guatemala. *Agronomía Mesoamericana* 20(1):101-109.
- Hopkins, A. L., Lamm, M. G., Funk, J. L., Ritenbaugh, C. (2013). *Hibiscus sabdariffa* L. In the treatment of hypertension and hyperlipidemia A comprehensive review of animal and human studies. *Fitoterapia* 85: 84-94.
- Ismail, A., Khairul, I. E. H., Mohd, N. H. S. (2008). Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Seed-nutritional composition, protein quality and health benefits, *Food* 2 (1): 1-16.
- Juliani, H.R., Welch, C. R., Wu, Q., Diouf, B., Malainy, D. y Simon J. E. (2009). Chemistry and quality of hibiscus (*Hibiscus sabdariffa*) for developing the natural-product industry in Senegal. *Journal of Food Science: Sensory and Food Quality* 74 (2): 113-121.
- Saeed, I. E., Sopian, K. y Abidin, Z.Z. (2008). Thin layer drying characteristics of roselle (1): mathematical modeling and drying experiments *Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal*. Manuscript FP 08 015 Vol X: 1-25.
- Samsudin, A., Mat, A.I. y Taufik, A.M. (2000). Drying of roselle using dryer, *Journal Tropical Agriculture and Food Science* 28 (2): 165-172.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2015). Cierre de la producción agrícola por cultivo, Anuario estadístico 2015. México. [http://www.gob.mx/siap/index.php?option=com\\_wra](http://www.gob.mx/siap/index.php?option=com_wra). Accesada 8/10/2016.
- SNICS, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (2014). Guía Técnica para la Descripción Varietal de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* (L.) Torr). SNICS/SAGARPA. Tlalnepantla. Estado de México. 29 p.
- Suherman, F. B., Satriadi, H., Yuariski, O., Nugroho, R.S. y Shobib, A. (2012). Thin layer drying kinetics of roselle. *Avance Journal of Food Science* 28 (2): 165-172.
- Wang, C. J, Wang, J. M., Lin, W. L., Chu, C. Y., Chou, F. P. y Tseng, T.H. (2000). Protective effect of *Hibiscus* anthocyanins against tert-butyl hydroperoxide-induced hepatic toxicity in rats. *Food and Chemical Toxicology* 38 (5): 411—416.

## CONTENIDO DE LICOPENO, $\beta$ -CAROTENO Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN ENCAPSULADOS DE JUGO DE TOMATE.

César U. López-Palestina<sup>1</sup>; César L. Aguirre-Mancilla<sup>1</sup>; Juan G. Ramirez-Pimentel<sup>1</sup>; Juan C. Raya-Pérez<sup>1</sup>; Jorge Gutiérrez Tlahque<sup>1</sup>; Rubén Jiménez-Alvarado<sup>2</sup>; Alma D. Hernández-Fuentes<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Roque, km. 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, C.P. 38110. Celaya, Guanajuato. <sup>2</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Universidad Km. 1, Rancho Universitario, C.P. 43600, Tulancingo, Hidalgo. \*hfad@hotmail.com

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue producir encapsulados de jugo de tomate con elevada concentración de licopeno,  $\beta$ -caroteno y capacidad antioxidante, empleando diferentes proporciones de maltodextrina (MA) y goma arábiga (GA) como material de pared. Se tuvieron dos tratamientos de acuerdo al material de pared utilizado GA-MA y MA-GA en relación 3:1, que en conjunto con los sólidos jugo de tomate se llevó hasta una concentración de 30% de sólidos. Los encapsulados se obtuvieron mediante liofilización a una presión de vacío de  $133 \times 10^{-3}$  mBar a una temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$  durante 5 días. A los encapsulados se les determinó la actividad antioxidante mediante los ensayos de DPPH y ABTS, así como el contenido de licopeno y  $\beta$ -caroteno. Los resultados mostraron en referencia al jugo de tomate un incremento máximo de 2.81 y 2.67 veces el contenido de licopeno,  $\beta$ -caroteno respectivamente. La actividad antioxidante de los encapsulados de tomate aumentó en un máximo de 2.44 veces para DPPH y 4.38 veces para ABTS<sup>\*\*</sup>. Los encapsulados de tomate con material de pared MA-GA presentaron una mayor concentración de licopeno,  $\beta$ -caroteno y capacidad antioxidante frente a los radicales DPPH y ABTS<sup>\*\*</sup>.

**Palabras clave:** *encapsulación, liofilización, carotenoides, actividad antioxidante.*

### SUMMARY

The aim of this work was to produce encapsulated tomato juice with high concentration of lycopene,  $\beta$ -carotene and antioxidant capacity using different ratios of maltodextrin (MA) and gum arabic (GA) as wall material. There were performed two treatments according to the wall material used GA-MA and MA-GA in ratios 3: 1, with tomato juice up to a concentration of 30% solids. Encapsulates were obtained by freeze-drying at a vacuum pressure of  $133 \times 10^{-3}$  mBar at a temperature of  $-40^{\circ}\text{C}$  for 5 days. Encapsulates was analyzed for lycopene and  $\beta$ -carotene content and antioxidant activity by the DPPH and ABTS assays. The results in tomato juice showed a maximum increase of 2.81 and 2.67 times the content of lycopene and  $\beta$ -carotene respectively. The antioxidant activity of tomato encapsulated increased by a maximum of 2.44 times for DPPH and 4.38 times for ABTS<sup>\*\*</sup>. The tomato encapsulated with MA-GA wall material presented a higher concentration of lycopene,  $\beta$ -carotene and antioxidant capacity against the radicals DPPH and ABTS<sup>\*\*</sup>.

**Key words:** *encapsulation, freeze-drying, carotenoids, antioxidant activity.*

### INTRODUCCIÓN

El tomate es uno de los frutos más ampliamente consumido en todo el mundo. Se considera que su consumo ofrece una serie de beneficios para la salud del consumidor, para reducir el riesgo de

enfermedades no transmisibles, como enfermedades cardiovasculares y varios tipos de cáncer (Vinha et al., 2014; Naranjo et al., 2016). Los beneficios a la salud humana se asocian a los metabolitos antioxidantes presentes en el fruto que pueden clasificarse como lipídicos e hidrosolubles, capaces de dextoxificar las especies reactivas del oxígeno y prevenir los cambios oxidativos en el cuerpo humano. El licopeno es un carotenoide liposoluble que representa el 80% de los carotenoides totales en los frutos de tomate y es el responsable de su color rojo. El  $\beta$ -caroteno es otro carotenoide presente en los frutos de tomate, es un fotoprotector que actúa en la fotosíntesis como un pigmento colector de luz en el fruto (Rosales et al., 2011; Naranjo et al., 2016). Ambos carotenoides son considerados excelentes antioxidantes debido a su capacidad de inhibir la acción del oxígeno singlete [ $O_2(a^1\Delta g)$ ], inhibir la oxidación de lípidos y la capacidad de atrapar radicales peroxilo ( $ROO^*$ ), principalmente (Ilahy et al., 2011; Oroian y Escriche, 2015). La utilización de estos carotenoides como ingredientes nutraceuticos dentro de los alimentos está actualmente limitada por una serie de factores tales como la baja solubilidad en agua, inestabilidad química, carácter lipófilo y baja biodisponibilidad. Además, son altamente inestables y susceptibles a la degradación física y química durante el procesamiento y almacenamiento de alimentos debido a los efectos químicos, mecánicos y térmicos (Tuyen et al., 2014; Gul et al., 2015).

Se ha encontrado que las técnicas de encapsulación ofrecen posibles soluciones para aumentar la biodisponibilidad, la solubilidad en agua y la estabilidad de los compuestos hidrófobos. El mecanismo consiste en encerrar el material del núcleo formando una membrana impermeable (matriz de pared) contra la tensión mecánica, la temperatura, la luz, la difusión de oxígeno entre otros. Para ello se pueden utilizar diferentes materiales de recubrimiento, por ejemplo, los polisacáridos tales como maltodextrina y goma arábica. Varios estudios señalan que estos polisacáridos tienen buenas propiedades como agentes encapsulantes, además de su biocompatibilidad, con alta solubilidad y baja viscosidad sin ser tóxicas (Tuyen et al., 2014; Gul et al., 2015; Oberoi et al., 2015; Tolun et al., 2016). En la literatura existen estudios donde se han encapsulado licopeno y  $\beta$ -caroteno de frutos como la sandía (Quek et al., 2007; Gomes et al., 2014; Oberoi et al., 2015), calabaza amarga espinosa (Tuyen et al., 2014), guayaba rosada (Kong et al., 2010) y tomate (Goula y Adamopoulos, 2005; Chiu et al., 2007). En estos estudios se ha determinado la eficiencia de la encapsulación, contenido de los carotenoides presentes, estabilidad durante el almacenamiento, entre otros. Gomes et al., (2014), por su parte, obtuvieron encapsulados de jugo de sandía con alto contenido de licopeno, evaluaron la actividad antioxidante y encontraron valores de 6.43  $\mu$ M Trolox/g de peso seco (PS). Sin embargo, no existe información suficiente sobre la protección de la capacidad antioxidante que pudieran brindar los materiales de pared a los carotenoides encapsulados. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue producir encapsulados de jugo de tomate con diferentes proporciones de maltodextrina y goma arábica como material de pared, con el fin de conservar una elevada concentración de licopeno,  $\beta$ -caroteno y capacidad antioxidante.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Materiales**

Frutos de tomate (*Solanum lycopersicum*) maduros de la variedad Saladette fueron adquiridos en la Central de Abastos de la Ciudad de Tulancingo, Hidalgo, México. Como materiales de pared se utilizaron goma arábica 8035 (CEDROSA S.A. de C.V., Naucalpan, Estado de México, México) y maltodextrina de 28 a 32 equivalentes de dextrosa (ED) de Reasol S.A. de C.V., México D.F., México.

### **Obtención de la pulpa de tomate y encapsulado por liofilización.**

Se obtuvo pulpa de tomate en una licuadora Osterizer® (Modelo BLSTBC4129-013, México). La pulpa obtenida fue sometida a un baño por ultrasonidos (Ultrasonic Cleaner, Mod. 32V118A, Illinois, U.S.A.), por 15 min a 30°C y a una frecuencia de 40 KHz. A la pulpa de tomate obtenida se le determinó el contenido de licopeno,  $\beta$ -caroteno y actividad antioxidante mediante los ensayos del efecto detoxificador de radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) y el método de la capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC, por sus siglas en inglés), los cuales se describen en la siguiente sección. Se tuvieron dos tratamientos de acuerdo al material de pared utilizado GA-MA y MA-GA en relación 3:1, más jugo de tomate hasta una concentración total del 30% de sólidos. La mezcla se homogenizó durante 16 h en un agitador magnético (CIVEQ, 85-2, México) sin exposición a la luz. Las muestras obtenidas fueron ultracongeladas a -70°C (Ultracongelador THERMO SCIENTIFIC 303, EUA) durante 72 h. Después las muestras ultracongeladas se liofilizaron (Liofilizadora Model 79480 LABCONCO, Missouri, EUA) a una presión de vacío de  $133 \times 10^{-3}$  mBar a una temperatura de -40°C durante 5 días. Para la obtención del producto final en polvo, las muestras liofilizadas fueron sometidas a un proceso de molienda en un molino de cuchillas (RTSCH GM 200, Alemania) a 9000 rpm con un periodo de tiempo de 50 s hasta obtener un polvo fino de 150 micras.

### **Determinación de licopeno y $\beta$ -caroteno**

Se determinó mediante un método espectrofotométrico de acuerdo a Goula y Adamopoulos (2005) con modificaciones. Se pesaron 0.1g de muestra y se disolvieron con 10 mL de hexano, después se homogenizaron en un vortex durante 5 min. Posteriormente las muestras se centrifugaron a 10000 *xg* durante 10 min (centrifuga Thermo Scientific, Mod. ST 16R, Alemania). La cuantificación del licopeno y  $\beta$ -caroteno se determinó usando curvas estándar para cada uno de los carotenoides a una longitud de onda de 503 y 478 nm (Espectrofotómetro modelo 6715 UV/Vis, Jenway, Techne Inc. EE.UU.), respectivamente.

### **Actividad antioxidante**

La actividad antioxidante se determinó mediante el método del efecto detoxificador de radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), desarrollado por Brand-Williams et al., (1995), y el método de la capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC, por sus siglas en inglés), descrito por Re et al., (1999). Se pesaron 0.1g de muestra y se disolvieron con 10 mL de etanol, posteriormente se homogenizaron en un vortex durante 5 min. Después las muestras se centrifugaron a 10000 *xg* durante 10 min. La decoloración del radical DPPH fue determinado en un espectrofotométricamente a 515 nm después de 60 min de reaccionar con la muestra a 4°C.

Para el método TEAC, se obtuvo el radical ABTS<sup>•+</sup> mediante la reacción de ABTS (7 mM) con persulfato potásico (2,45 mM) incubados a temperatura ambiente ( $\pm 25^\circ\text{C}$ ) y en la oscuridad durante 16 h. Una vez formado el radical ABTS<sup>•+</sup> se diluyó con etanol hasta obtener un valor de absorbancia de 0.700 ( $\pm 0.1$ ) a 734 nm. Las muestras se pusieron a reaccionar el ABTS<sup>•+</sup> diluido durante 6 min e inmediatamente se midió su absorbancia a 734 nm. Los resultados fueron expresados en  $\mu\text{M}$  equivalentes de Trolox por gramo de peso seco para ambos métodos.

### **Análisis estadístico**

Los datos obtenidos de todos los análisis fueron expresados como la media  $\pm$  la desviación estándar ( $n=3$ ), además se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparaciones

múltiples de medias de Tukey con una  $p \leq 0.05$ . Para todos los análisis se utilizó el programa SAS System for Windows versión 9.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se muestran el contenido inicial de licopeno,  $\beta$ -caroteno y la actividad antioxidante del jugo de tomate antes de la encapsulación. Estos valores son similares a los reportados en la literatura (Raffo et al., 2006; Vinha et al., 2014).

### Contenido de licopeno y $\beta$ -caroteno

El contenido de licopeno y  $\beta$ -caroteno se muestra en la figura 1. Como se observa existen diferencias significativas entre las mezclas de materiales de pared utilizados. La mezcla MA-GA (3:1), que contenía mayor contenido de maltodextrina presentó un mayor contenido de los carotenoides analizados a la misma concentración de sólidos en el material de pared. Esto se puede explicar debido a que los materiales de pared fueron integrados directamente en el jugo de tomate. Y en algunos estudios se reporta que la maltodextrina se utiliza ampliamente para secado de jugo de frutas, dado que facilita el encapsulamiento, ya que las unidades de  $\beta$ -D-glucosa al añadirse a los jugos de fruta reduce la pegajosidad y da mayor estabilidad al producto (Quek et al., 2007; Oberoi et al., 2015).

**Cuadro 1. Carotenoides y actividad antioxidante en jugo de tomate antes de la encapsulación.**

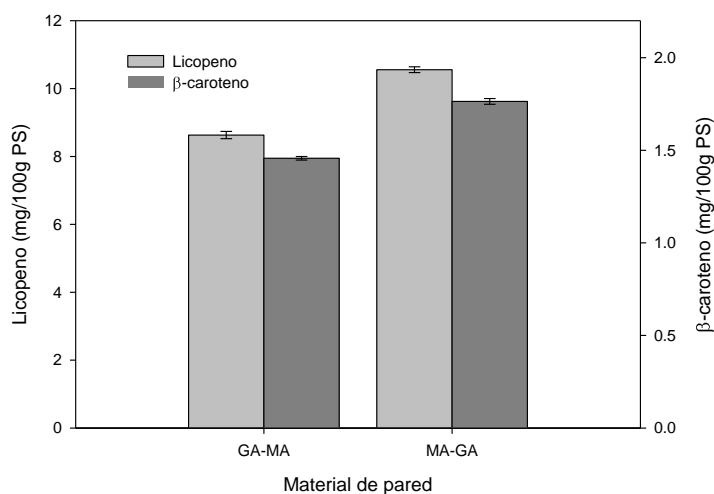
Análisis	Valores promedio
Licopeno (mg/100 g PF)	2.71 $\pm$ 0.01
$\beta$ -caroteno (mg/100 g PF)	0.49 $\pm$ 0.02
Actividad antioxidante	
DPPH ( $\mu$ M eq Trolox/g PF)	1.88 $\pm$ 0.01
ABTS <sup>•+</sup> ( $\mu$ M eq Trolox/g PF)	2.43 $\pm$ 0.01

Los datos expresan valores promedio  $\pm$  la desviación estándar (n=3). DPPH: 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo; ABTS: [2,2'-azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico)]

Los valores encontrados en el contenido de licopeno y  $\beta$ -caroteno en el presente estudio son menores a los reportados por otros autores, tales como Quek et al., (2007) y Oberoi et al., (2015), los cuales han encapsulado estos carotenoides provenientes de jugo de sandía, sin embargo, en ambos estudios utilizaron poca concentración de maltodextrina como material de pared, del orden del 5 y 10% como máximo respectivamente. Gomes et al., (2014), por su parte encontraron 22.89 mg/100 g PS de licopeno en microcápsulas de jugo de sandía encapsulado con goma arábiga y maltodextrina. Aun estos valores son superiores a los encontrados en el presente estudio. Esto se puede deber a la cantidad de sólidos utilizados como material de pared. Por ejemplo, Gomes et al., (2014) llevaron la mezcla de alimentación hasta un 22% de sólidos, mientras que en el presente estudio la mezcla de alimentación se llevó hasta un 30%, por lo tanto, se puede explicar que se diluye la concentración del licopeno y  $\beta$ -caroteno a una mayor concentración de sólidos como material de pared.

Por otra parte, los resultados muestran que el contenido de licopeno y  $\beta$ -caroteno se incrementan en un máximo de 2.81 y 2.67 veces respectivamente en los encapsulados de tomate en comparación al jugo de tomate inicial. Estos resultados son similares a los reportados por Gomes

et al., (2014) quienes encontraron un aumento de 2.16 veces en licopeno en polvo de sandía secada por atomización.



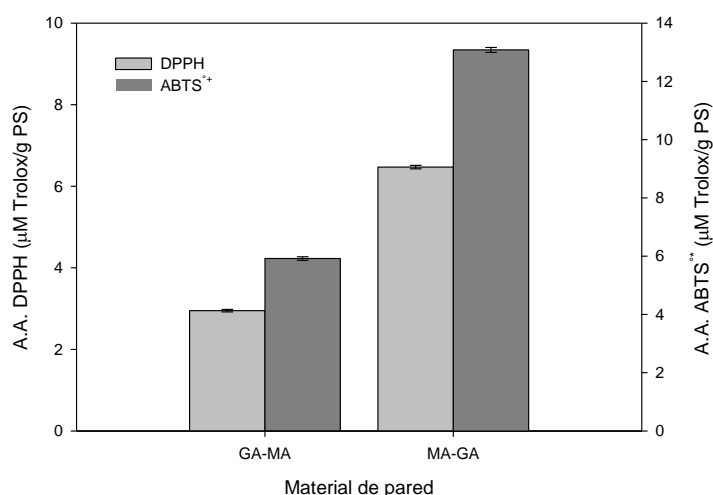
**Figura 1. Contenido de licopeno y  $\beta$ -caroteno en los encapsulados de jugo de tomate.**

#### **Actividad antioxidante**

La actividad antioxidante de los encapsulados de tomate mediante los ensayos de DPPH y ABTS<sup>•+</sup> se muestra en la figura 2. Se observa que las muestras con material de pared MA-GA, presentaron una mayor actividad antioxidante para ambos radicales libres. Esto es debido al mayor contenido de licopeno y  $\beta$ -caroteno en las muestras. Sin embargo, el valor de la actividad antioxidante fue de casi el doble respecto a la actividad antioxidante que presentan los encapsulados con pared GA-MA en ambos ensayos (DPPH y ABTS<sup>•+</sup>). Este comportamiento se puede deber a la presencia de compuestos fenólicos y vitamina C en el jugo de tomate, que en conjunto con el licopeno y  $\beta$ -caroteno presentan una elevada actividad antioxidante en tomates (Raffo et al., 2006; Rosales et al., 2011). Estas sustancias posiblemente fueron más susceptibles al encapsulamiento en el material de pared donde la mezcla contenía una mayor proporción de maltodextrina (MA-GA). En algunos estudios donde se ha encapsulado compuestos fenólicos, la maltodextrina provee mayor encapsulamiento y estabilidad frente a la goma arábica (Ferrari et al., 2013).

Los valores de actividad antioxidante de este estudio fueron mayores a los reportados por Gomes et al., (2014), quienes encontraron 6.43  $\mu$ M Trolox/g PS en miroencapsulados de jugo de sandía rico en licopeno, mientras que en este estudio se encontró una máxima actividad de 6.47 y 13.08  $\mu$ M Trolox/g PS para DPPH y ABTS<sup>•+</sup> respectivamente. La actividad antioxidante de los encapsulados de tomate aumentó en un máximo de 2.44 para DPPH y 4.38 para ABTS<sup>•+</sup>, respecto al jugo de tomate. El incremento de licopeno,  $\beta$ -caroteno y por lo tanto la actividad antioxidante en los encapsulados de tomate, es favorable debido a que hacen de estos encapsulados una fuente importante de antioxidantes. Dado que el licopeno y  $\beta$ -caroteno son considerados compuestos bioactivos capaces de contribuir a la salud de los consumidores por su elevada actividad antioxidante frente agentes oxidantes (Rosales et al., 2011; Ilahy et al., 2011; Oroian y Escriche, 2015).





**Figura 2. Actividad antioxidante (A.A.) de los encapsulados de tomate frente a los radicales DPPH y ABTS<sup>••</sup>.**

### CONCLUSIONES

El proceso de encapsulación de jugo de tomate dio como resultado una aumento y protección del licopeno,  $\beta$ -caroteno y de la actividad antioxidante en comparación con el jugo de tomate inicial. La mezcla de polímeros MA-GA (3:1), fue la más eficiente para encapsular jugo de tomate dado que la mayor proporción de maltodextrina permitió mayor protección de licopeno y  $\beta$ -caroteno y posiblemente compuestos fenólicos. Debido a esto los encapsulados del tratamiento MA-GA-jugo de tomate mostraron una mayor actividad antioxidante frente a la decoloración de los radicales DPPH y ABTS<sup>••</sup>.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Brand-Williams W; Cuvelier ME; Berset, CLWT (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Chiu YT; Chiu CP; Chien JT; Ho GH; Yang J; Chen BH (2007). Encapsulation of lycopene extract from tomato pulp waste with gelatin and poly ( $\gamma$ -glutamic acid) as carrier. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(13), 5123-5130.
- Ferrari CC; Marconi GSP; Alvim ID; de Aguirre JM (2013). Storage stability of spray-dried blackberry powder produced with maltodextrin or gum arabic. *Drying Technology*, 31(4), 470-478.
- Gomes FS; Cabral LMC; Campos SCM; de Janeiro R (2014). Lycopene content and antioxidant capacity of watermelon powder. *Proc. Intlrd Is on Human Health Effects of Fruits and Vegetables*, 1, 05.
- Goula AM; Adamopoulos KG (2005). Stability of lycopene during spray drying of tomato pulp. *LWT-Food Science and Technology*, 38(5), 479-487.
- Gul K; Tak A; Singh AK; Singh P; Yousuf B; Wani AA (2015). Chemistry, encapsulation, and health benefits of  $\beta$ -carotene-A review. *Cogent Food & Agriculture*, 1(1), 1018696.

Ilahy R; Hdidier C; Lenucci MS; Tlili I; Dalessandro G (2011). Phytochemical composition and antioxidant activity of high-lycopene tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars grown in Southern Italy. *Scientia Horticulturae*, 127(3), 255-261.

Kong KW; Ismail A; Tan CP; Rajab NF (2010). Optimization of oven drying conditions for lycopene content and lipophilic antioxidant capacity in a by-product of the pink guava puree industry using response surface methodology. *LWT-Food Science and Technology*, 43(5), 729-735.

Naranjo RDDP; Otaiza S; Saragusti AC; Baroni V; Carranza ADV; Peralta IE; Valle EM; Carrari F; Asis R (2016). Hydrophilic antioxidants from Andean Tomato Landraces assessed by their bioactivities in vitro and in vivo. *Food chemistry*, 206, 146-155.

Oberoi DPS; Sogi DS (2015). Effect of drying methods and maltodextrin concentration on pigment content of watermelon juice powder. *Journal of Food Engineering*, 165, 172-178.

Oroian M; Escriche I (2015). Antioxidants: characterization, natural sources, extraction and analysis. *Food Research International*, 74, 10-36. Pains, M., Aliakbarian, B., Casazza, A. A., Lagazzo, A., Botter, R., & Perego, P. (2015). Microencapsulation of phenolic compounds from olive pomace using spray drying: a study of operative parameters. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 177-186.

Quek SY; Chok NK; Swedlund P (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 46(5), 386-392.

Re R; Pellegrini N; Proteggente A; Pannala A; Yang M; Rice-Evans C (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26(9), 1231-1237.

Raffo A; La Malfa G; Fogliano V; Maiani G; Quaglia G (2006). Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1). *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(1), 11-19.

Rosales MA; Cervilla LM; Sánchez-Rodríguez E; Rubio-Wilhelmi MDM; Blasco B; Ríos JJ; Ruiz JM (2011). The effect of environmental conditions on nutritional quality of cherry tomato fruits: evaluation of two experimental Mediterranean greenhouses. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(1), 152-162.

Tolun A; Altintas Z; Artik N (2016). Microencapsulation of grape polyphenols using maltodextrin and gum arabic as two alternative coating materials: Development and characterization. *Journal of Biotechnology*, 239, 23-33.

Tuyen CK; Nguyen MH; Roach PD; Stathopoulos CE (2014). Microencapsulation of Gac oil: Optimisation of spray drying conditions using response surface methodology. *Powder Technology*, 264, 298-309.

Vinha AF; Alves RC; Barreira SV; Castro A; Costa AS; Oliveira MBP (2014). Effect of peel and seed removal on the nutritional value and antioxidant activity of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruits. *LWT-Food Science and Technology*, 55(1), 197-202.

## REGENERACIÓN *IN VITRO* DE CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annuum* L.)

Adriana Paola Martínez-Camacho<sup>1</sup>; Gabriel Iturriaga-de la Fuente<sup>1</sup>; Juan Gabriel Ramírez-Pimentel<sup>1</sup>; Juan Carlos Raya-Pérez<sup>1</sup>

1 Instituto Tecnológico de Roque, carretera Celaya - Juventino Rosas Km.8, 38110 Celaya, Gto. México.

[gaiturriaga@itroque.edu.mx](mailto:gaiturriaga@itroque.edu.mx)

### RESUMEN

Este estudio evalúa cuatro diferentes concentraciones de 6-benciladenina y de ácido indol-3-acético para establecer un sistema de regeneración *in vitro* de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.), se utilizaron dos explantes diferentes, cotiledones e hipocótilos, en la etapa de inducción. De acuerdo con el análisis estadístico, el tratamiento con mejor respuesta para la formación de brotes fue donde se utilizó solo la fitohormona BAP con 5 mg/l para ambos explantes, por lo que hasta ahora no hay diferencia significativa entre explantes.

### ABSTRACT

This study evaluates four different concentrations of 6-benzyladenine and indole-3-acetic acid to establish an *in vitro* regeneration system of jalapeño (*Capsicum annuum* L.), two different cotyledons and hypocotyl explants were used in the induction stage. In the induction stage, according to the statistical analysis, the treatment with the best response for the formation of shoots was where only the phytohormone BAP with 5 mg/l was used for both explants, so that until now there is no significant difference between explants.

### INTRODUCCIÓN

La especie de chile más importante *Capsicum annuum*, cuenta con más de 100 variedades que se consumen por todo el mundo. Actualmente las variedades de *C. annuum* son de gran importancia debido a su demanda en el consumo y comercialización; con origen, domesticación y diversificación en México, se dispersó a través del mundo en la época colonial después de que fue llevada a Europa y Asia por los españoles hace más de 500 años, y se ha convertido en uno de los saborizantes más importantes en la cocina mundial (Aguilar *et al.*, 2010). Por ello, México se ha consolidado como uno de los principales exportadores a nivel mundial, para el año 2016 se produjeron 3,061,094 t con un valor de 20,047,101 pesos (SIAP, 2017). Sin embargo la producción de esta solanácea se ha visto afectada debido a diversos factores bióticos y abióticos, como hongos patógenos, bacterias y virus, así como por temperaturas extremas, humedad, pH entre otros. En el caso de chile, su alta dependencia genotípica y su naturaleza recalcitrante lo han desfavorecido para combatir los diferentes tipos de estrés como se ha hecho en otras solanáceas, por eso es que las herramientas de la biotecnología como el cultivo de tejidos y las técnicas del ADN recombinante pueden ayudar a complementar el fitomejoramiento tradicional y también poder acelerar la adquisición de características favorables en el cultivo de *Capsicum* (Kothari *et al.*, 2009). Los estudios siguen avanzando para lograr la mejora de este cultivo y así darle un valor adicional, por eso es que en este trabajo se buscó montar un sistema de regeneración *in vitro* para chile jalapeño, partiendo de la

generación brotes a partir de explantes de hipocotilos y cotiledones bajo distintas concentraciones de hormonas, con la hipótesis que se puede obtener un sistema eficiente de regeneración de plantas completas y fértiles de jalapeño (*Capsicum annuum* L.).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material vegetal

Para este trabajo se utilizó semilla de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) de la marca comercial Caloro, debido a que evaluaciones previas fue la que mostro mayor porcentaje de germinación y mayor respuesta a la regeneración. Las semillas fueron desinfectadas previamente a la germinación con etanol al 70% donde se mantuvieron en agitación por 3 min, después se utilizó hipoclorito de sodio al 20% agitándose nuevamente durante 3 min, para finalizar se les dio tres enjuagues con agua esteril destilada y se pusieron a secar bajo el aire de la campana de flujo laminar sobre una sanita esteril. En cajas Petrí de plástico con medio básico MS (Murashige y Skoog, 1962) al 50%, ajustado a un pH de 5.8, solidificado con 0.8% de agar y se esterilizo en autoclave a 120°C durante 15 min. Se colocaron por caja 20 semillas para germinar a una temperatura promedio de 25°C. Los explantes de hipocotilo y cotiledon se cortaron de plántulas de 3 semanas de edad.

### Medio de cultivo y condiciones

Se utilizó medio MS adicionado con diferentes concentraciones de hormonas 6-benciladenina (BAP) y ácido indol-3-acético (AIA) y 1.7 mg/l de AgNO<sub>3</sub>, el primer tratamiento consto de la adición de 2 mg/l de BAP, el tratamiento dos de 2 mg/l de BAP con 1 mg/l de AIA, el tercer tratamiento 5 mg/l de BAP y el cuarto tratamiento con 5 mg/l con 1 mg/L de AIA. Cada tratamiento consto de cinco repeticiones con 10 explantes por repetición para cada uno de los dos explantes: cotiledones e hipocotilos. El experimento se llevo a cabo bajo condiciones estandar (16 hr de luz por 8 hr de oscuridad).

### Determinaciones estadísticas

Para la determinación del mejor tratamiento de esta primera parte de formación de brotes se tomaron las observaciones formación de callo, formación de callo no friable, número de explantes con brotes por repetición por tratamiento, número de explantes por raíz por repetición por tratamiento, número de explantes con producción de compuestos fenolicos por repetición por tratamiento, estos datos se colectaron a las 8 semanas del cultivo de los explantes. Los analisis fueron llevados a cabo en el programa estadístico SAS 9.3, donde se realizó un ANOVA y posteriormente una comparación de medias ajustadas de Tukey al 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para esta primera etapa de regeneración de acuerdo al ANOVA bifactorial se encontraron diferencias altamente significativas para todas las variables (Tabla 1), por lo que se procedio a realizar una comparación de medias (Tabla 2).

**Tabla 1. Cuadrados medios del ANOVA bifactorial para las variables evaluadas en la primera etapa de regeneración de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.)**

Fuentes de variación	GL	Callo	Callo no friable	no Brotes	Raíz	Compuestos fenolicos
----------------------	----	-------	------------------	-----------	------	----------------------

Trat	3	33.09**	54**	49.6**	9.9 <sup>ns</sup>	15.63**
Trat*Rep	16	2.5 <sup>ns</sup>	5.41 <sup>ns</sup>	3.62 <sup>ns</sup>	3.42 <sup>ns</sup>	0.51 <sup>ns</sup>
Var	1	24.2**	3.6 <sup>ns</sup>	16.9 <sup>ns</sup>	62.5**	10.0*
Trat*Var	3	18.8**	12.0*	17.23 <sup>ns</sup>	9.9 <sup>ns</sup>	3.26 <sup>ns</sup>
Var*Rep	4	13.21**	3.6 <sup>ns</sup>	18.08*	2.68 <sup>ns</sup>	1.56 <sup>ns</sup>
Error	12	2.01	2.7	5.5	3.67	1.32

\*\* Altamente significativo

\* Significativo

<sup>ns</sup> No significativo

$\alpha$  0.05

En el análisis de varianza, se encontraron diferencias altamente significativas para todas las variables por lo que se porcee a realizar la comparación de medias.

**Tabla 2. Respuestas para la primera etapa de la regeneración *in vitro* de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.)**

Explantos	Concentraciones	Callo	Callo friable	no Brotes	Raíz	Compuestos fenolicos
Cotiledones	BAP2	3.2a	2.8b	5.6b	0a	1b
	BAP2+1AIA	4.2a	5.6 <sup>a</sup>	4.2b	0a	4a
	5BAP	0.4b	0c	9.8a	0a	0bc
	5BAP+1AIA	1b	0c	7ab	0a	0.4c
Hipocotilos	BAP2	2c	5.8 <sup>a</sup>	2c	1.8b	0a
	BAP2+1AIA	6.6a	3.4b	6.6ab	4a	1a
	5BAP	5.4b	1.4bc	8.4a	0c	0a
	5BAP+1AIA	1c	0.2c	4.4bc	4.2a	0a

- Valores de un experimento donde se utilizarón dos tipos de explantes en 4 consentraciones de hormonas, con 5 repeticiones cada una y 10 explantes por repetición.
- Las letras diferentes muestran diferencias estadísticas entre medias (Tukey;  $p \leq 0.05$ )

Los explantes tomados de cotiledón e hipocotilo de plantúlas cultivadas asépticamente durante tres semanas, mostraron crecimiento celular, en los bordes cortados, a los 8 días de haber sido colocados en el medio de cultivo. El callo se presentó con un color blancusco que se fue amarillando. De acuerdo a la comparación de medias, se observó que el mayor número de cotiledones con callo se formaron en los tratamientos con 2mg/l de BAP con o sin AIA, mientras que para los hipocotilos el tratamiento de BAP 2mg/l tuvo mayor formación de callo.

Con respecto a la formación de brotes, las primeras estructuras se presentaron a las 2 semanas, la mayor respuesta se observó en el tratamiento con 5 mg/l de BAP para ambos explantes, sin embargo, con este tratamiento en los cotiledones no se observó la presencia de callo, por lo que el porcentaje de la organogénesis directa fue de 100%.

En los cuatro tratamientos, utilizando ambos explantes, cotiledones e hipocotilos, se observó la formación de brotes en menor o mayor frecuencia, esta respuesta inicial coincide con las observaciones realizadas por algunos autores donde mencionan que la organogénesis se puede encontrar en la superficie de los cortes de *Capsicum*, independientemente de los reguladores de crecimiento aplicados (Dabauza y Peña, 2001; Gatz, 2002; Joshi y Kothari, 2007; Orłinska y Nowaczyk, 2015).

Para este experimento se observó que el efecto de las citocininas mejora la frecuencia de brotación en la variedad chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.), siendo el mejor tratamiento estadísticamente, BAP 5mg/L, a diferencia de lo encontrado por algunos otros autores como Swamy *et al.*, (2014) que halló que las citocininas por sí solas no tenían un efecto significativo sobre el potencial de

regeneración de los brotes en las plantas de *C. annuum* L., esto nos ayuda a confirmar la dependencia genotípica antes mencionada por Kothari *et al.* (2009) y Tata *et al.*, (2016), en la figura 1 se muestran las respuestas de los explantes de cotiledón como de hipocotilo a los diferentes tratamientos, en la primera etapa de la regeneración. También se pudo observar que en los hipocotilos se desarrolló raíz con mayor frecuencia en los tratamientos adicionados con 1 mg/l de

AIA, mientras que en el tratamiento con 5 mg/l de BAP no se observo el desarrollo de raíz. Y con respecto a la formación de compuestos fenolicos el tratamiento con 2 mg/l de BAP y 1 mg/l de AIA presento fue el que presento más de estos compuestos.

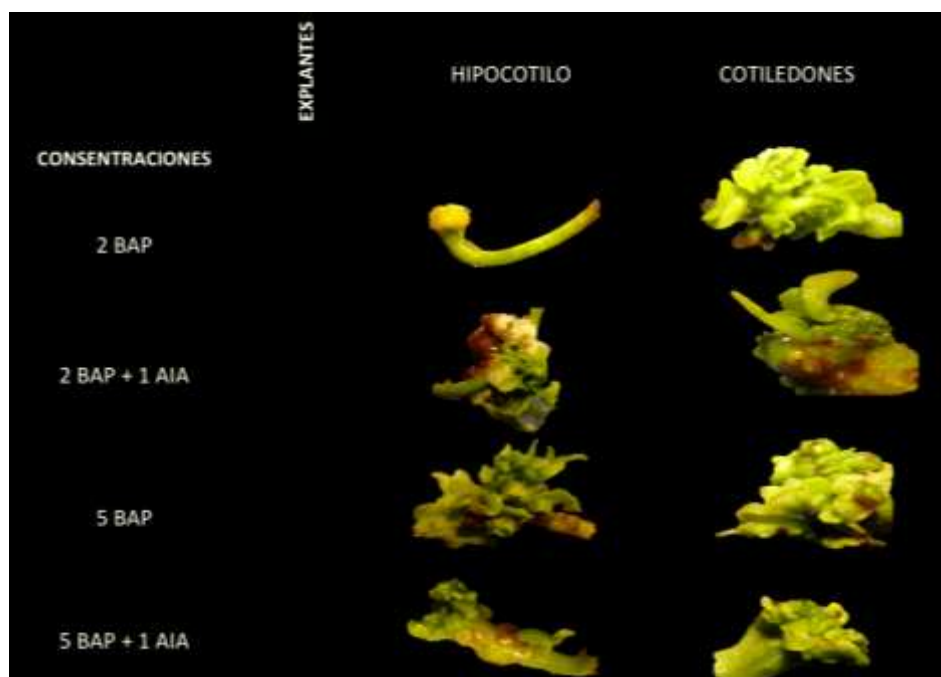


Figura 1. Respuesta de los diferentes explantes, hipocotilo y cotiledon, a las cuatro consentaciones de hormonas, para la etapa de inducción en la regeneración *in vitro* de *Capsicum annuum* L. se logra observar la formación de brotes y formación de callo, así como la presencia en algunos de ellos de compuestos fenólicos.

## CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en etapa de inducción en la regeneración *in vitro* de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.), prueban que es posible contar con un sistema de regeneración eficiente, apatado a las condiciones del Instituto Tecnológico de Roque, rebasando la dependencia genotípica natural de los materiales vegetales de *C. annuum*.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar-Rincón, V. H., T. Corona Torres, P. López López, L. Latournerie Moreno, M. Ramírez Meraz, H. Villalón Mendoza y J. A. Aguilar Castillo. 2010. Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114 p.

Dabauza M, Peña L (2001). High efficiency organogenesis in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) tissues from different seedling explants. *Plant growth Reg.* 33: 221-239. DOI: 10.1023/A:1017585407870

Gatz, Andrezej (2002). Induction of shoot buds, multiplication and plantlet formation in seedling explants of bell pepper (*Capsicum annuum* L., CV. Bryza) *in vitro*. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 3: 187-193 DOI: <http://dx.doi.org/10.5586/asbp.2002.022>

Joshi, A. and S.L. Kothari, 2007. High copper levels in the medium improves shoot bud differentiation and elongation from the cultured cotyledons of *Capsicum annuum* L. *Plant Cell Tissu Organ Culture*, 88: 127-133. DOI: 10.1007/s11240-006-9171-6

Kothari S.L., Joshi A., Kachhwaha S., Ochoa-Alejo N. (2009) Chilli peppers - A review on tissue culture and transgenesis. *Biotechnology Advances* 28: 35–48. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2009.08.005

Murashige T, Skoog F (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant* 15: 473–497.

Orlinska, Marta y Nowaczyk, Pawel. (2015) In vitro plant regeneration of 4 *Capsicum* spp. genotypes using different explant types. *Turkish Journal of Biology* 39: 60-68 DOI: 10.3906/biy-1403-89

SIAP, 2017. Avance de siembras y cosechas. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera([http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do)) [Accessed Febrero 2017].

Swamy Shreya, Krupakar A., Chandran Surendra D., Koshy Eapen P. (2014) Direct regeneration protocols of five *Capsicum annuum* L. varieties. *African Journal of Biotechnology* 13(2): 307-312 DOI: 10.5897/AJB2013.12592

Tata Sape Subba, Taminana Rupavathi, Kumar Owk Aniel (2016) Applied Concepts in Chili Pepper (*Capsicum annuum* L.). Special reference to Invitro and Molecular Studies. LAP LAMBERT Academic Publishing.



## IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DE PÉPTIDOS PROVENIENTES DE SEMILLA DE MELÓN (*Cucumis melo* L.)

Francisco Xavier Mojica Rodríguez<sup>1</sup>; Irma Bernal Lugo<sup>2</sup>; Juan Gabriel Ramírez Pimentel<sup>1</sup>; César Leobardo Aguirre Mancilla<sup>1</sup>; Gabriel Iturriaga de la Fuente<sup>1</sup>; Juan Carlos Raya Pérez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Roque. km 8 carretera Celaya-Juventino Rosas. C.P. 38110. Celaya, Gto., México; <sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química, Circuito Exterior S/N, Coyoacán, Cd. Universitaria, 04510 Ciudad de México, CDMX

Autor para correspondencia: juancarlos.raya@gmail.com

### RESUMEN

Las plantas han desarrollado mecanismos de protección contra patógenos en los cuales, proteínas y péptidos con actividad antimicrobiana, tienen un rol importante. Diferentes tipos de moléculas de origen proteico han sido aislados de semillas de plantas incluyendo defensinas, tioninas, lectinas y vicilinas. El objetivo de este trabajo fue aislar e identificar una fracción proteica involucrada en la defensa contra patógenos, particularmente péptidos antimicrobianos con actividad antifúngica presentes en la semilla de melón (*Cucumis melo* L.). La extracción de las fracciones proteicas (albúminas, globulinas, prolaminas, glutelinas) se realizó de manera secuencial en base a su solubilidad. Se cuantificó la proteína total de la harina desgrasada por Kjeldal y de cada una de las fracciones por Bradford. Se separó la fracción de albúminas y globulinas en sub-fracciones por cromatografía de columna y se evaluó la actividad antifúngica contra *Alternaria alternata* de las sub-fracciones por el método del agar "envenenado", el cuál mide la inhibición del crecimiento del hongo. La sub-fracción G1 y G2 mostraron mayor inhibición.

**Palabras clave:** *Cucumis melo*, *Alternaria alternata*, péptidos antimicrobianos, actividad antifúngica, inhibición de crecimiento.

### ABSTRACT

Plants have developed several protection mechanisms against phytopathogens, in which, proteins and peptides with antimicrobial activity, play an important role. Different types of antimicrobial proteins have been purified from plant seeds, including defensins, thionins, lectins and vicilins. The aims of this work, were to isolate and identify a protein fraction involved in the defense against pathogens, particularly antimicrobial peptides with antifungal activity from melon (*Cucumis melo* L.) seeds. Protein extraction (albumin, globulins, prolamin, glutelins) was performed according the solubility of each fraction. Protein total content was quantified by Kjeldahl and each separated fraction content by Bradford method. Each fraction was again separated in sub-fractions by chromatography and it was evaluated the antifungal activity against *Alternaria alternata* of the sub-fractions by "poisoned" agar test in which, fungal growth inhibition is measured. Sub-fractions G1 and G2 showed the higher antifungal activity.

**Keywords:** *Cucumis melo*, *Alternaria alternata*, antimicrobial peptides, antifungal activitie, growth inhibition assay.

### INTRODUCCIÓN

Los péptidos antimicrobianos (AMPs) constituyen un mecanismo de defensa ampliamente distribuido en plantas, insectos y vertebrados. La composición de aminoácidos, su carga neta (generalmente catiónica), así como sus características anfipáticas y de tamaño, favorecen su

interacción con bicapas lipídicas, principalmente aquellas que forman las membranas citoplasmáticas de patógenos (bacterias, hongos, virus envueltos y parásitos), en las que forman poros. Recientemente su rango de acción se ha extendido al citoplasma bacteriano, en donde alteran la formación del septo de la membrana citoplasmática, inhiben la síntesis de la pared celular, la de ácidos nucleicos, la de proteínas, así como algunas actividades enzimáticas (Ganz T. Defensins: antimicrobial peptides of innate immunity. *Nat Rev Immunol* . 2003; 3: 710-720).

Proteínas y péptidos antimicrobianos han sido aislados de una gran variedad de especies vegetales. Cada vez es más claro que este tipo de moléculas juegan un papel importante en la protección de las plantas que las contienen (Shewry and Lucas, 1997; Broekaert et al., 1997; Thomma et al., 2002). Las vicilinas, por ejemplo, son proteínas de reserva tipos globulinas 7S, normalmente de alto peso molecular sin puentes de disulfuro que están presentes en leguminosas principalmente pero también se han encontrado en otras plantas (Derbyshire et al., 1976; Casey et al., 1986). Estas interfieren con la germinación de esporas o conidios de hongos fitopatógenos e inhiben el crecimiento de levadura (Gomes et al., 1997, 1998a).

Con base en homologías en la estructura primaria, los péptidos con actividad antifúngica pueden ser clasificados en distintas familias que incluyen las tioninas, defensinas, proteínas de transferencia de lípidos, de patogénesis, entre otras. Los péptidos antimicrobianos contemplan una gran variedad de motivos estructurales y hasta ahora se sabe que contienen un número considerable de cisteínas, las cuales están conectadas por puentes de disulfuro, dándoles una alta estabilidad. Los mecanismos de acción de los péptidos antifúngicos son tan variados como sus fuentes de origen e incluyen degradación polimérica de pared celular fúngica, formación de poro, daño al ribosoma celular, inhibición de síntesis de ADN e inhibición del ciclo celular (Samblanx,G.;Osborn,R.Crit.Rev.PlantSci.1997,16,297323).

Las infecciones bacterianas y parasitarias en humanos han aumentado debido a la aparición de cepas resistentes a los compuestos antibacterianos y antiparasitarios, por lo que la búsqueda y desarrollo de nuevos compuestos con dichas actividades se han convertido en una prioridad para el control de la resistencia que los organismos generan en el organismo.

Por otra parte, la producción industrial de fungicidas, pesticidas, insecticidas conlleva un fuerte impacto en el ambiente debido a la utilización excesiva de combustibles. El uso de péptidos con actividad inhibitoria anti-fúngica y anti-bacterial representa una alternativa orgánica para el cuidado de cultivos y prevención de enfermedades. A fin de disminuir la producción de agroquímicos contaminantes y potencialmente peligrosos.

Existen diferentes reportes sobre la composición de la semilla de melón de acuerdo a la región geográfica donde se cultivaron. Rashwan *et al.* (1993) de Egipto, reportó la cantidad de lípidos y proteína de semillas de melón dulce (*Cucumis melo*) aproximadamente 37 y 54% respectivamente. Sin embargo, Teotia y Ramakrishna (1983) reportaron un contenido de aceite entre 40 y 47% y una proteína de 23 a 36% en semillas cultivadas en India. Kaur *et al.* (1988) también de la India, encontró un contenido proteico de 23.8%. En el año 2000 se reportó la composición de un melón híbrido AF-522 altamente cultivado en la región noreste de Brasil. La semilla contenía un 30.8% de lípidos y 14.9% de proteínas (Ladjane y Narain, 2000) Las semillas de otro melón híbrido "ChunLi" fueron

también analizadas para su composición aproximada. Las semillas contenían altos porcentajes de lípidos (35.36%) y proteína (29.9%) (Hu y Ao, 2007). El melón honeydew (*cucumis melo* var. inodorus) fue analizado y se calculó una composición aproximada de 25% de proteína y 25% de aceite. Maria L. de Mello junto con Pushkar S. Bora y Narendra Narain obtuvieron semillas de melón (*cucumis melo* var. Sacchanirus) “piel de sapo” y fueron analizadas para obtener su composición total. Estas semillas contenían 32.3% de lípidos y 19.3% de proteínas.

Los objetivos del presente trabajo de investigación fueron obtener péptido(s) con actividad biológica antifúngica, diseñar un producto para control biológico de hongos fitopatógenos compuesto de los péptidos obtenidos y contribuir a la reducción de producción de fungicidas que ocasionan daños irreversibles a la salud y al medio ambiente.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Material biológico**

Las semillas utilizadas fueron de melón comercial reticulado obtenidas de un productor local. *Alternaria Alternata* fue proporcionado por el Instituto Tecnológico de Roque. El hongo fue reactivado en agar PDA pH 5.

### **Extracción de proteínas**

La semilla se molió y se desgrasó con una mezcla de cloroformo metanol 2:1. La harina desgrasada se usó para la extracción de proteínas (Syros et al., 2003). Las proteínas de reserva se extrajeron de manera secuencial, incubando a diferentes tiempos con agitación y a temperatura ambiente hasta encontrar la óptima extracción. Primero con agua destilada, para extraer albúminas; al término de la incubación, se centrifugó 25 min a 13000 rpm en la microcentrífuga (marca Eppendorf) y se tomó el sobrenadante; al precipitado se le agregó cloruro de sodio 0.5 M en Tris 50 mM pH 8, para la extracción de globulinas, incubando a temperatura ambiente con agitación, se centrifugó como se mencionó y se tomó el sobrenadante; a la pastilla se le agregó 2-propanol al 55% (v/v), se incubó con agitación y se centrifugó nuevamente para extraer prolaminas, guardando el sobrenadante. A la pastilla se le agregó amortiguador de boratos 0.1 M con SDS 0.5%, pH 8; para la extracción de glutelinas, y se repitió el procedimiento (Syros et al., 2008).

### **Fraccionamiento de proteínas**

Previo a los bioensayos se realizó una separación de las fracciones albúmina y globulinas en columna de cromatografía Econopack de Bio-Rad® de 1 cm de diámetro que contiene Bio-Gel® P-6DG para exclusión de solutos mayores a 6 kDA. Se disolvieron 50 mg de cada fracción en 3 mL de buffer de fosfato de sodio .1 M. Debido a que en todas las fracciones se detectaba absorbancia a 280 nm, se utilizó posteriormente una columna de resina Sephadex- g25 fina. Esto con el objetivo de reducir sales principalmente en la fracción de globulinas o cualquier contaminación presente y analizar los pesos moleculares de los péptidos que serían utilizados posteriormente en los bioensayos. Se utilizaron marcadores moleculares proteicos para establecer la distribución de pesos moleculares en las muestras (citocromo c, insulina y BCA). Con esto se obtuvieron las subfracciones A1, A2, A3, G1, G2, G3.

### **Cuantificación de proteína**

La concentración de proteína solubilizada y la de las fracciones cromatográficas se determinó por el método Bradford, utilizando seroalbúmina de bovino para la curva patrón y la lectura de absorbancias se llevó a cabo en un espectrofotómetro Shimadzu UV-1601PC UV-Visible. La proteína total en la harina desgrasada se determinó por el método Kjeldahl (AOAC, 1990).

#### Reactivación de cepa

*Alternaria alternata* fue reactivado en agar papa dextrosa (PDA) (Sigma-Aldrich) e incubado a 30°C.

#### Actividad antifúngica

Para los primeros ensayos se utilizaron .2 mg/mL de las fracciones de albúminas y globulinas a 5 mL de PDA y se colocó un corte de 5mm de diámetro con *Alternaria alternata* en el centro de la caja (método de agar “envenenado”) y se incubó a 30°C. Se aplicaron controles negativos con buffer Tris-HCl-NaCl pH 8 y agua (soluciones de extracción albúminas y globulinas). Las fracciones fueron filtradas antes de su adición al medio con filtros esterilizados marca “Milipore” de 0.45 micras (se utilizaron en lugar de 0.22 micras por su disponibilidad).

Posteriormente, con el objetivo de explorar el potencial de las fracciones, se aplicó nuevamente el mismo método con las sub-fracciones obtenidas de la cromatografía con ligeras variaciones. Se preparó PDA para cajas de 5 mL y a cada caja se le añadió un volumen constante (0.150 mL) de cada sub-fracción obtenida en la columna de cromatografía; la soluciones de prueba fueron filtradas antes de su adición al medio con filtros esterilizados marca “Milipore” de 0.45 micras; se añadió 5 mm de diámetro de micelio de *A.alternata* en el centro de la caja para su posterior incubación a 30°C. El control negativo fue preparado de la misma manera utilizando esta vez buffer fosfato de sodio .1 M pH 8 en lugar de la solución de prueba. La inhibición de crecimiento de la cepa fue determinada después de 5 días, cuando el control negativo había poblado la caja al 100%. Todas las pruebas fueron realizadas por duplicado.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se mencionó anteriormente, el contenido proteico de cada semilla es distinta dependiendo la variedad, el clima en el que fue cultivada, entre otros factores, por lo que es esencial determinar el contenido de proteína de la semilla con la que se va a trabajar. El contenido proteico de la semilla estudiada se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 1.** Contenido de las fracciones proteicas (%) en harina desgrasada de semilla de melón.

Fracción	[mg/100mg de harina]	%
Albúminas	1.57	13.57
Globulinas	6.95	60.01
Prolaminas	2.6	22.45
Gluteínas	0.459	3.96
	<b>11.579</b>	<b>100</b>

Se obtuvo una cantidad reducida de proteína en comparación de la reportada de otras fuentes. La proteína total en la harina desgrasada se cuantificó posteriormente por el método Kjeldahl y se obtuvo un 13.1% lo cual coincide con una mínima diferencia con los resultados de cuantificación de proteína de cada fracción. El contenido total de proteína en este trabajo es incluso menor que la más recientemente reportada de 27.34 % de proteína total (Ramírez y Raya, 2016). Sin embargo, la proporción de globulinas se mantiene tal y como se ha reportado anteriormente.

La siguiente tabla muestra los primeros bioensayos realizados con el método del agar “envenenado” donde se mantuvo constante la cantidad de proteína en cada una de las cajas. En estas pruebas se observó cierta tendencia de las globulinas hacia la inhibición de crecimiento hongo. Sin embargo, se determinó que las sales del buffer de extracción de globulinas afectaban en la medición de actividad y habría que hacer una separación de péptidos para reducir el espectro de estudio.

**Tabla 2.** Bioensayos preliminares que muestran tendencia de inhibición de crecimiento de la fracción de globulinas.

	Diámetro de micelio (mm)	
	Día 3	Día 5
<b>Blanco(PDA+H<sub>2</sub>O)</b>	40	48
<b>Blanco(PDA+Tris)</b>	50	50
<b>Blanco(PDA)</b>	30	50
<b>Alb</b>	~	~
<b>Glb</b>	28	42

Como se puede observar, las globulinas ocasionan un retraso en el crecimiento del hongo. En los ensayos con albúminas el crecimiento no fue radial y hubo contaminación de otras colonias en ambas cajas.

Posteriormente se llevó a cabo el fraccionamiento de las muestras por cromatografía en columna Econo-pac 10DG de Bio-Rad® de 1 cm de diámetro. Con esto se pudieron encontrar 3 picos en cada fracción (albúminas y globulinas) que nos indican la diferencia de pesos moleculares en las muestras.

La concentración de proteína en las sub-fracciones después de ser liofilizadas se realizó con el método Bradford y así se determinó la distribución que se muestra en la siguiente tabla. La primera sub-fracción es la que presenta mayor cantidad de proteína que corresponde a las proteínas y péptidos de mayor tamaño.

**Tabla 3.** Contenido de proteína en sub-fracciones de albúmina y globulina separadas por cromatografía y liofilizadas.

SUB-FRACCIONES	[mg/mL]	x(0.15 mL)
A1	3.76	0.564
A1	0.74	0.111
A3	0.05	0.0075
G1	0.895	0.134
G2	0.064	0.0096
G3	0.042	0.0063

De cada una de las sub-fracciones se tomó un volumen constante de .150 mL para la preparación de los bioensayos de actividad antifúngica. Cada una de las muestras presentaba una cantidad diferente de proteína. Sin embargo, el objetivo era determinar cuál de las sub-fracciones presentaba mayor actividad y reducir el campo de búsqueda. Las siguientes figuras muestran la sub-fracción G1 en el día 3 y 5, que fue la muestra que logró mayor actividad. Esta sub-fracción corresponde a los péptidos de mayor peso molecular (mayores a 6 kDa). La determinación por Bradford posiblemente nos indica que no hay gran cantidad de péptidos en las otras sub-fracciones. Esto se puede deber a que el método Bradford no detecta péptidos menores a 3 kDa. Sin embargo, a 280 nm si se detectan los picos de los posibles péptidos.



**Figura 1.** Sub-fracción G1 día 3.



**Figura 2.** Sub-fracción G1 día 5.

**Tabla 3.** Bioensayos de inhibición de crecimiento de *A. alternata* de sub-fracciones proteicas.

	Diámetro de micelio (mm)		
	Día 2	Día 3	Día 5
<b>Blanco</b>	10	29	50
<b>Blanco(P04)</b>	15	35	50
<b>A1</b>	23	40	50
<b>A2</b>	~	~	~
<b>A3</b>	21	40	50
<b>G1</b>	9	15	38
<b>G2</b>	10	20	42
<b>G3</b>	16	31	50

Como se puede percibir, la sub-fracción G1 y G2 pudieron lograr un retraso en el crecimiento de *A. alternata*. Sin embargo, la sub-fracción G2 contiene significativamente menor contenido de proteína que G1, por lo que esta muestra se vuelve de gran interés. Para futuros experimentos se pretende hacer los bioensayos con una cantidad estándar de micelio, ya que probablemente exista una variación en los resultados por la cantidad de hongo excedente en las cajas de 5 cm de diámetro. Cabe mencionar que las fracciones fueron sometidas al autoclave antes de liofilizarse, por lo que las proteínas estaban susceptibles a la desnaturalización y es la razón por la cual tenemos diferentes pesos moleculares en las diferentes fracciones.

## CONCLUSIONES

La fracción proteica de globulinas extraída de semilla de melón muestra actividad antifúngica contra *A. alternata* que es un hongo fitopatógeno filamentoso saprófito que ataca al suelo y vegetales. Los primeros bioensayos muestran que las globulinas generan un porcentaje de inhibición de 44%. En la sub-fracción de globulinas G1 mostró el porcentaje más alto de inhibición de crecimiento del

hongo. Por otra parte, la sub-fracción G2 presentó actividad similar a la de G1 y con menos contenido proteico, por lo que existe una buena probabilidad que en alguna de estas sub-fracciones se encuentre un péptido de interés. Cabe mencionar que en ambos bioensayos el control negativo (PDA), *A. alternata* había abarcado 30 mm de diámetro al tercer día y 50 mm al quinto, lo cual nos indica que los experimentos son reproducibles. En los segundos bioensayos de inhibición podemos observar que el buffer de fosfato de sodio .1 M no ocasionó fluctuación significativa con respecto al blanco de PDA solo. Se tienen 3 premisas principales del porqué se utilizaron dichas sub-fracciones en los bioensayos: todas las muestras presentaban absorbancia a 280 nm, se comprobó la existencia de aminos primarios en cada una por método Bradford y TNBS, y desde los primeros bioensayos se demostró que existía actividad.

### **Perspectivas**

Aunque ya se han hecho pruebas con hidrolizados enzimáticos y se ha medido el grado de hidrólisis con tripsina durante este trabajo, aún no se han realizado bioensayos incluyendo la proteólisis. En este trabajo se determinó hacer preliminarmente el fraccionamiento de los péptidos y medir su actividad. Los experimentos posteriores contemplarán la hidrólisis enzimática de las fracciones G1 y G2 con la finalidad de explorar la presencia de alguna secuencia peptídica encriptada en la proteína que tenga mayor actividad para después purificar y caracterizar bioquímicamente el péptido antifúngico para una mejor comprensión de su mecanismo de defensa de la planta.

### **Agradecimientos**

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- A., G. (2010). *Antimicrobial peptide methods and protocols*. UK: University of Hertfordshire.
- A., R. L. (2007). Antifungal Activity of a Protean Extract from *Amaranthus hypochondriacus* Seeds. *Sociedad Química de México*, 136-140.
- Ao, M.-h. H. (2007). Characteristics of some nutritional composition of melon (*Cucumis melo* hybrid 'ChunLi') seeds. *International Journal of Food Science and Technology*, 1397–1401.
- Casimiro, J. C. (2009). (2009) Péptidos antimicrobianos: péptidos con múltiples funciones. *Medigraphic Artemisa*, 16-29.
- Lebl, M. (2009). *Péptidos*. USA: Indiana: University Bloomington, 266-290
- M., L. S. (2002). Fatty and amino acid composition of Melon (*Cucumis melo* var. *saccharinus*). *JOURNAL OF FOOD COMPOSITION AND ANALYSIS*, 69-74.
- Melo, M. L. (2000). Characterisation of some nutritional constituents of melon (*Cucumis melo* hybrid AF-522) seeds. *Elsevier*, 411-414.
- N.\_S.\_Hettiarachchy, y. K. (2012). *Bioactive food proteins and peptides applications in human health*. UK: Taylor & Francis Group, LLC.
- N.A.M., Y. (2007). Physicochemical properties of *Cucumis melo* var. *inodorus* (honeydew melon) seed and seed oil. *Journal of food lipids*, 42–55.
- Raya, G. R. (2016). Caracterización de las proteínas de reserva y contenido mineral de semilla de melón (*Cucumis melo* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7, 1667-1678.



Ribeiro S.F., A. A. (2007). A new peptide of melon seeds which shows sequence homology with vicilin: Partial characterization and antifungal activity. *Elsevier*, 399–405.

Spellman, D. (2003). Proteinase and exopeptidase hydrolysis of whey protein: Comparison of the TNBS, OPA and pH stat methods for quantification of degree of hydrolysis . *Elsevier*, 447-453.

V., T. O. (2008). Isolation, solubility and in vitro hydrolysis of chickpea vicilin-like protein. *Elsevier*, 1244-1251.

## **EVALUACIÓN TÉCNICO Y ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE ARÁNDANOS FRESCOS EN GUANAJUATO**

Sánchez Zepeda María Fernanda<sup>1</sup>; Vega Álvarez Luz María<sup>1</sup>; Juárez Rodríguez Verónica Melisa<sup>1</sup>; Vázquez Álvarez Lizbeth Berenice<sup>1</sup>; Figueroa Rivera María Guadalupe<sup>1</sup>; Duran Hernández Nabor<sup>1</sup>.

1. Instituto Tecnológico Roque Extensión Apaseo el Alto Guanajuato.

Email: mfaerry02@hotmail.es

La industria mexicana del arándano es relativamente nueva y se está convirtiendo en un actor importante de la producción mundial. Está experimentando un gran impulso dado principalmente por las ventajas comparativas y competitivas que ofrece para la producción de este cultivo. Ante la necesidad de mejorar la productividad de esta especie en el occidente mexicano, la presente investigación tuvo lugar. Para este fin el efecto de la fecha e intensidad de poda fueron evaluados en la variedad *Prunus domestica* (Wild Plum), bajo condiciones de crecimiento continuo y en sistema de producción sin reposo en el municipio de Aseo el Alto Guanajuato. En una plantación de 2 años efectuándose en campos productores de Michoacán, realizándose podas en el primer y segundo verano después de la cosecha, se realizaron seis intensidades de poda: despunte eliminando 10, 20, 30 y 50% del material vegetativo, poda regional (Apaseo el Alto) (despunte ligero + aclareo de cañas) y plantas sin poda. El periodo de flor a fruto de 97 días se observó en las plantas no podadas. A partir de la primera semana de marzo disminuyó significativamente la producción de brotes y frutos. Disminuyó también el crecimiento vegetativo y la producción de frutos al retrasarse la fecha de poda.

Palabras clave: arándano, arbusto, producción forzada, México.

## ELABORACIÓN DE ALIMENTOS CON ELEVADO CONTENIDO DE PROTEÍNA

Ana Karen Martínez-Martínez<sup>1</sup>, Manuel Alejandro Coyote-Islas<sup>1</sup>, Cinthya Cecilia Piña-Bernal<sup>1</sup>, Jorge Alberto González-Mendoza<sup>1</sup>, Estéfana Alvarado-Bárceñas<sup>2</sup>.<sup>1</sup> Estudiante, <sup>2</sup> Docente del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque, extensión Apaseo el Alto, Gto. Km. 12 de la carr. Apaseo el Alto- Jerécuaro. e- mail [jorgealbertog@gmail.com](mailto:jorgealbertog@gmail.com)

### RESUMEN

Uno de los temas con mayor relevancia en la actualidad es la desnutrición causada por muchas situaciones y una de las principales es la malnutrición proteico- calórica que ocurre con una dieta pobre en proteínas, pero que en cambio contiene calorías en cantidades que fluctúan entre una proporción inadecuada y en exceso. La falta de aprovechamiento de los recursos disponibles se debe al desconocimiento de lo que se tiene y debe comerse. La soya es un alimento con elevado contenido de proteína, complementada con harina de chapulín representa un atractivo alimento para el consumidor y es una alternativa para mejorar la dieta del ser humano en todas las etapas de su vida. El trabajo consistió en elaborar un chorizo a base de carne de cerdo baja en grasa, soya y harina de chapulín, cuyas características nutrimentales satisfacen los niveles de proteína en la ingesta diaria. En la evaluación sensorial los mejores resultados fueron obtenidos en el tratamiento cinco con 8 gr de harina de chapulín, con un porcentaje de 39.47 de aceptación. Los valores del extracto etéreo fueron equivalentes a 20.52%, lo que permite que este pueda ser consumido por personas que no digieren grasas o que tienen niveles altos de colesterol. En general, los resultados en la evaluación sensorial fueron más aceptados con mayor contenido de harina de chapulín.

### INTRODUCCIÓN

Cuando los seres humanos se hayan gravemente desnutridos, que es lo común en las comunidades marginales, sobrevienen las enfermedades que junto con la pobreza genera un círculo vicioso de consecuencias graves. En las zonas más afectadas del país, el problema se manifiesta en una mortalidad infantil y preescolar por enfermedades gastrointestinales y de vías respiratorias agudas, principalmente en niños en edad preescolar. Los rangos de riesgo nutricional grave son clasificados como extremo, muy alto y alto, que cubre la mayor parte del territorio. El menor número de municipios, aproximadamente el 30%, es el que aglutina a la mayoría de la población alrededor 70% y viceversa; esta relación entre las grandes concentraciones urbanas y las categorías de menor riesgo, se aprecia con mayor detalle en el rango de riesgo nutricional bajo, que concentra más del 50% de la población, con tan sólo el 12% de los municipios. Guanajuato tiene una clasificación estatal promedio de riesgo moderado de acuerdo a su índice ponderado por población. En la categoría de moderado, la población observa un incremento considerable del 143% pasando de 645 mil 192 habitantes a 1 569 824 y en el rango de bajo se encuentra una disminución en su población del 4.8% y en sus municipios: Celaya, Irapuato, León, Moroleón y Salamanca. En lo relativo a su geografía social, en su territorio se observa 18 municipios en el rango de alto (39%); 15 en moderado (32.6%); 9 en muy alto (19.6%) y 4 en bajo (8.7%).

Las proteínas son esenciales para el crecimiento y reparación de los tejidos del organismo humano. Una dieta equilibrada debe aportar el 15% de la energía en forma de proteínas (FAO, 1985). Durante la digestión, las proteínas se descomponen en sus aminoácidos constituyentes, que son absorbidos y pasan al torrente sanguíneo y se convierten después en materia que el organismo necesita para crecer, mantenerse y restablecerse. El valor biológico de una proteína que es el porcentaje utilizado por el organismo, depende de su capacidad para proporcionar los aminoácidos indispensables en la proporción que el cuerpo necesita. La deficiencia de proteínas es un estado de malnutrición

provocado por una ingesta insuficiente de proteínas; sus síntomas pueden ser graves y afectan a todo el organismo. Representa una de las principales causas de muerte por desnutrición de millones de personas en países del tercer mundo, especialmente en niños. En los países desarrollados, aun contando con una amplia variedad de fuentes de proteínas, la gente también sufre déficit debido a dietas de choque restrictivas, no conocen los nutrientes y en general, dietas desequilibradas y malos hábitos alimenticios. La palabra insecto etimológicamente proviene del latín *insectum*, literalmente, “cortado en medio”, como copia del griego *έντομον* (Cortés *et al.*, 2014). En algunos casos, los insectos se consideran plagas; sin embargo, estos desempeñan muchas funciones benéficas para el medio ambiente, por ejemplo: facilitan la polinización, diseminan las semillas, mejoran la textura del suelo y descomponen la cubierta vegetal muerta. Proporcionan productos para el beneficio del ser humano tales como la seda, la miel, la cera de abeja y tintes (Vantomme, 2010). Además, estos juegan un papel clave en el flujo de energía a través del ecosistema, principalmente como herbívoros; así mismo, como depredadores, parásitos, que a su vez pueden ser consumidos por vertebrados insectívoros de nivel superior. Algunas especies de insectos son usados como recursos terapéuticos en los sistemas médicos de muchas culturas alrededor del mundo (Costa-Neto, 2006). En muchas partes del mundo, los insectos continúan teniendo un papel importante como componente normal de la dieta humana debido a los nutrientes que estos aportan como proteínas, grasas, vitaminas, minerales (Gillott, 2005). Los insectos comestibles forman parte de la alimentación de muchas comunidades rurales en el mundo (Ramos-Elorduy y Conconi 1994), proveyéndolos de una cantidad importante de nutrientes, sobre todo de proteínas (Ramos-Elorduy *et al.* 1984, Ramos-Elorduy 1991, 2005). Se consumen en todos los estadios de desarrollo, pero principalmente en los inmaduros (Ramos-Elorduy 2000). En algunos lugares de África, que es donde se ha censado, los insectos llegan a constituir del 51 % al 81% del total de la proteína animal que consumen (Gómez *et al.* 1961, Bahuchet 1972, 1978, Kitsa 1989). En México se consume una gran variedad de insectos del orden Orthoptera, mayormente los de la familia Acrididae conocidos generalmente como chapulines y designados con distintos nombres según su procedencia geográfica. Entre los chapulines comestibles se encuentran los géneros: *Sphenarium*, *Schistocerca*, *Taeniopoda*, *Trimerotropis*, *Spharagemon*, *Plectotetra* y *Melanoplus*. Los insectos poseen una gran riqueza proteínica y vitamínica (sobre todo del grupo B); tienen buenas cantidades minerales como sodio, potasio, fósforo y calcio y en algunos casos son ricos en grasas. Los chapulines contienen entre el 70 y 77 % de proteína, en comparación con la carne de res que tiene entre 50-57%, y 14 de 40 especies de insectos estudiadas la superaron (Viesca-González, 2009). La soya o frijol de soya (*Glycine max*), pertenece a la familia de las leguminosas, aunque por su elevado contenido de aceite se incluye también en las oleaginosas. Debido a sus propiedades nutritivas, principalmente por sus proteínas (40%), Grasa (20%), hidratos de carbono (25%), agua (10%) y cenizas (5%) (Badui, 2006). El objetivo de la investigación fue la elaboración de alimentos con un elevado contenido de proteína a base de soya y harina de chapulín.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El trabajo se desarrolló en las Instalaciones del laboratorio multifuncional del Instituto Tecnológico de Roque, extensión Apaseo el Alto, ubicado en el km 12 de la carretera Apaseo el Alto- Jerécuaro. El material biológico fue harina de chapulín; la colecta se desarrolló en los campos agrícolas del instituto; fueron deshidratados en un horno de secado a 50°C y molido de manera mecánica. La soya fue adquirida en una tienda comercial; para incorporarse al proceso fue lavada y remojada por espacio de 12 horas; se le retiró el tegumento seminal, y se molió de manera mecánica; mediante la aplicación de calor se llevó al punto de ebullición por espacio de 10 minutos y separada la parte sólida por filtración. Fue utilizada carne de cerdo molida con un 10% de grasa. Fueron realizados 6

tratamientos con una proporción primaria de 50% carne de cerdo y 50% la parte solida de la soya, adicionando a cada uno 2, 4, 6, 8, y 10 gr de harina de chapulín, respectivamente y un testigo. El producto final fue un embutido (chorizo). Se realizó una prueba de degustación empleando como catadores a 42 personas de 18 a 25 años de edad, dándoles a probar por separado los tratamientos. El tratamiento con mayor aceptación fue evaluado mediante un análisis de humedad, extracto etéreo y proteínas, cada uno realizado por triplicado bajo los Métodos Oficiales de *Análisis de la AOAC*.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la evaluación sensorial los mejores resultados fueron obtenidos en el tratamiento cinco con 8 gr de harina de chapulín, con un porcentaje de 39.47 de aceptación; para 2 grano, un valor de 19.04 %; 10 gr mostró un valor de aceptación de 16.66 % (Figura 1).

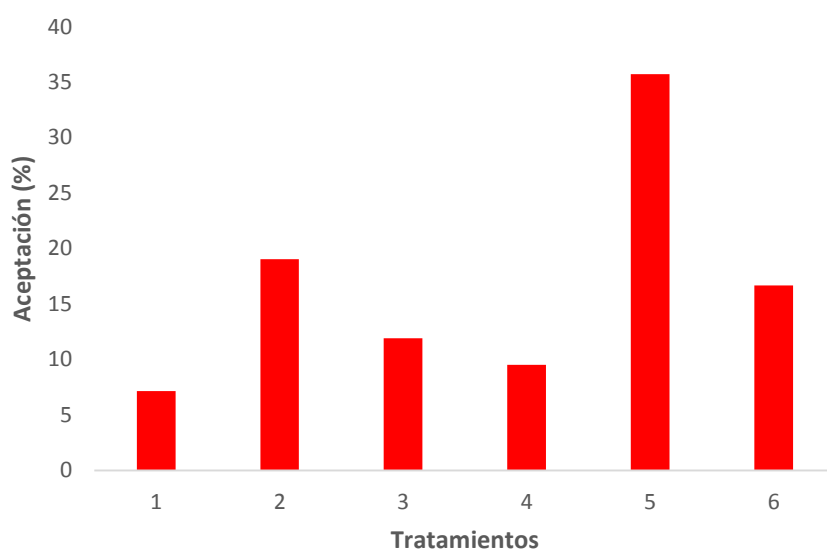


Figura 1. Porcentaje de aceptación en la prueba sensorial

En la determinación de humedad, el valor fue de 41.36%, lo cual se considera óptimo para un embutido, mientras que Sandoval (2011) muestra valores más elevados, atribuyéndolos a la cantidad de agua que se absorbe durante el proceso de elaboración. Los valores del extracto etéreo fueron equivalentes a 20.52%, lo que permite que este pueda ser consumido por personas que no digieren grasas o que tienen niveles altos de colesterol.

Las características típicas de muchos alimentos están determinadas por la propiedad de gelificar de las proteínas. En su textura, propiedades organolépticas, rendimiento y calidad. Sandoval, 2011, reporta un alto contenido de proteína total con un valor de 11.22% en el chorizo donde utiliza 50 % de carne de cerdo y 50% soya, sin embargo no menciona ningún tratamiento previo en el grano de soya. En el chorizo elaborado se cuantificaron las proteínas por fracciones, en el contenido de albuminas el valor fue de 30.63 mg/ml y para globulinas de 16.86 mg/ml.

## CONCLUSIÓN

El chorizo elaborado a base de soya y harina de chapulín, representa una buena alternativa de alimentación por sus características nutrimentales en su contenido de extracto etéreo, humedad y

proteínas, y en base a la evaluación sensorial a medida que se aumenta la cantidad de harina de chapulín la aceptación fue mayor.

#### LITERATURA CITADA

Arana, A. F. (2003). Insectos Comestibles, Entomofobia y Entomofagia. PhD Thesis (Tesis Doctoral Facultad de Ciencias, Biología), UNAM, México City.

Campbell, M.F., et al, 1985. New Protein Foods. In, ed. By Altschul, A.A., and Wilcke. H. L. Vol. 5. Seed Storage Proteins, Chapter IX Soy Protein Concentrate, Orlando: Academic Press.

Chapman, R. F. (2013). The insects: Structure and Function. Simpson, S. J. and Douglas A. E. (Ed.). Cambridge University Press, United States of America pp. Xiii.

Cortés Gabaudan, F., Ureña Bracero, J. (2014). Dicciomed.eusal.es. Diccionario médico-biológico, histórico y etimológico. Recuperado de Dirección URL: <http://dicciomed.eusal.es>. Cid Ledesma, E., Cortés Gabaudan, F., Marchena, M., Pedrero, P., Ledesma Martín, M. C., Ureña Bracero, J., Villalba Álvarez, J., Cid Ledesma, T. (Ed.). Salamanca.

Cambios en la situación nutricional en México 1990-2000, Índice de Riesgo Nutricional por Municipio.

FAO/WHO/UNU. 1985. Expert Consultation, Energy and protein requirements. Geneva: World Health Organization, WHO technical report, series 724.

Guillott, C. (2005). Entomology. 3ª Edition. Springer, Netherlands. pp. 731.

Ramos-Elorduy, J., Pino Moreno, J. M., Escamilla Prado, E., Alvarado Pérez, A., Lagunez Otero, J. & Ladrón de Guevara, O. (1997). Nutritional Value of Edible Insects from the State of Oaxaca, Mexico. Journal of food composition and analysis 10: 142–157.

Ramos-Elorduy, J., Pino M., J. M., Cuevas Correa, S., (1998). Insectos comestibles del Estado de México y determinación de su valor nutritivo. Anales Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología, 69(1): 65-104.

Ramos-Elorduy, J., Pino, J. M., Conconi, M. (2006). Ausencia de una reglamentación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México. Folia Entomológica Mexicana 45(3): 291-318.

Ramos-Elorduy J., Pino J. M., Morales de León J., (2002). Análisis químico proximal, vitaminas nutrimentos inorgánicos de insectos consumidos en el estado de Hidalgo, México. Folia Entomológica Mexicana 41:15-29

Vantomme, P. (2010). Los Insectos Forestales Comestibles, Una Fuente De Proteínas Que Suele Pasar Por Alto. Unasylva 236 (61): 19.

## **SIMULACIÓN DE CRECIMIENTO DEL CHILE HABANERO MEDIANTE EL ESTUDIO DE VARIABLES DETERMINANTES**

Blanca Cecilia López Ramírez <sup>1\*</sup>; José Porfirio González Farías<sup>2</sup>; Francisco Chablé Moreno <sup>3</sup>; Mariana Rojas Delgado<sup>4</sup>; Mariana Sarai Quintana Chimal<sup>5</sup>; Julieta Monroy Aguirre<sup>6</sup>.

<sup>1,3,4</sup> Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto . \*Correo electrónico: [bllopez@itroque.edu.mx](mailto:bllopez@itroque.edu.mx);<sup>2</sup> Coordinador de Posgrado en Gestión Administrativa en el Instituto Tecnológico de Celaya; <sup>5,6</sup> Estudiante de la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones en el Instituto Tecnológico de Roque.

### **RESUMEN**

Actualmente en la región del bajío, la producción de chile habanero se considera escasa por los expertos. Las condiciones climáticas que demanda este tipo de cultivo para el crecimiento son cálidas. Gracias al método de cultivo protegido es posible controlar ciertas variables generadas por el clima, lo que ayuda a mejorar el crecimiento del chile habanero.

En el Instituto Tecnológico de Roque, dentro del área de la División de Estudios de Posgrado e Investigación, surge la necesidad de conocer los factores que influyen en el crecimiento y la producción del chile habanero en Invernaderos, con la finalidad de proporcionar un estudio de crecimiento que ayude a los especialistas a determinar las variables fenológicas de la planta para conocer el tamaño del fruto con respecto al tamaño de la hoja. Este proceso se llevará a cabo mediante el control cuantitativo de variables determinantes relacionales entre la hoja y el fruto.

El estudio ha comenzado con trabajo de campo dentro de un cultivo cerrado con la selección de muestras de chile habanero, y se han determinado las características fenológicas de estudio. Una vez adquiridos los datos durante la etapa de polinización se procederá a diseñar la base de datos. Ya estudiados los posibles algoritmos para la generación de conocimiento se obtendrá un estimado entre las variables fenológicas del estudio.

Los resultados serán interpretados con algoritmos de minería de datos para conseguir una interpretación que ayude al especialista en la predicción del crecimiento del cultivo, esto será posible mediante algoritmos de inteligencia artificial y su respectiva simulación.

**Palabras Clave:** Minería de Datos, simulación, variables determinantes.

### **ABSTRACT**

Nowadays, in the *El Bajío* region, Habanero chili pepper production is considered as extremely low. Environmental conditions required by this culture are warm temperatures and high relative humidity. With the use of protected agriculture, it is possible to control some of the environmental variables, directing to an optimal plant growth and better production of Habanero chili pepper.

In the area of research and postgraduate studies (DEPI) of the Instituto Tecnológico de Roque, grows the necessity of knowing the factors influencing the growth and production of habanero chili pepper in

greenhouse, with the aim of generating a growth study to help specialists and producers to determine phenological variables and to relate leaf aspects with fruit size. This process will be performed through qualitative control of the determinant variables related between fruit and leaf.

This study has begun with field inside a protected culture with selection of habanero chili pepper samples, and phenological characteristics have been evaluated. After this, in pollination stage, a database will be designed. At this point it is possible to generate algorithms to estimate the relationship among considered variables.

The results will be resolved with data mining with algorithms to get an interpretation which will be useful for specialists in predictions about plant growth, this will be possible by means of artificial intelligence algorithms, and respective simulation process.

**Key words:** Data Mining, simulation, determinant variables.



## **VALIDACIÓN DE UN PROTOCOLO DE EXTRACCIÓN DE RNA DE SEMILLAS DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.) PARA ANÁLISIS DE EXPRESIÓN GÉNICA**

Guadalupe López-Buenabad; Juan Carlos Raya-Pérez, César L. Aguirre-Mancilla, Gabriel Iturriaga, Jorge Covarrubias-Prieto, Juan Gabriel Ramírez-Pimentel

Tecnológico Nacional de México- Instituto Tecnológico de Roque, apartado postal 508, Celaya, Guanajuato, México <sup>2</sup>garamirez@itroque.edu.mx

### **RESUMEN**

La extracción de ácidos nucleicos en tejidos de origen vegetal es un proceso que se puede complicar por las sustancias y metabolitos que pueden contener, como un alto contenido de polisacáridos y compuestos fenólicos. Por lo anterior se han recurrido a protocolos de extracción complejos, cuyos resultados no son los esperados, e incluso kits de tipo comercial que no resultan ser económicamente viables. El presente trabajo tiene como objetivo validar un protocolo de extracción de ácidos nucleicos que cumpla con los estándares básicos para la posterior manipulación de los productos obtenidos. Se realizó el proceso de extracción con urea, en el cual se describe el proceso de extracción en semillas de garbanzo, utilizando cotiledones y embriones; de este protocolo de extracción se obtuvo DNA y RNA, de calidad y cantidad suficiente para su análisis mediante técnicas basadas en PCR, el cual se cuantificó y se verificó por electroforesis en gel, este procedimiento es económico, rápido y sencillo.

*Palabras clave:* RNA, Urea, extracción.

### **SUMMARY**

The extraction of nucleic acids in plant tissues is a process that can be complicated by the substances and metabolites that may contain a high content such as polysaccharides, and phenolic compounds. By the above have been resorted to complex extraction protocols, the results are not as expected, and even commercial kits that are not economically viable. The aim of the present research work is to validate a protocol of extraction of nucleic acids, covering the basic standards for the subsequent gene expression analysis. The process was based on urea buffer, from chickpea seeds, using cotyledons and embryos; Through this extraction protocol was obtained DNA and RNA, with enough quality and quantity for handling and amplifying through PCR based techniques, RNA obtained was quantified and verified by Gel Electrophoresis. This procedure is economical, quick and easy to perform.

*Key Words:* RNA, Urea, extraction.

### **INTRODUCCIÓN**

Los métodos existentes para extracción de ARN suelen utilizar productos químicos peligrosos como fenol, cloroformo y formamida que son difíciles de eliminar completamente del ARN extraído (Nwokeoji, et al., 2016).

El ácido ribonucleico (ARN) aislado es extremadamente susceptible a la degradación por endo y exo-nucleasas, por lo que la extracción, purificación y almacenamiento de ARN es un desafío. Una variedad de métodos han sido empleados para la extracción de ARN de las células bacterianas; sin embargo,

estos métodos a menudo puede resultar en bajos rendimientos o baja calidad de RNA total (Phongsisay, et al., 2007).

La integridad del RNA es fundamental para el éxito de la cuantificación del ARN de diferentes tejidos, pero el nivel de integridad requerida varía entre los tejidos. El nivel de integridad requerido para la cuantificación de ARN bacteriano aún no ha sido determinado (Jahn, et al., 2008).

Los estudios moleculares sobre la expresión de genes implicados en la biosíntesis de metabolitos secundarios en el estudio de hongos en alimentos requieren el aislamiento de ARN molde de buena calidad. Se combinan una ruptura celular física, protocolos y técnicas de purificación de ARN, y distintos protocolos han sido evaluados en diferentes alimentos para obtener ARN molde intacto (Bernáldez, et al. 2017).

Las técnicas moleculares, como RT-PCR y métodos basados en el RNA- seq pueden utilizarse para estudiar la actividad de metabolitos secundarios en clusters génicos. El éxito en la aplicación de estas técnicas se basa en un adecuado aislamiento y purificación de ARN (Bernáldez, et al., 2017).

La transcriptasa inversa acoplada a la reacción en cadena de la polimerasa (RT-PCR) ofrece un método molecular rápido y sensible para la detección de los virus entéricos. Lamentablemente, estos ensayos son a menudo obstaculizados por la baja concentración de virus encontrados en alimentos y la inhibición de la PCR debido a problemas durante la extracción de ARN (Xu, et al., 2017).

Los tejidos de las plantas de fresa y especialmente las frutas son ricos en polisacáridos y compuestos polifenólicos, por lo que el aislamiento de ácidos nucleicos es una tarea difícil. Se han descrito modificaciones exitosas de protocolos de extracción de ARN total, que permite el aislamiento de alta calidad y cantidad de RNA a partir de pequeñas cantidades de fresa, hojas, raíces y frutos de los tejidos (Christou et al., 2014).

En este estudio el objetivo es validar un procedimiento de extracción de bajo costo, de fácil extracción y que el producto sea de la calidad suficiente para su posterior manipulación y análisis de expresión.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo se realizó en los laboratorios de Sanidad de Semillas y Biología Molecular de posgrado del Instituto Tecnológico de Roque.

### **Material vegetal**

Se utilizaron semillas de garbanzo de la variedad Blanco Sinaloa 92, previamente sometidos a imbibición en agua a 4°C durante 12 horas. Se eliminó la testa de la semilla y se separaron muestras de plúmula y de cotiledones. Se maceraron las muestras de aproximadamente 400 mg congeladas en nitrógeno líquido, posteriormente se agregaron 200 µL de buffer de extracción de urea (modificado de Liu, 1995), se agitó brevemente por vortex, posteriormente se agregaron 100 µL de cloroformo y 100 µL fenol equilibrado en tris, se sometieron a centrifugación por 5 minutos a 13000 x g a 4°C. Se recuperó la fase acuosa agregándose el doble de volumen de etanol absoluto en frío, mezclando suavemente y observando la formación de un precipitado de ácidos nucleicos. Se centrifugó por 10

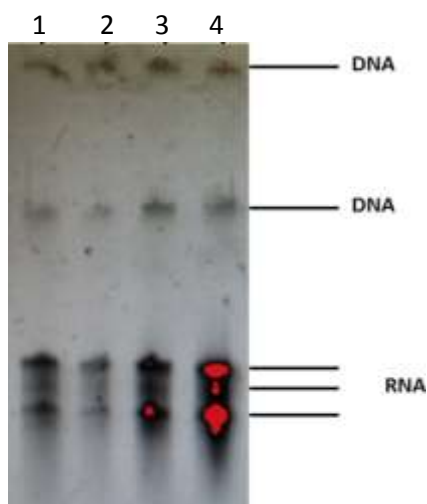
minutos a 13000 g a 4°C. Se decantó para dejar la pastilla y se hizo un lavado con etanol al 70%, se secó la pastilla y se resuspendió en 30 µL de solución TE 1/10. Se resguardo a -80°C.

La concentración de ácidos nucleicos se determinó por espectrofotometría directa en un espectrofotómetro Nanodrop 2000C (Thermo) evaluando la absorbencia a 260 nm y la relación 260/280. Para verificar la integridad del ARN obtenido, se verificó por electroforesis en gel de agarosa al 0.8%, teñido con bromuro de etidio a 50 pg/mL, se corrió en una cámara de electroforesis con buffer TAE(Sambrook, 2005) 1X a 50 V por 45 minutos. Se visualizó en transiluminador UV para detectar la presencia de DNA/RNA y capturó la imagen usando un fotodocumentador (GelDoc de BIORAD™) con el software Imagen Lab V5.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del proceso de extracción mediante urea, se logró extraer ADN y ARN, en calidad y cantidad necesaria para análisis de expresión, en la electroforesis en gel se observa la integridad de los ARN ribosomales y se aprecia la presencia de DNA genómico y plástidico. Los tres tipos de ácido nucléico en cantidades suficientes para realizar diferentes técnicas moleculares; en este caso, no se llevó a cabo una eliminación particular de ADN o ARN por adición de RNAsa o DNAsa, respectivamente, mostrando que puede usarse para extracción indistintamente. (Figura 1). Actualmente existen buffers y kits comerciales con costos elevados y con problemas de importación que producen resultados semejantes a los mostrados con este protocolo; dada la sencillez de desarrollo, este podría generar un ahorro de hasta un 75% en costo y el tiempo invertido es semejante al requerido en los kits basados en columnas.

El tejido del cual se obtuvo la extracción es rico en carbohidratos, polimerizados en forma de almidón y proteínas de reserva, propias de las leguminosas. Estos componentes, por lo general representan problemas durante la purificación, e incluso en la electroforesis; sin embargo, particularmente para el ensayo realizado, la integridad y aspecto de las bandas en el gel fueron aceptables.



**Figura 1. Electroforesis en gel de agarosa.** Gel de agarosa al 0.8 %, no se utilizaron condiciones desnaturalizantes, carriles 1 y 2: extracto de cotiledones, carriles 3 y 4 plúmulas.

El rendimiento obtenido de la extracción a partir de 400 mg fue sobresaliente, se obtuvieron entre 6 y 25 µg de RNA y la calidad de la extracción, dada por la relación 260/280 también resultó adecuada. Suficiente incluso para uso en tecnología de secuenciación masiva, para el caso de los extractos de plúmula, la relación 260/280 fue superior a 2. (Tabla 1).

Tabla1. Concentración y pureza del ARN obtenido

MUESTRA	CONCENTRACIÓN DE ARN	UNIDAD	Relación ABS 260/280
COT1	629.5	ng/µL	1.88
COT2	226	ng/µL	2.02
EMB1	544.5	ng/µL	2.06
EMB2	846.3	ng/µL	2.13

## CONCLUSIONES

Con la implementación de este método de extracción, en todas las muestras ensayadas, tanto de plúmula como de cotiledones de la semilla de garbanzo, se obtuvieron ácidos nucleicos en cantidad suficiente y con la calidad requerida para realizar análisis de expresión génica y para detectar la presencia de marcadores genéticos específicos, a bajo costo y de manera rápida y sencilla.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almarza, J., Morales, S., Rincon, L., & Brito, F. (2006). Urea as the only inactivator of RNase for extraction of total RNA from plant and animal tissues. *Analytical Biochemistry*, 358(1), 143-145. doi:10.1016/j.ab.2006.03.040

Bernáldez, V., Rodríguez, A., Rodríguez, M., Sánchez-Montero, L., & Córdoba, J. J. (2016). Evaluation of different RNA extraction methods of filamentous fungi in various food matrices. *LWT-Food Science and Technology*.

Bernáldez, V., Rodríguez, A., Rodríguez, M., Sánchez-Montero, L., & Córdoba, J. J. (2017). Evaluation of different RNA extraction methods of filamentous fungi in various food matrices. *LWT - Food Science and Technology*, 78, 47-53. doi:10.1016/j.lwt.2016.12.018

Christou, A., Georgiadou, E., Filippou, P., Manganaris, G., & Fotopoulos, V. (2014). Establishment of a rapid, inexpensive protocol for extraction of high quality RNA from small amounts of strawberry plant tissues and other recalcitrant fruit crops. *Gene*, 537(1), 169-173. doi:10.1016/j.gene.2013.11.066.

Gallardo-López D (1999). Muestreo bayesiano en robots móviles. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante, España.

Jahn, C. E., Charkowski, A. O., & Willis, D. K. (2008). Evaluation of isolation methods and RNA integrity for bacterial RNA quantitation. *Journal of Microbiological Methods*, 75(2), 318-324. doi:10.1016/j.mimet.2008.07.004

Japelaghi, R., Haddad, R., Garoosi, G.A., 2011. Rapid and efficient isolation of high quality nucleic acids from plant tissues rich in polyphenols and polysaccharides. *Mol. Biotechnol.* 49, 129–137.

Kumagai H; Nakamura K; Yano TT (1991). Rate analysis of freeze drying of a model system by a uniformly retreating ice front model. *Agric. Biol. Chem.* 55: 731-736.

Liu YG, Mitsukawa N, Oosumi T, and Whittier R. 1995. Efficient isolation and mapping of *Arabidopsis thaliana* T-DNA insert junctions by thermal asymmetric interlaced PCR. *The Plant Journal* 8:457-463.

Nwokeoji, A. O., Kilby, P. M., Portwood, D. E., & Dickman, M. J. (2016). RNASwift: A rapid, versatile RNA extraction method free from phenol and chloroform. *Analytical biochemistry*, 512, 36-46.

Peng, J., Xia, Z., Chen, L., Shi, M., Pu, J., Guo, J., & Fan, Z. (2014). Rapid and efficient isolation of high-quality small RNAs from recalcitrant plant species rich in polyphenols and polysaccharides: E95687. *PLoS One*, 9(5) doi:10.1371/journal.pone.0095687

Phongsisay, V., Perera, V. N., & Fry, B. N. (2007). Evaluation of eight RNA isolation methods for transcriptional analysis in campylobacter jejuni. *Journal of Microbiological Methods*, 68(2), 427-429. doi:10.1016/j.mimet.2006.09.002

Sahebi, M., Hanafi, M., Abdullah, S., Nejat, N., Rafii, M., & Azizi, P. (2013). extraction of total rna and identification of different genes in mangrove plant involved in its adaptability to the variety of stresses. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 50(4), 529-536.

Xu, R., Shieh, Y. C., & Stewart, D. S. (2017). Comparison of RNA extraction kits for the purification and detection of an enteric virus surrogate on green onions via RT-PCR. *Journal of Virological Methods*, 239, 61-68.

Zhang, L., Zhang, Z., Lin, S., Zheng, T., & Yang, X. (2013). Evaluation of Six Methods for Extraction of Total RNA from Loquat. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 41(1), 313-316.

## OBTENCIÓN DE EMBRIONES SOMÁTICOS DE AGUACATE

(*Persea americana*).

Quintero-Jiménez A.<sup>1</sup>, Aguirre-Mancilla C. L.<sup>1</sup>, Raya-Pérez J. C.<sup>1</sup>, Ramírez-Pimentel J. C.<sup>1</sup>, Heredia-García E.<sup>2</sup>, Iturriaga-de la Fuente G.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>: División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Roque. Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Apartado Postal 508. Celaya, Guanajuato, 38110, México. <sup>2</sup>: Campo Experimental Bajío, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 6.5 Carretera Celaya – San Miguel de Allende. Apartado Postal 112. Celaya, Guanajuato, 38110, México. Corresponding autor e-mail: [gaiturriaga@itroque.edu.mx](mailto:gaiturriaga@itroque.edu.mx)

### RESUMEN

Desarrollar de un sistema de regeneración *in vitro* de aguacate facilitaría la obtención de líneas superiores de esta especie frutal. La regeneración vía embriogénesis directa implica ventajas tales como la obtención de embriones somáticos (ES) en menos tiempo comparado con la embriogénesis somática indirecta. Embriones zigóticos inmaduros obtenidos de frutos (8-5 cm) de las accesiones, A, B Y C se cultivaron en medio de inducción de embriones que con tres tipos de auxinas (ácido naftalenacético (NAA), 2,4-D y Picloram) a diferentes concentraciones. A los 30 días después de su incubación (DDI) solo la accesión C (AC) desarrolló ES. A los 60 DDI los ES maduros se transfirieron a medio de germinación (MG) que contenía BAP y GA. La AC mostró diferencias entre tratamientos en el porcentaje de explantes con ES, donde los dos mejores fueron 10 mg L<sup>-1</sup> de NAA (67%) y 0.2 mg L<sup>-1</sup> de Picloram (46%). Sin embargo, el mayor porcentaje de germinación se obtuvo de los ES maduros provenientes del tratamiento con 10 mg L<sup>-1</sup> de NAA (58%). Esto indica que la embriogénesis somática de aguacate es dependiente del genotipo y que la embriogénesis y germinación de los ES está relacionada con el tipo de auxina y concentración.

**Palabras clave:** Auxinas, Embriogénesis, Regeneración.

### SUMMARY

Developing an avocado *in vitro* regeneration system would facilitate the obtaining of superior lines of this fruit species. Regeneration pathway direct embryogenesis involves advantages such as obtaining somatic embryos (ES) in less time compared to indirect somatic embryogenesis. Immature zygotic embryos obtained from fruits (8-5 cm) of the accessions, A, B and C were cultured in embryo induction medium with different auxin types (Naftalenacetic acid (NAA), 2,4-D and Picloram) at different concentrations. At 30 days after incubation (DDI) only the AC accession developed ES. At 60 DDI the mature ES were transferred to germination medium (MG) containing BAP and 1 mg L<sup>-1</sup> of GA. AC showed differences among treatments in the percentage of ES explants, where the two best were 10 mg L<sup>-1</sup> of NAA (67%) and 0.2 mg L<sup>-1</sup> of Picloram (46%). However, the highest percentage of germination was obtained from mature ES from treatment with 10 mg L<sup>-1</sup> of NAA (58%). This indicates that somatic

avocado embryogenesis is genotype dependent and that embryogenesis and germination of ES are related to auxin type and concentration.

## INTRODUCCIÓN

El aguacate es una planta de la familia de las lauráceas con frutos oleaginosos. A pesar de su reciente introducción al comercio internacional, ha sido incorporado rápidamente como un componente clave en la dieta de muchos países. Además, México es el principal productor y consumidor de aguacate (cerca del 20% de la producción mundial), hay al menos otros 10 países con una producción anual superior a las 100,000 t de aguacate (Rohwer *et al.*, 1993; Chanderbal *et al.*, 2008). Los factores que limitan la producción de aguacate incluyen plagas, enfermedades y factores abióticos como salinidad, temperaturas extremas y sequía. Las pérdidas causadas por estos factores implican millones de dólares y afectan severamente el crecimiento, la producción y el comercio internacional del aguacate. Estas limitantes podrían ser superadas con la obtención de genotipos con características de tolerancia o resistencia a factores bióticos o abióticos. En esta especie el mejoramiento genético se ha estado realizando con técnicas convencionales. Sin embargo, presenta una problemática muy peculiar, por una parte, las características propias de la especie como son la condición altamente heterocigótica y un periodo de juvenilidad amplio, las cuales limitan obtener resultados satisfactorios en pocos años (Marquez-Martin *et al.*, 2011). La implementación del enfoque biotecnológico que incluye la mutagénesis *in vitro*, tecnologías basadas en protoplastos y la transformación genética, se ve obstaculizada por la falta de un sistema eficiente de regeneración para células individuales. El desarrollo de un sistema eficiente de regeneración de embriones somáticos de *P americana* facilitaría a transformación genética y con este sistema se incorporarían nuevas características no presentes en esta especie.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Inducción de ES

Embriones zigóticos (EZ) fueron removidos de frutos inmaduros de 5-8 cm (Pliego-Alfaro y Murashige, 1988) fueron utilizados como explante, utilizando las accesiones A, B y C. Los EZ se cultivaron en medio de inducción (MI). Que consistió de sales Gamborg (GM) (Gamborg *et al.*, 1968) adicionado con carbón activado, sacarosa, piridoxina, tiamina, mio-inositol, agar y diferentes tratamientos con auxinas tales como, NAA (2, 5 o 10 mg L<sup>-1</sup>), 2,4-D (5 o 10 mg L<sup>-1</sup>) o picloram (0.05, 0.1 ó 0.2 mg L<sup>-1</sup>) y pH de 5.7. Se mantuvieron en condiciones de oscuridad a 30°C hasta la formación y maduración de ES.

### Germinación de ES maduros

Los ES maduros se transfirieron a medio de germinación (MG) con sales GM, sacarosa, piridoxina, tiamina, mio-inositol, Phytigel, BAP y GA. Estos se mantuvieron en condiciones de fotoperiodo (16 h de luz y 8 de oscuridad) a una temperatura de 28-30°C

### Análisis estadístico

La unidad experimental consistió de una caja Petri con 5 embriones zigóticos por caja con tres repeticiones. 24 tratamientos resultaron de la combinación de tres accesiones (A, B y C) y diferentes concentraciones de NAA (2, 5 o 10 mg L<sup>-1</sup>), 2,4-D (5 o 10 mg L<sup>-1</sup>) o Picloram (0.05, 0.1 o 0.2). El análisis de varianza se realizó en Microsoft Excel y la comparación de medias se realizó utilizando la prueba de Tukey. Las variables analizadas fueron, número de explantes con respuesta embriogénica, número de ES por tratamiento y número de ES germinados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los EZ (Figura 1b) extraídos de frutos inmaduros (Figura 1a) de las diferentes accesiones (A, B y C) solo la AC respondió a los diferentes tratamientos con auxinas. Esto concuerda con reportes previos (Pliego-Alfaro y Murashige, 1988; Witjaksono y Litz, 1999; Raharjo y Litz, 2003;) donde indican que la respuesta embriogénica de los EZ es dependiente del genotipo. A los 30 días después de su incubación (DDI) en MI, los EZ de AC desarrollaron ES (Figura 1c, d, e y f) en diferentes etapas de desarrollo embrionario como globular (Figura 1c) torpedo, corazón y cotiledonar (Figura 1e) en todos los tratamientos (Cuadro 1). Sin embargo, en la variable número de explantes con respuesta embriogénica los tratamientos más sobresalientes fueron 10 mg L<sup>-1</sup> de NAA (66.6%) y 0.2 mg L<sup>-1</sup> de picloram (46.6%) donde no hubo diferencias significativas (Cuadro 1). En cuanto al número de ES por tratamiento en 10 mg L<sup>-1</sup> de NAA y 0.05 mg L<sup>-1</sup> de picloram y se obtuvo la mayor cantidad (12 y 11 ES respectivamente). Esto muestra que, aunque en la concentración de 0.05 mg L<sup>-1</sup> picloram hubo menor cantidad de explantes con respuesta embriogénica la cantidad de ES por explante fue superior (Figura 1 c y d), a las otras concentraciones de la misma auxina (Figura 1e y f). Un indicativo de la maduración de los ES es el cambio del aspecto traslúcido (Figura 1c y e) a blanco opaco (Figura 1d y f), esto ocurrió aproximadamente a los 60 DDI en MI. En esta etapa de maduración los ES se escindieron de su explante original se transfirieron a MG (Figura 1g), donde a los 15 días después de permanecer en condiciones de fotoperiodo los ES comenzaron a fotosintetizar y a los 30 días de estar en MG germinaron (Figura 1h). Este resultado contrasta con lo publicado por Encina *et al.*, 2014 donde implica el doble de tiempo llegar a esta etapa. Los ES provenientes de los tratamientos con 10 y 5 mg L<sup>-1</sup> de NAA no tuvieron diferencias en la germinación (58.3 y 60% respectivamente) lo que demuestra que el NAA es un regulador de crecimiento que no inhibe la capacidad de germinación de los ES maduros. Esta evidencia permite proponer a este regulador como una alternativa más económica que el picloram ya que este es único que hasta el momento han demostrado es funcional para promover la embriogénesis en aguacate (Pliego-Alfaro y Murashige, 1988; Witjaksono y Litz, 1999; Suarez *et al.*, 2006; Raharjo *et al.*, 2008; Encina *et al.*, 2014).



**Cuadro 1.** Formación y germinación de embriones somáticos (ES) *in vitro* de la accesión C en medio de cultivo con diferentes concentraciones de auxinas.

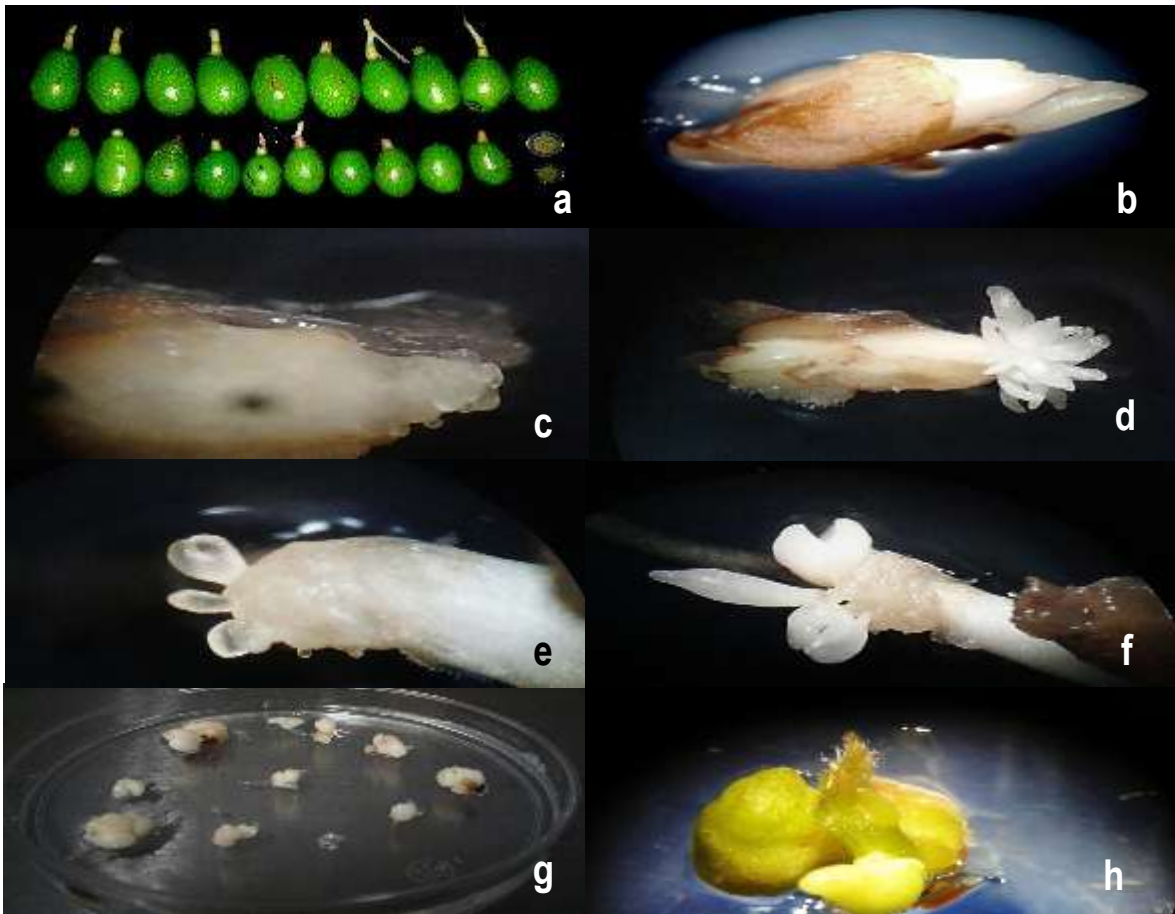
Auxina	Concentración mg L <sup>-1</sup>	Número de explantes con embriogénica (%)	Número de ES por tratamiento	Número de ES maduros germinados (%)
NAA	2	<sup>a</sup> 1c <sup>b</sup> (6.6) <sup>c</sup>	8b	3c (37.5) <sup>d</sup>
	5	4b (26.0)	10b	6a (60.0)
	10	10a (66.6)	12a	7a (58.3)
2,4-D	5	3b (20.0)	5b	1c (20.0)
	10	1c (6.6)	2c	1c (50.0)
Picloram	0.05	3b (20.0)	11a	5b (45.4)
	0.1	3b (20.0)	5b	1c (20.0)
	0.2	7a (46.6)	7b	3c (42.8)

<sup>a</sup>Los valores representan un experimento con 5 explantes por caja petri con tres repeticiones

<sup>b</sup>Las Letras indican la diferencia significativa entre tratamientos con un nivel de significancia del  $\alpha$  0.5% de acuerdo a la prueba HDS de Tukey.

<sup>c</sup> Número de explantes con respuesta embriogénica/total de explantes x100

<sup>d</sup> Número de embriones somáticos germinados/número de embriones somáticos por tratamiento x100



**Figura 1.** Vía de inducción y germinación de embriones somáticos de la accesión de aguacate C. a) Frutos inmaduros de aguacate de 5-8 cm, b) Embrión zigótico, c) Embriones somáticos en etapa globular d) embriogénesis repetitiva y maduración de embriones somáticos e) Embriones somáticos en etapas corazón y torpedo de aspecto traslucido, f) embriones en etapa de maduración color blancos opacos, g) embriones somáticos maduros en medio de germinación, h) embrión con capacidad fotosintética y en etapa de germinación.

## CONCLUSIONES

Se obtuvo un sistema de embriogénesis somática directa a partir de embriones zigóticos de aguacate de la C. Este sistema permitirá obtener embriones somáticos en menos tiempo que otras vías de embriogénesis. Además, se propone el uso de un regulador de crecimiento no antes reportado para la regeneración de aguacate que implica menor costo que el picloram el cual es hasta el momento la auxina más usada para estos fines.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Campo Experimental Bajío del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por la autorización para hacer colectas en el banco de germoplasma de aguacate.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chanderbali AS, Albert VA, Ashworth VE, Clegg MT, Litz RE, Soltis DE. (2008) *Persea americana* (avocado): bringing ancient flowers to fruit in the genomics era. *Bioessays*. 2008;30(4):386–96.

Gamborg, O. L., Miller, R.A., Ojima, K. 1968. Nutrient requirements of suspensions cultures of soybean root cells. *Exp. Cell Res.*, 50: 151-158.

Litz, R.E., Efendi, D., Raharjo, S.H.T., Padilla, G., Moon, P.A. 2007. Genetic transformation of avocado with S-adenosylmethionine (SAMASA) and evaluation of transformants after three years. *Proceedings VI world avocado congress*. Viña del Mar, Chile.

Litz, R.E., Efendi, D., Raharjo, Suarez, I. 2005. Genetic transformation of avocado (*Persea americana* Mill.): A coordinated strategy for crop improvement. *Acta Horticulturae*. 692:131-136.

Marquez-Martín, P., Barceló-Muñoz, A., Pliego-Alfaro, F., Sanchez-Romero, C. 2011. Somatic embryogenesis and plant regeneration in avocado (*Persea americana* Mill.): Influence of embryogenic culture type. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*.21:180-188.

Pliego Alfaro, F. y T. Murashige. 1988. Somatic embryogenesis in avocado (*Persea americana* Mill.) *in vitro*. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 12:61–66.

Raharjo, S.H.T., Witjaksono, Gomez-Lim, M.A., Padilla, G., Litz, R.E. 2008. Recovery of avocado (*Persea americana* Mill.) plants transformed with the antifungal plant defensin gene *PDF1.2*. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*. 44: 254-262.

Rohwer JC. Lauraceae. In: Kubitzki KRJ, Bittrich V, editors. *The families and genera of flowering plants vol. 2*. Berlin: Springer-Verlag; 1993. p. 366–91.

Suarez, I., Schnell, R., Kuhn, D., Litz, R., 2006. Recovery and indexing of avocado plants (*Persea americana*) from embryogenic nucellar cultures of an avocado sunblotch viroid-infected tree. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 84, 27–37

Witjaksono, Litz R.E., 1999. Induction and growth characteristics of embryogenic avocado cultures. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 58: 19-2

**RESPUESTA DE GERMOPLASMA DIVERSO PREMEJORADO DE TRIGO HARINERO A *F. proliferatum*  
BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO**

Suaste-Franco María del Pilar<sup>1</sup>; Iturriaga de la Fuente Gabriel, Mariscal-Amaro Luis Antonio<sup>2</sup>; Solís Moya Ernesto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas Km 8, 38110 Celaya, Gto. <sup>2</sup>INIFAP- Campo experimental Bajío, Celaya, Gto., Apdo. Postal No. 112 Celaya Gto. México.

suastef.mp@hotmail.com

En diversos municipios de Guanajuato, desde el año 2000, se ha presentado la enfermedad en trigo, conocida por los productores como “amarillamiento, madurez prematura, Fusariosis o el Fusarium”. En trabajos previos, se identificó a los hongos causantes y la mayor patogenicidad la presentó *F. proliferatum*. El objetivo fue identificar líneas del germoplasma premejorado de CIMMYT e INIFAP tolerantes a *F. proliferatum*. El experimento se estableció en invernadero, bajo el diseño de bloques completos al azar con 400 genotipos como tratamientos. La información se analizó bajo un Modelo Lineal Mixto, ajustado por la covariable plantas vivas (PTASV), para estudiar el efecto del número de plantas vivas sobre la incidencia de la fusariosis en los genotipos de trigo. El predictor lineal BLUPS (Best linear unbiased prediction), se ajustó también por la covariable, para que en teoría todos los genotipos tengan el mismo número de plantas vivas. En los estimadores de parámetro de covarianza se observó que los genotipos tuvieron valores altamente significativos ( $P \leq 0.01$ ), es decir sus varianzas pueden considerarse diferentes a cero. Los parámetros para los efectos fijos, indicaron diferencias ( $P \leq 0.01$ ) en la covariables PTASV, es decir que el ajuste por covarianza fue correcto. 123 de los 400 genotipos fueron los que obtuvieron los porcentajes de infección más bajos, de acuerdo al estimador BLUPS, sus porcentajes de infección van de 5 a 30%. La frecuencia de la incidencia de fusarium fue la siguiente: 219 genotipos obtuvieron porcentajes de infección de entre 1 y 25%, 163 genotipos de 26 a 50%, 16 genotipos de 51 a 75% y solo 2 genotipos de 76 a 100%. Lo anterior indica que aproximadamente el 50% de los genotipos tuvieron una respuesta tolerante a la inoculación con *F. proliferatum*, mientras que el otro 50% fueron susceptibles ya que rebasan el 25% de infección.

## ASOCIACIÓN GENÉTICA ENTRE CARACTERES DE MAÍZ DE CICLO LARGO FORZADO A CICLO CORTO

Carlos Alberto Ramírez Mandujano<sup>1</sup>§; Juan Carlos González Cortés<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.  
§Autor responsable: cramirzm@umich.mx

### RESUMEN

En la Mesa Central Mexicana se siembran 800 mil hectáreas con maíz de ciclo largo bajo humedad residual y 650 mil de ciclo corto o seco. La disminución de la precipitación por cambio climático puede hacer insuficiente esa humedad y forzar a la siembra bajo seco. Para estimar el efecto del cambio de ciclo largo a corto en la correlación genética entre caracteres y su consecuente respuesta correlacionada en programas de selección recurrente se evaluaron 40 familias de una población criolla mejorada bajo diseño bloques al azar con tres repeticiones en los años 2013 en ciclo largo y 2014 en ciclo corto. Se tomaron datos de días a floración masculina y femenina, asincronía floral, largo y ancho basal de la hoja de la mazorca principal, número de hojas sobre y debajo de la mazorca, altura de mazorca, altura total de planta y peso de mazorca en 8 plantas de cada familia y cada repetición. Destacan las siguientes diferencias: asincronía floral está fuertemente asociada a días a floración femenina en seco ( $r_g = 0.62$ ), pero no en humedad residual ( $r_g = -0.02$ ), y menos asociada a altura de mazorca ( $-0.16$  vs  $0.49$ ) y peso de mazorca ( $-0.38$  vs  $-1.00$ ); las asociaciones del peso de mazorca con el resto de los caracteres también cambiaron drásticamente, excepto con número de hojas arriba de la mazorca y número de hojas totales. Son previsible cambios importantes en la respuesta correlacionada a selección recurrente si las poblaciones que actualmente se siembran bajo humedad residual se siembran bajo seco.

**Palabras clave:** Maíz, selección recurrente, correlación genética, respuesta correlacionada.

## ASOCIACIÓN ENTRE CARACTERES DE VIGOR DE PLÁNTULA DE MAÍZ

Carlos Alberto Ramírez Mandujano<sup>1</sup>§; Juan Carlos González Cortés<sup>1</sup>; Eduardo Damián García Martínez<sup>2</sup>;  
Jorge Luis Gómez Villa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.

<sup>2</sup>Estudiante de licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. §Autor responsable: cramirzm@umich.mx

### RESUMEN

El vigor inicial de planta en maíz ha sido trabajado en cultivares mejorados y no está asociado a caracteres de planta adulta. Son escasos los trabajos en que se han determinado componentes de varianza genéticos por evaluación de progenies. Se utilizaron datos de un trabajo previo de vivero y se estableció un nuevo ensayo en invernadero con las mismas 40 familias de medios hermanos de un criollo mejorado en mayo de 2016, con diseño completamente al azar con tres repeticiones y ocho plantas por repetición. Se midió fecha de germinación, longitud de coleóptilo a 12 dds, diámetro basal a 18 dds y vigor por apreciación visual a los 19 dds. En el trabajo previo se midió altura de plántula a los 20 dds, y a los 40 dds, diámetro basal, número de hojas con collar visible, largo y ancho de la tercera hoja, altura de planta y vigor por apreciación visual. Se hizo análisis de varianza, se estimaron heredabilidades y correlación genotípica entre caracteres. Excepto para diámetro basal, hubo diferencias significativas entre familias. Días a germinación tuvo asociación negativa importante con casi todos los caracteres en invernadero y vivero, especialmente con altura de planta a los 40 dds ( $r = -1$ ), con el diámetro basal a los 18 dds ( $r = -0.84$ ) y apreciación visual de vigor a los 19 dds ( $r = -0.80$ ). Por su alto valor de heredabilidad (0.63), puede ser rápidamente modificado por selección.

**Palabras clave:** Maíz, vigor inicial de planta, correlación.

## ÍNDICE DE MORTALIDAD DE *Prostephanus truncatus* EN GRANO DE SOYA

Fernando García-González<sup>1</sup>; Gabriel Iturriaga-de-la-Fuente<sup>1</sup>; Juan Carlos Raya-Pérez<sup>1</sup>; Alejandro Blanco-Labra<sup>2</sup>; Juan Gabriel Ramírez-Pimentel<sup>1</sup>; César L. Aguirre-Mancilla<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Roque, km 8 carretera Celaya-Juventino Rosas, C.P. 38110, Celaya, Gto., México. <sup>2</sup>CINVESTAV Unidad Irapuato. Libramiento Norte Carretera Irapuato León km 9.6, C.P. 36821 Irapuato, Gto. \*ceaguirre@itroque.edu.mx

### RESUMEN

Los insectos forman parte de una gran variedad de especies que algunos se caracterizan por interactuar con las plantas. La capacidad que tienen para interactuar con el mundo vegetal es sumamente extensa, ya que entre estos se desarrollan relaciones que van desde las que forjan una relación benéfica hasta otras que llegan a causar la muerte. Para que los insectos puedan sobrevivir, han desarrollado una serie de mecanismos de defensa que les ha permitido el buen desarrollo en los diferentes ambientes. Uno de los mecanismos que más ha llamado la atención es la síntesis de genes que codifican para proteínas denominadas proteasas, las cuales son clave para digerir los alimentos que consumen, tales como tripsinas y quimotripsinas. La coevolución de los insectos produce la contradefensa hacia las plantas con el fin de superar las barreras impuestas por ellas, estableciéndose así un equilibrio dinámico entre estos grupos. Un insecto muy exitoso para alimentarse de plantas y más en específico de productos agrícolas, es *Prostephanus truncatus*, el cual es una plaga muy importante, principalmente para maíz y yuca. Se encuentra en zonas tropicales cálidas de Centroamérica, México, ocasionalmente en Brasil, sur de Estados Unidos y el noreste de Sudamérica, donde es reconocido como una plaga destructiva del maíz almacenado. Causa grandes pérdidas en maíz y yuca seca, tanto en México y Centroamérica, como en África. Actualmente, el potencial de *P. truncatus* para causar daños severos es reconocido internacionalmente y es en este punto donde se centran las nuevas tendencias de control de plagas desde el punto de vista biotecnológico. Una alternativa viable y prometedora es la utilización de inhibidores de proteasas (IP). Los IPs están presentes en plantas, animales y microorganismos. En las plantas, los IPs representan una forma de proteína de almacenamiento o están involucrados en los mecanismos de defensa contra plagas y enfermedades. Además de sus funciones biológicas naturales, los IPs podrían utilizarse en el tratamiento de patologías humanas relacionadas con la coagulación sanguínea, hemorragias, inflamación y cáncer. En el presente trabajo se realizó un ensayo biológico para determinar el índice de mortalidad del insecto *P. truncatus* en granos de maíz y de soya. Esto debido a que la soya posee IP que inhiben las enzimas digestivas del insecto, provocando que no pueda alimentarse, llevándolo a la muerte. Actualmente, se está trabajando en la identificación de los genes que codifican para tripsina y quimotripsina para poder analizar la expresión de estos genes en los diferentes estadios larvales del insecto bajo la presencia de inhibidores de proteasas.

**Palabras clave:** Proteasas, inhibidores de proteasas, factores antinutricios, soya, maíz.

### SUMMARY

Insects are part of a large variety of species that are characterized by interacting with plants. The ability they have to interact with the plant world is extremely extensive, since these develop relationships that range from those that forge a beneficial relationship to others that cause the death of one. In order for

the insects to survive, they have developed a series of defense mechanisms that have allowed them to develop well in different environments. One of the mechanisms that has caught the attention is the synthesis of genes coding for proteins called proteases, which are key to digest the foods they consume, such as trypsins and chymotrypsins. The coevolution of the insects produces the counter-defense to the plants in order to overcome the barriers imposed by them, establishing a dynamic balance between these groups. In this respect a very successful insect to feed on plants and more specifically on agricultural products, is *Prostephanus truncatus*, which is a very important pest, mainly for maize and yucca. It is found in warm tropical zones of Central America, Mexico, occasionally in Brazil, southern United States and northeastern South America, where it is recognized as a destructive pest of stored maize. It causes great losses in maize and dry yucca, both in Mexico and Central America, as well as in Africa. Currently, the potential of *P. truncatus* to cause severe damage is internationally recognized and it is at this point that new trends in pest control from a biotechnological point of view are focused. A viable and promising alternative is the use of protease inhibitors (PIs). PIs are present in plants, animals and microorganisms. In plants, PIs represent a form of storage protein or are involved in defense mechanisms against pests and diseases. In addition to their natural biological functions, PIs could be used in the treatment of human pathologies related to blood clotting, hemorrhage, inflammation and cancer. In the present work a biological assay was performed to determine the mortality rate of the insect *P. truncatus* in soybean and maize grains. This is because soy has PI that inhibit the digestive enzymes of the insect, causing it can not feed, leading to death. We are currently working on the identification of the genes coding for trypsin and chymotrypsin in order to analyze the expression of these genes in the different larval stages of the insect under the presence of protease inhibitors.

**Key words:** Proteases, protease inhibitors, antinutrient factors, soybean, maize.

## INTRODUCCIÓN

El maíz, al igual que otras muchas especies vegetales y animales explotadas agrícolamente por el hombre, posee un conjunto de otros consumidores biológicos que encuentran en esta planta los recursos indispensables para su vida. Los daños ocasionados por las plagas en granos almacenados generan muchas pérdidas económicas a los agricultores; en el caso del maíz encontramos a *Prostephanus truncatus*, el cual no solo afecta la calidad, sino que además son precursores de hongos y otros microorganismos indeseables a la hora de comercializar y consumir los productos (Bernal *et al.*, 2006). Las pérdidas que ocasiona esta especie son incalculables (Derera *et al.*, 2002).

Este insecto, *P. truncatus*, es una plaga muy importante, principalmente para maíz y yuca, siendo un insecto nativo de Mesoamérica. Se encuentra en zonas tropicales cálidas de Centroamérica, México, ocasionalmente en Brasil (Hodges, 1994), sur de Estados Unidos (Back y Cotton, 1922) y el noreste de Sudamérica, donde es reconocido como una plaga destructiva del maíz almacenado. Causa grandes pérdidas en maíz y yuca seca, tanto en México y Centroamérica, como en África. (Golob y Hodges, 1982; Krall, 1984 y 1987; Hodges, 1985; Nissen, 1991; Diané, 1993). Actualmente, el potencial de *P. truncatus*



para causar daños severos es reconocido internacionalmente y es en este punto donde las nuevas tendencias de control de plagas desde el punto de vista biotecnológico, con el desarrollo potencial de las plantas transgénicas, han cobrado mucha fuerza, ya que pueden llevar transgenes cuyos productos tengan la capacidad de disminuir los daños ocasionados por los insectos y otras plagas. El ejemplo más ampliamente estudiado y utilizado es el del uso de la proteína insecticida,  $\delta$ -endotoxina de *Bacillus thuringiensis*, para la transformación de plantas con mayor resistencia al ataque de ciertos insectos (Estruch *et al.*, 1997). Sin embargo, el uso de esta proteína en plantas transgénicas ha ocasionado que los insectos generen resistencia a estas sustancias, por lo que se hace necesario encontrar nuevas alternativas. Así, existen nuevos grupos de proteínas que con este mismo fin también han mostrado resultados alentadores. Entre éstos, los inhibidores de proteasas ocupan un lugar preponderante; se ha reportado que, específicamente en el caso de *P. truncatus*, el inhibidor presente en semillas de Chan ha mostrado ser de especial importancia, debido a su capacidad para inhibir la mayor parte de sus serin-proteasas intestinales (Aguirre *et al.*, 2004). Las enzimas proteolíticas también llamadas peptidasas, son muy importantes para todas las formas de vida. Su importancia biológica se ilustra por el hecho de que aproximadamente el 2% de todos los genes codifican para proteasas u homólogos de proteasas en todos los tipos de organismos (Rawlings y Barrett, 1999, 2004).

Debido a que el maíz es uno de los productos alimenticios más importantes del mundo y su importancia está proyectada para aumentarse en los próximos años; es una fuente de gran valor nutritivo y es irremplazable en la dieta de millones de personas en todo el mundo, por eso es importante proteger este invaluable recurso alimenticio.

A fin de tener un efecto indirecto de los IPs sobre el crecimiento y mortalidad del insecto *P. truncatus* se utilizaron granos de soya, los cuales contienen una gran cantidad de factores antinutricionales como IPs y lectinas, los cuales influyen en el desarrollo y estatus nutricional de los insectos; cabe señalar que estos factores son eliminados en el proceso de cocción para ser consumidos por los seres humanos; algunos de estos factores considerados como antinutricionales se mantienen posterior al proceso de cocción; sin embargo, se les han atribuido un efecto nutracéutico al promover la salud de quienes los consumen por sus efectos anticancerígenos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Los ensayos se llevaron a cabo en el Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque, en el laboratorio de Biología Molecular.

Los insectos fueron proporcionados por el insectario del CINVESTAV-Irapuato.

Se pesaron 50 g de grano de soya y de maíz y se colocaron en frascos independientes, con tapa provista de una malla para proveer el oxígeno necesario al insecto; cada frasco representó una unidad experimental. Los ensayos se realizaron por triplicado con 100 adultos de *Prostephanus truncatus* y en cada frasco y mantenidos por 25 días a una temperatura de  $28-30 \pm 2$  °C con una humedad relativa de 60-65%, factores ideales para el crecimiento del insecto.

El ciclo del insecto va de los 25 a 30 días, tiempo en el cual las larvas alcanzan su etapa adulta, de ahí que se decidió realizar el conteo de muertos y vivos al término de ese lapso.

En cada experimento se contabilizaron los insectos muertos y vivos en los granos de soya y maíz infestados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El bioensayo mostró diferencias altamente significativas en el índice de mortalidad de los insectos en los tratamientos con granos de soya, al obtener alrededor de casi un 70% de insectos muertos; en tanto, para maíz, la población del insecto se incrementó casi al doble de la población inicial (Figura 1).

El efecto observado de la muerte de los insectos puede deberse a que los granos de soya poseen compuestos antinutricios (inhibidores de proteasas y lectinas), los cuales inhiben la acción de las principales enzimas digestivas (proteasas del tipo tripsinas y quimotripsinas); estas son requeridas por el insecto para llevar a cabo los procesos de digestión de las proteínas de reserva presentes en el grano del cual se alimenta.

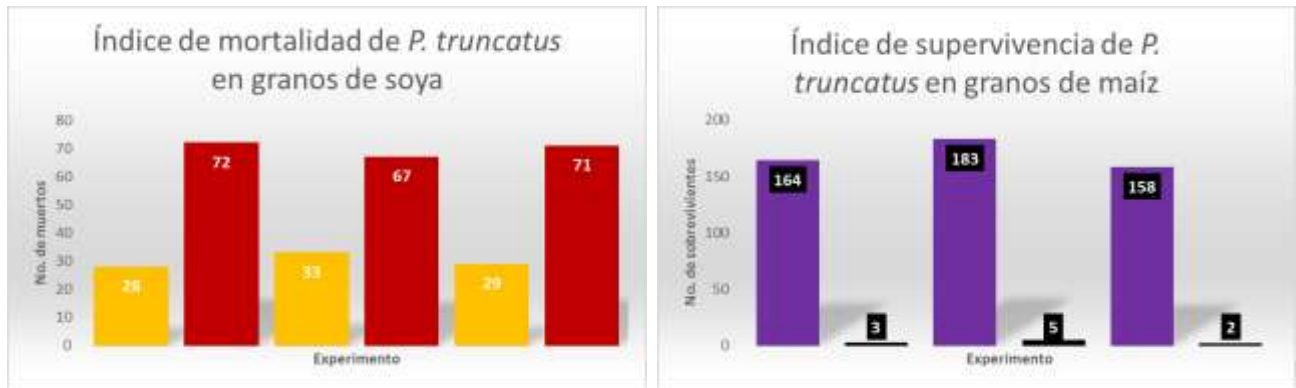


Figura 1. Comparación del índice de mortalidad y supervivencia de *P. truncatus* en granos de soya y maíz.

En los granos de maíz que fueron infestados con *P. truncatus* se obtuvo un incremento de la población de insectos de casi el doble de la inicial, debido a que este grano representa su principal fuente de alimento y a pesar de que contiene inhibidores de proteasas y amilasas, estos no provocan daño alguno al insecto, sino que los utiliza también como nutrimento.

El papel de los IPs en la defensa de las plantas fue mostrado inicialmente cuando se observó que las larvas de *Tribolium confusum* y *T. castaneum* fueron incapaces de desarrollarse en productos de soya. Luego, se encontró que los inhibidores de tripsina presentaron toxicidad contra las larvas de *T. confusum* (Lipke *et al.*, 1954).

Se han propuesto varios modelos para explicar los efectos de los IPs en el crecimiento y desarrollo de insectos plaga. El primero se basa en la inhibición de las proteasas digestivas por la acción de los IPs; en este modelo, los inhibidores actúan como sustratos específicos para estas enzimas y forman un

complejo estable en el cual la proteólisis es limitada y extremadamente lenta; esto reduce la digestión de las proteínas de la dieta y la disponibilidad de aminoácidos esenciales, dando como resultado una disminución en la asimilación de nutrientes; ocasionando un retardo en el crecimiento e incluso la muerte del insecto (Jongsma y Bolter, 1997; Gatehouse *et al.*, 1999; Lawrence y Koundal, 2002).

El segundo mecanismo señala que la disminución del crecimiento de los insectos se debe a una producción excesiva de proteasas para compensar su falta de actividad por la acción de los IPs, en detrimento de los aminoácidos esenciales necesarios para la producción de nuevas proteínas, afectando importantes procesos fisiológicos y bioquímicos de los insectos, tales como la activación proteolítica de enzimas y la muda (Broadway *et al.*, 1986; Jongsma y Bolter, 1997; Michaud *et al.*, 1996; Lawrence y Koundal, 2002).

Debido a la acción y función de los IPs es que ocupan un lugar preponderante, como lo reporta Aguirre *et al.* (2004), en donde se observó que los que presenta semillas de chan inhibe la mayor parte de serín-proteasas intestinales presentes en *P. truncatus*; específicamente, en el caso de *P. truncatus*, el inhibidor presente en semillas de Chan, ha mostrado ser de especial importancia, debido a su capacidad para inhibir la mayor parte de sus serin-proteasas intestinales (Aguirre *et al.*, 2004).

Muchos de los insecticidas nuevos son derivados de sustancias naturales vegetales (por ejemplo: nicotina, piretrinas y análogos de hormonas juveniles de insectos), pero, esta medida presenta la desventaja de resultar en altos costos, el exceso de mano de obra y los efectos nocivos que se generan por su uso (Wayne y Gutiérrez, 1982). Un alto porcentaje de los agricultores emplea estos métodos de control de plaga en forma masiva y sin precaución (Mc. Gregor, 1980). Los compuestos químicos de dichos productos son residuales, por lo que además de inducir resistencia, ya no son recomendados para ser aplicados directamente a los productos agrícolas destinados para el consumo humano o animal (Vázquez-Arista *et al.*, 1995). Es por esto que resulta de suma importancia el contar con estrategias más efectivas y sobre todo amigables con el medio ambiente.

## **CONCLUSIONES**

Se encontró un efecto marcado en la mortalidad de los insectos de *P. truncatus* cuando los granos de soya fueron infestados con el insecto; se obtuvo un índice de mortalidad de casi 70% en los tres experimentos realizados.

Los granos de soya, al poseer compuestos antinutricios afectan el desarrollo del insecto, afectando su proceso de digestión y llevándolo a la muerte, por lo que representa una excelente alternativa en el control de este insecto plaga.

## **Agradecimientos**

A Javier Luevano Borroel encargado del Insectario del CINVESTAV-Irapuato por facilitar la obtención de *Prostephanus truncatus*.

Al Dr. Miguel Hernández Martínez, investigador de INIFAP-Bajío por proporcionar la semilla de soya.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre-Mancilla, Cesar; Valdés-Rodríguez Silvia; Mendoza-Hernández Guillermo; Rojo-Domínguez Arturo y Blanco-Labra Alejandro. (2004). A novel 8.7 kDa protease inhibitor from chan seeds (*Hyptis suaveolens* L.) inhibits proteases from the larger grain borer *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae). Comparative Biochemistry and Physiology Part B 138: 81-89.

Back E. A. y Cotton R. T. (1922). Stored grain pest. Farmer's Bulletin No. 1260. U.S. Department of Agriculture, Washington D. C.

Bernal H. J.; Caicedo G. S y Guevara E. J. (2006). Híbridos de maíz amarillo adaptados a suelos ácidos de la altillanura plana colombiana. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Transferencia de Tecnología.

Broadway R. M.; Duffey S. S.; Pearce G. y Ryan C. A. (1986). Plant proteinase inhibitors: A defense against herbivorous insects? Entomol. Exp. Appl. 41, 33-38.

Derera J.; Pixley K. V y Giga D. P. (2002) Resistance of maize to the maize weevil: I. Antibiosis. African Crop Science Journal. Vol 9 (2):431-440.

Diané B. (1993). Vergleichende Untersuchungen über die Eignung verschiedener Nahrungssubstrate für den Großen Kornbohrer, *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). Wissenschaftlicher Fachverlag Gießen, 88.

Estruch J. J., Carozzi N. B., Desai N., Duck N. B., Warren G. W. and Koziel M. G. (1997). Transgenic Plants: an emerging approach to pest control. Nature Biotechnology 15: 137-141.

Gatehouse A. M. R.; Norton E.; Davison G. M.; Babbé S. M.; Newell C. A. y Gatehouse J. A. (1999). Digestive proteolytic activity in larvae of tomato moth, *Lacanobia oleraceae*; effects of plant protease inhibitors in vitro and in vivo. J. Insect Physiol. 45, 545-558.

Golob P. y Hodges R. J. (1982). Study on an outbreak of *Prostephanus truncatus* (Horn) in Tanzania. Report G. London., Tropical Products Institute 164.

Hodges R. J.; Meik J. y Denton H. (1985). "Infestation of dried cassava (*Manihot esculena* Crantz) by *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). Journal of Stored Products Research 21:73-77.

Hodges R. J. (1994). Recent advances in the biology and control of *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae). The 6th International Working Conference on stored product Protection, Camberra, Australia.

Jongsma M. A. y Bolter C. J. (1997). The adaptation of insects to plant proteinase inhibitors. J. Insect Physiol. 43: 885-895.

Krall S. (1984). A new threat to farm-level maize storage in West Africa: *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). *Tropical Stored Products Information* 50: 26-31.

Krall S. (1987). Experience with a new stored-grain pest in Togo and Benin: the larger grain borer, *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae). *Proceedings of the Fourth International Working Conference on Stored-product Protection*, Tel Aviv, Israel.

Lawrence P. K. y Koundal K. R. (2002). Plant protease inhibitors in control of phytophagous insects. *EJB Electronic Journal Biotechnology*. 5. 93-109.

Lipke H.; Fraenkel G. y Liener I. (1954). Effect of soybean inhibitors on growth of *Tribolium confusum*. *J. Agric. Food. Chem.* 2. 410-414.

Michaud D.; Nguyen-Quoc B.; Vrain T.; Fong D. y Yelle S. (1996). Response of digestive cysteine proteinases from Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) and the black vine weevil (*Otiorynchus sulcatus*) recombinant from of human stefin A. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 31: 451-464.

Mc. Gregor, BM. *Manual de transporte de productos tropicales* Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, *Manual de Agricultura* (668), 148 pp., 1980.

Nissen U.; Laborius G.A. y Shulz F.A. (1991). Comparison of populations of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) of different geographical origins. *Journal of Applied Entomology* 112: 124-137.

Rawlings N. D. y Barrett A. J. (1999). MEROPS: the peptidase database. *Nucleic Acids Research* 27: 325-331.

Rawlings N. D.; Tolle D. P. y Barret A. J. (2004). Evolutionary families of peptidase inhibitors. *The Biochemical Journal* 378: 705-716.

Vázquez-Arista M.; Ramírez-Flores A. y Blanco-Labra A. (1995). Maize and bean storage and their use by rural farmers in a central state of Mexico. *Journal of Stored Products Research* 31(4): 325-333.

Wayne, M. G. y A. P. Gutiérrez. 1982. A perspective on systems analysis in crop production and insect pest management. *Annual Review of Entomology*, 27: 447-466.

## RENDIMIENTO Y CALIDAD FÍSICA DE SEMILLA DE AVENA (*Avena sativa* L.) EN DISTINTAS FECHAS DE SIEMBRA

Montoya-Jasso-Víctor M.<sup>a</sup>; Gámez-Vázquez-Alfredo J.\*<sup>b</sup>; Aguirre-Mancilla-César L.<sup>a</sup>; Cervantes-Ortiz-Francisco<sup>a</sup>; Ávila-Perches-Miguel Á.<sup>b</sup> y Morán-Vázquez-Nicolás<sup>a</sup>.

<sup>a</sup>Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Roque. <sup>b</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. \*[gamez.josue@inifap.gob.mx](mailto:gomez.josue@inifap.gob.mx)

El objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad física y rendimiento de la semilla de avena (*Avena sativa*) de las variedades Chihuahua, Karma, Obsidiana y Menonita sometidas a tres fechas de siembra distintas (01, 15 y 31 de diciembre) durante el ciclo Otoño/Invierno 2009/2010. Para realizar la presente investigación se evaluó en campo y laboratorio; la actividad de campo se realizó durante el ciclo Otoño/Invierno (2009/2010) en terrenos del Campo Experimental Bajío del INIFAP y la fase de laboratorio en el Laboratorio de Semillas del ITRoque. El análisis de varianza de las variables en estudio no mostró diferencias estadísticas para las fechas de siembra. Sin embargo, se identificó que la variedad Obsidiana obtuvo los mayores valores en rendimiento ( $6.85 \text{ t ha}^{-1}$ ) y peso de mil semillas ( $34.20 \text{ kg hl}^{-1}$ ) con la fecha de siembra del 15 y 01 de diciembre, respectivamente; la variedad Chihuahua fue la más tardía a floración con 102.7 días para la fecha de siembra del 15 de diciembre y Menonita la de mayor número de panículas  $\text{ha}^{-1}$  con 3'535,000. La variedad Obsidiana arrojó los valores más altos para rendimiento y peso de mil semillas. La variedad Chihuahua fue la más tardía a floración con la fecha de siembra del 01 de diciembre, Menonita mostró el mayor peso volumétrico con la fecha de siembra del 01 de diciembre y Karma en panículas  $\text{ha}^{-1}$ .

**Palabras clave:** *Avena sativa*, variedades, rendimiento, floración, peso de mil semillas y peso volumétrico

## **PRODUCTIVIDAD EN SEIS VARIEDADES DE SORGO BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL**

<sup>1</sup>Carlos Alberto Bárcenas Vizcaya; <sup>1</sup>Carlos Antonio Moncada Mendoza; <sup>1</sup>Alejandra Romero Ledesma; <sup>1</sup>Abigail Ángeles de la Cruz; <sup>1</sup>Salvador Montero Ramos; <sup>1</sup>Enrique León Apolinar; <sup>1</sup>Brando Álvarez Mandujano; <sup>1</sup>Erandi Natalia García Vázquez; <sup>1</sup>Vianney Montoro Torres; <sup>1</sup>Luis Alberto Noriega González.

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque, km. 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, C.P. 38110. Celaya, Guanajuato. Email noriega\_gonza@hotmail.com

### **RESUMEN**

El cultivo del sorgo bajo condiciones de temporal es uno de los grandes retos en la agricultura debido a la dependencia de la precipitación, a la poca existencia de variedades rendidoras y la problemática sanitaria que este enfrenta. En el estado de Guanajuato, en el ciclo PV 2015 la superficie sembrada de temporal se calculó en 117,278 ha y en el ciclo PV 2016, 46,340 ha. El objetivo de esta investigación fue evaluar la productividad de seis variedades de sorgo bajo condiciones de temporal. El ensayo se estableció en la localidad de la Cueva, Apaseo el Alto. Los materiales genéticos utilizados fueron las variedades: Berentsen (CB-105), Dekalb (DKS-46), Pioneer (82G93), Azteca (Águila Real) y Asgrow (Cobalto y Litio). El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas entre variedades para las variables altura de planta y daño por pájaro, y significativas para el porcentaje de afectación por Ergot y rendimiento de grano. La variable de daño por pájaros solo presentó diferencias significativas para el factor densidad. El rendimiento promedio del experimento fue de 4.88 t ha<sup>-1</sup> y la variedad Berentsen CB-105 presentó el menor rendimiento con 3.15 t ha<sup>-1</sup>. Los mejores tratamientos en base a productividad y características de sanidad fueron Litio, DKS-46 y Águila Real; la densidad de siembra fue de 12 kg ha<sup>-1</sup>.

**EFFECTO DE LA FERTILIZACION FOLIAR EN PARAMETROS AGRONOMICOS EN PLÁNTULAS DE BROCOLI  
(*Brassica oleracea*)**

Diana Abigail Mendoza Ferrer<sup>1</sup>, Luis Patricio Guevara Acevedo<sup>2\*</sup>, Julio Cesar León Vargas<sup>2</sup>, Andree Mariel Santa Rosa Martinez<sup>1</sup>, José Manuel Bautista Medina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de Ingeniería en Agronomía. <sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto. \*Autor de correspondencia: lpguevara@itroque.edu.mx

**RESUMEN**

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de fertilizantes foliares a base de alga enzimas y activadores fisiológicos en parámetros agronómicos de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* var. *avenger*). Se usó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos, un testigo comercial y un testigo absoluto; los tratamientos utilizados fueron el tratamiento de algaenzimas con ácido succínico (Fer1) a dosis 20 ml/L<sup>-1</sup>, de algaenzimas más 20 ml/L de ácido succínico, un fertilizante químico (bayfolan<sup>®</sup>) (Fer2) a dosis 30 ml/L<sup>-1</sup> y un testigo absoluto (Ta). Cada unidad experimental estaba constituida por 169 cavidades de una charola germinativa, donde dos veces por semana se realizaba el muestreo considerando diez plantas al azar de cada unidad experimental y se aplicaba nuevamente el fertilizante foliar a cada unidad durante cuatro semanas. Se registró la altura de planta (Ap), longitud de raíz (Lr), número de raíces (Nr), unidades SPAD de clorofila (Cl) y número de hojas (Nh). Los resultados indicaron efecto significativo para tratamientos, muestreos y la interacción tratamiento por muestreo. El tratamiento Fer1 presentó los valores altos en número de hojas, número de raíces y unidades SPAD de clorofila, mientras que el Testigo absoluto presentó valores altos en altura de planta.

**Palabras claves:** *Brassica oleracea*, activadores fisiológicos, alga enzimas, altura de planta, clorofila.



## MICROORGANISMOS DE MONTAÑA Y *AZOSPIRILLUM BRASILENSIS* EN DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE REPOLLO

Tarsicio Medina Saavedra<sup>1\*</sup>; Gabriela Arroyo Figueroa<sup>1</sup>; Carlos H. Herrera Méndez<sup>1</sup>; José Juan Serrato Lopez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Campus Celaya Salvatierra, Universidad de Guanajuato.

\*Correo electrónico: [tarsicioms@hotmail.com](mailto:tarsicioms@hotmail.com)

### RESUMEN

El repollo es una hortaliza que se cultiva todo el año, con importantes aportes nutrimentales, sin embargo, requiere de un manejo adecuado de nutrientes para la plántula requerida en el desarrollar el cultivo. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de los microorganismos de montaña y *Azospirillum brasilensis* durante el desarrollo y crecimiento de plántulas de repollo (*Brassica oleracea* L. var. *Capitata*). Se sembraron 24 semillas en bandejas de germinación con tres repeticiones. Los tratamientos fueron T1: testigo; T2: *Azospirillum brasilensis*; T3: microorganismos de montaña y T4: *Azospirillum brasilensis* con microorganismos de montaña. Se registró la germinación y sobrevivencia durante 16 días, se midió la altura hasta desde la base hasta la hoja más alta y se cuantificó la cantidad de raíz desde muy abundante, abundante, regular, poca y muy poca. Se realizó un análisis multifactorial de la varianza para crecimiento (ANOVA). La mayor germinación y sobrevivencia se dio en T4, lo mismo que para crecimiento donde tuvo diferencias significativas ( $p=.0012$ ) con los demás tratamientos, se destaca la abundancia de desarrollo radicular en los tratamientos con microorganismos (T2, T3 y T4). Las acciones simbióticas de los microorganismos favorecen el desarrollo de las plántulas de repollo.

**Palabras claves:** microorganismos benéficos, plántulas, *Azospirillum brasilensis*, hortaliza

### SUMMARY

The cabbage is a vegetable that is grown throughout the year, with important contributions nutrimental, however, requires a proper management of nutrients for the seedling required in the development of the crop. The objective of this study was to evaluate the effect of the microorganisms of mountain and *Azospirillum Brasilensis* during the development and growth of seedlings of cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *Capitata*). 24 seeds were sown in germination trays with three replications. Treatments were T1: witness; T2: *Azospirillum brasilensis*; T3: microorganisms of mountain and T4: *Azospirillum brasilensis* with microorganisms of mountain. The germination and survival during 16 days, we measured the height from the base to the highest and quantified the amount of root from very abundant, abundant, regular, short and very little. We performed a multivariate analysis of variance (ANOVA) for growth. The highest germination and survival was in T4, the same as for growth where had no significant difference ( $p=.0012$ ) with other treatments, the abundance of root development in the treatments with microorganisms (T2, T3 and T4). The actions symbiotic micro-organisms favor the development of the seedlings of cabbage.

**Keywords:** Beneficial micro-organisms, seedlings, *Azospirillum brasilensis*, vegetable

## INTRODUCCIÓN

La producción intensiva bajo invernadero es un método empleado para poder producir cualquier tipo de hortaliza en cualquier época del año, teniendo un clima determinado y adecuado para la producción de cualquier tipo de hortalizas, así mismo es posible incrementar los niveles productivos como la consecuencia directa de la intensidad de los cuidados y mejoras de las condiciones del medio físico, mejorando la calidad comercial de las cosechas, con una mayor seguridad de cosecha debido a la protección que ejercen los invernaderos hacia los cultivos (Iglesias, 2006). El repollo o col (*Brassica oleracea L. var. capitata*) es una hortaliza que ha ido aumentando bajo producción intensiva, se puede establecer tanto en temporadas de otoño-invierno como primavera-verano, con un adecuado aporte de vitaminas A, B<sub>6</sub>, C, potasio, fibra y es baja en grasas atribuyéndole algunos beneficios a la salud humana, el cultivo (Zamora, 2016).

El municipio de Salvatierra Gto., se encuentra dentro de los parámetros que requiere la planta de repollo para su desarrollo productivo, ya que el rango óptimo de temperatura es de 15 y 18 °C. Regularmente la germinación se realiza en semilleros para posteriormente ser trasplantado en un suelo franco rico en materia orgánica y profundidad de 20 a 30 cm para un buen desarrollo radicular, es tolerante a pH ácidos del rango de 5.5 a 6.5 (López, 2005).

Un adecuado sistema de producción hortícola requiere de un suelo sano en que abunden los microorganismos. Los microorganismos de montaña (MM) está constituida por colonias de hongos, bacterias y levaduras benéficas que se encuentran de manera natural en diferentes ecosistemas, en los cuales se genera descomposición de material orgánico (Higa, 2013), estos microorganismos son un cultivo mixto líquido de microorganismos benéficos (*Rhodopseudomonas spp*, *Lactobacillus spp*, *Sacharomyces spp*, *actinomicetos* y hongos fermentadores), capturados de sistemas naturales, los cuales no han sido sometidos a modificación genética y se relacionan de forma simbiótica coexistiendo entre sí, lo cual ha generado efectos positivos para un ambiente en equilibrio (Campo, 2014). El uso de fertilizantes químicos para la producción de repollo es fundamentalmente requerido para el desarrollo y calidad del producto dentro de la agricultura convencional, sin embargo, el uso de estos químicos afecta muy gravemente al suelo y los sistemas que lo rodea. Se han buscado alternativas al uso de fertilizantes, es el caso de *Azospirillum brasilensis*, un producto benéfico que favorece a las plantas fijando nitrógeno atmosférico, lo que provoca un mayor rendimiento económicos sin contaminar, ni causar daño al suelo, representando una alternativa al uso de los fertilizantes químicos tradicionales (Martínez, 2011).

Este trabajo de investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar el efecto de microorganismos de montaña (MM) y *A. brasilensis* durante el desarrollo y crecimiento de plántulas de repollo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en el invernadero del Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad de Guanajuato Sede Salvatierra, utilizando semillas de repollo de una variedad comercial.

La siembra de las semillas de repollo se realizó en bandejas de germinación de con 72 celdas y consistió sembrar 24 semillas con tres repeticiones y cuatro tratamientos distintos. El tratamiento uno (T1) se utilizó como testigo y solamente fueron aplicados los riegos correspondientes con agua no clorada. En el tratamiento dos (T2) se aplicó un producto comercial a base de *Azospirillum brasilensis*, diluido en agua no clorada. En el tratamiento tres (T3) se usaron microorganismos de montaña (MM) en su fase líquida diluido al 5% en agua no clorada, aplicada durante el riego. En el tratamiento cuatro (T4) se realizó una combinación de T2 y T3 durante el riego.

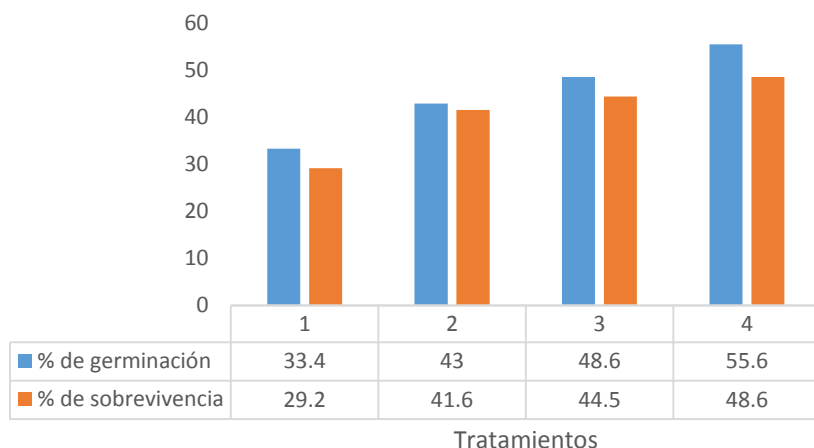
Las semillas fueron sembradas en un sustrato a base de arcilla, arena, ceniza de ladrillera y fibra de coco molida, puestas en remojo durante 10 minutos en una solución al 1% de agua con melaza con *A. brasilensis* para T2, microorganismos de montaña fase líquida para T3 y la combinación de T2 y T3 para T4. Los riegos se realizaron diariamente utilizando agua no clorada y agregando los microorganismos en solución, para T2 se usó *A. brasilenses*, para T3 los MM y para T4 la combinación de los microorganismos utilizados en T2 y T3. La elaboración de los MM en la fase solida anaerobia se recolecto materia orgánica en descomposición de un ecosistema de montaña cercano a la institución y se procedió a mezclar 1 kg de harina de maíz y 1.5 litros de melaza para completar el volumen de una cubeta de 19 litros donde fue compactada y sellada la mezcla, dejando en reposo durante 30 días. Para la fase liquida aerobia fueron tomados 500 gr de producto anterior para colocarlo en un saco de tela y dejarlo flotar en 20 litros de agua mezclada con el 1 % de melaza durante 48 horas, agitando dos veces al día para facilitar la oxigenación. En la preparación del *A. brasilensis* se usó un producto comercial del que se tomó 180 gr para ser diluidos en 4 litros de agua sin cloro.

Se midió el porcentaje de germinación y sobrevivencia de las plántulas de repollo durante 16 días, posteriormente se registró su crecimiento en centímetros, utilizando una regla plástica, la medición fue desde la superficie del suelo hasta la hoja más alta la plántula, se realizaron dos mediciones, la primera a los 25 días de la siembra y la segunda a los 40 días cuando fueron trasplantadas, al mismo tiempo se calificó el desarrollo radicular presentaba cada una de las plántulas mediante los criterios de muy abundante, abundante, regular, poca y muy poca. Se realizó un análisis multifactorial de la varianza para crecimiento (ANOVA) con el análisis de datos de la varianza de un factor usando el programa estadístico de EXCEL.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación al porcentaje de germinación y sobrevivencia de las plántulas de repollo se encontró que el tratamiento donde se combinaron los microorganismos de montaña y el *A. brasilensis* (T4) resultó con mayor germinación (55.6%) y sobrevivencia (48%), seguido del tratamiento de MM (T3) con germinación (48.6%) y sobrevivencia (44.5 %), en tercer lugar el tratamiento de *A. brasilensis* (T2) con germinación (43%) y sobrevivencia (41.6%) y finalmente el tratamiento testigo (T1) con germinación (33.4%) y sobrevivencia (29.2%) (Figura 1).

Las bacterias del suelo son capaces de adaptarse para posteriormente colonizar y persistir en la rizosfera de las plantas, (Glick, *et al.*, 1999), además se ha demostrado que inoculando semillas con microorganismos se benefician la germinación de la plántula debido a que les confieren a la semilla la capacidad para germinar sobre un mayor rango de temperaturas y otros estrés ambiental (Namesny, 2014), por otro lado también se ha demostrado que el efecto de los microorganismos empieza a sentirse en el momento de la germinación, con un máximo durante el desarrollo, donde pueden intervenir bacterias, algas, protozoos y hongos (Johansson *et al.*, 2004), situación que se presenta al aplicar los MM al suelo.



**Fig1. Porcentaje de germinación y sobrevivencia de las plántulas de repollo.** De acuerdo a datos estadísticos resultado de las dos mediciones de altura en las plántulas, las medias más altas se localizaron en el tratamiento con MM (T3) (8.2 y 9.8 cm), las medias más bajas fueron para el tratamiento testigo (T1) (6.0 y 7.5 cm) (Cuadro 1). En el mismo sentido el tratamiento T3 resultó con plántulas de mayor tamaño tanto en las dos mediciones y el tratamiento T1 con las plántulas de menor tamaño también en las dos mediciones (Figura 2).

**Cuadro 1. Datos estadísticos de la altura las plántulas de repollo.**

Medición I (cm) a 25 días				
Datos estadísticos	T1	T2	T3	T4
Minino	2.90	3.50	4.90	2.00
Máximo	8.90	9.70	11.00	10.00
Rango	6.00	6.20	6.10	8.00
Media	6.74	6.75	8.22	7.16
Desviación estándar	1.46	1.66	1.42	1.74
Coeficiente de variación	0.22	0.25	0.17	0.24
Medición II (cm) a 40 días				
Datos estadísticos	T1	T2	T3	T4
Minino	3.10	5.00	6.20	4.60
Máximo	11.0	11.80	12.00	12.70
Rango	7.90	6.80	5.80	8.10
Media	7.50	8.67	9.80	8.56
Desviación estándar	1.95	1.71	1.51	2.04
Coeficiente de variación	0.26	0.20	0.15	0.24

Al comparar en la primera medición del crecimiento de las plántulas de repollo del tratamiento testigo (T1) con el tratamiento a base de *A. brasilensis* (T2) no se encontró diferencia estadísticamente significativa para un 95% de confiabilidad ( $p=0.96$ ), sin embargo, con la aplicación de MM (T3) y la combinación de los microorganismos (T4) si la hubo diferencias significativas ( $p=.0012$ ). Al realizar la segunda medición los tres tratamientos con microorganismos (T2, T3 y T4) tuvieron diferencias significativas ( $p=.00015$ ) al compararlos con el tratamiento testigo (T1).

Los cultivos albergan en su sistema radicular los microorganismos que interactúan con ellas de manera positiva o negativa. Se han reportado en diversos estudios el efecto promotor del crecimiento vegetal del género *Azospirillum sp.*, como resultado de una combinación de mecanismos diversos, con variaciones de acuerdo a la especie vegetal, condiciones ambientales y la cepa utilizada (Barassi *et al.*, 2008; Méndez *et al.*, 2014), principalmente mediante la producción de fitohormonas, suplemento de macro y micro elementos, la fijación biológica del nitrógeno, la solubilización del fósforo, entre otros (Spaepen *et al.*, 2009), por otro lado la diversidad microbológica aportada con los MM, relacionados de manera simbiótica, provocan una rápida movilización de la materia orgánica y sus minerales (Ismail & Soliman, 2010), favoreciendo la multiplicación de microorganismos benéficos, permitiendo el mejor

desarrollo de raíces y favoreciendo la respiración de estas y la absorción de nutrientes (Reyes, 2002; Higa, 2013)

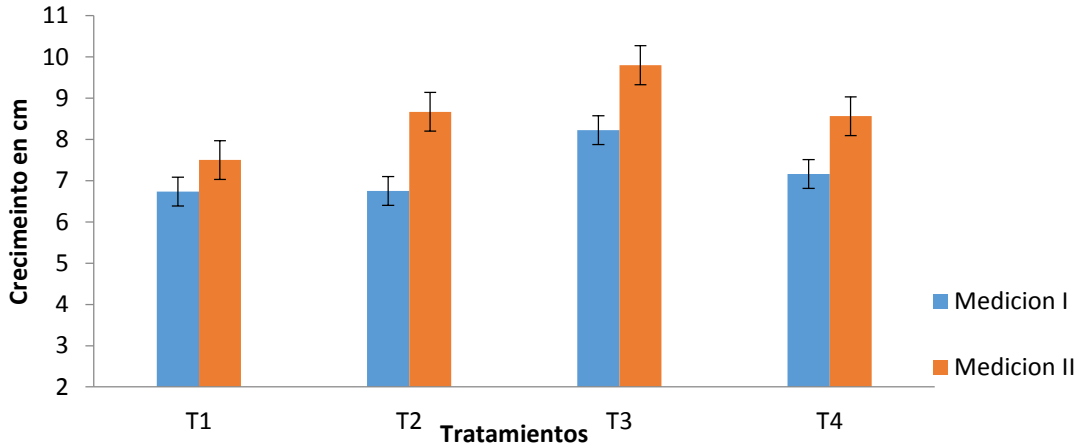


Figura 2. Dos mediciones de la altura de las plántulas de repollo.

Para el desarrollo radicular de las plántulas de repollo con las categorías muy abundantes y abundantes se encontró una importante diferencia en los tratamientos cuando se usaron microorganismos (T2, T3 y T4) en comparación con el testigo (T1) (Figura 3).

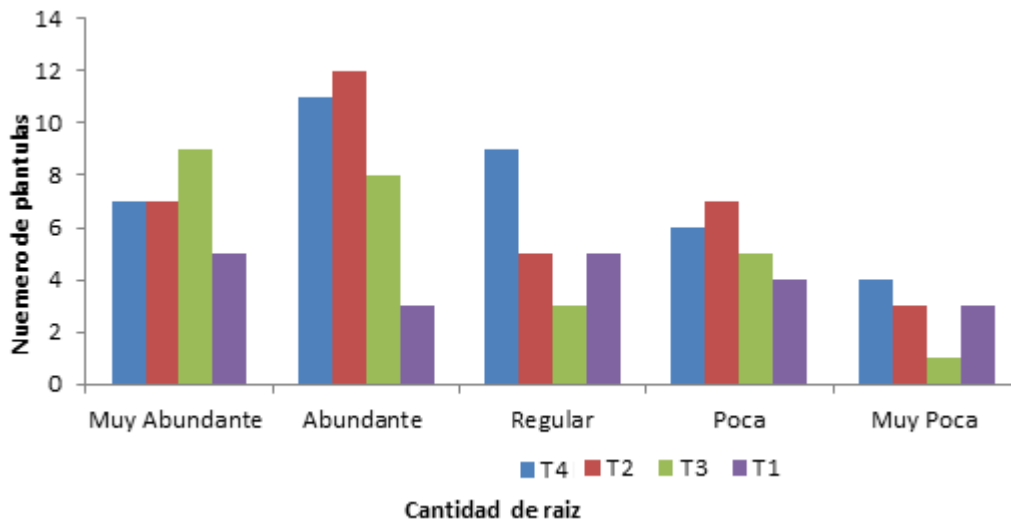


Figura 3. Desarrollo radicular en las plántulas de repollo.

Es claro que la inoculación de bacterias como el caso de los MM y *A. brasilenses*, en la producción de plántulas de repollo favorece el desarrollo radicular debido a la presencia de organismos fijadores de nitrógeno, los cuales pueden se asocian en la rizosfera de plantas, pudiendo estar presentes tanto dentro como fuera de las raíces, actuando además como promotores del crecimiento radicular de las plantas (Okon & Labandera, 1994).

## CONCLUSIÓN

La germinación de las semillas de repollo y sobrevivencia de las plántulas se ven favorecidas por la acción simbiótica de los microorganismos (MM y *A. brasilenses*), inoculadas al momento de la siembra, de la misma forma que durante su crecimiento y desarrollo radicular, logrando beneficios a las plántulas por su acción como bacterias promotoras del crecimiento vegetal, fijadores de nitrógeno, la producción de fitohormonas y movilización de macro y micro elementos.

Es necesario destacar que el uso de inóculos a base de microorganismos de montaña (MM) deberán evaluarse en su acción simbiótica con otros microorganismos benéficos a fin de encontrar los mecanismos de adaptación a las condiciones locales.

## REFERENCIAS

- Barassi, C., Sueldo, R., Creus, C., Carrozzi, L., Casanovas, E., & Pereyra, M. (2008). *Potencialidad de Azospirillum en optimizar el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas*. Argentina: Asoc. Arg. Microbiol. (Cassán F, García Salamone I, eds.), ISBN: 978-987-98475-8-9, Capítulo 3, 49-58.
- Campo, M. A. (2014). Evaluación de microorganismos de montaña (MM) en la producción de acelga en la meseta de Popayán. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria*, Vol 12 No. 1 (79-87) .
- Gaucín, D. (28 de Octubre de 2015). Las frutas y hortalizas en México (I). *El Economista* .
- Glick, B., Patten, C., Holguín, G., & Penrose, M. (1999). *Biochemical and Genetic Mechanisms Used by Plant Growth Promoting Bacteria*. London: Imperial College Press.
- Higa, T. (2013). Microorganismos Benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenibles. *Maryland (USA): Centro internacional de Investigación de Agricultura Natura*, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 13 p.
- Iglesias, I. A. (2006). Producción de hortalizas bajo cubierta: Estructuras y manejo de cultivo para la Patagonia Norte. *Boletín de Divulgación Técnica N° 49*, 3-45.
- Ismail, M., & Soliman, W. (2010). Studies on Probiotic. Effects of Lactic Acid Bacteria Against *Vibrio vulnificus* in freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *American Journal of Science*, 8(6), 2010, p. 781-787.
- Johansson, J., Paul, L., & Finlay, R. (2004). Interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. *FEMS Microbiology Ecology*, 48, 1-13.

- López, M. J. (2005). *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en el Cultivo de Repollo*. Managua, Nicaragua: Universidad Politecnica de Nicaragua.
- Martínez, I. I. (2011). Efecto del Azospirillum brasilense y micorriza INIFAP en el rendimiento de maíz en el estado de Tlaxcala. *Desplegable para Productores No. 12*, 1-2.
- Méndez, G. M., Castro, M. E., & García, P. E. (2014). Azospirillum una rizobacteria con uso potencial en la agricultura. *Biológicas*, 16(1): 11–18.
- Namesny, A. (12 de 03 de 2014). *Microorganismos beneficiosos para la germinación*. Obtenido de Inerempresas.net: <http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/73644-Microorganismos-beneficiosos-para-la-germinacion.html>
- Okon, Y., & Labandera, G. C. (1994). Agronomic applications of Azospirillum: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biology and Biochemistry*, V. 26, p 1591-1601.
- Reyes, J. N. (2002). *Nutrición y regulación del crecimiento de las hortalizas y frutales*. Saltillo Coah. Revisado el 20 de marzo de 2017 <http://www.uaaan.mx/postgrado/images/files/hort/simposio2/Ponencia03.pdf>: U.A.A.A.N.
- Sonora, U. d. (2016). El cultivo de repollo. *Serie guías - producción de hortalizas DAG/HORT-011*, 1-6.
- Spaepen, S., Van, D. J., & Okon, Y. (2009). Plant growth-promoting actions of rhizobacteria. *Adv. Bot. Res.*, 51:283–320.
- Zamora, E. (2016). EL CULTIVO DEL REPOLLO El cultivo de. *Serie guías - producción de hortalizas DAG/HORT-011*, 1-15.



## EFFECTO DE LA FERTILIZACION FOLIAR ORGÁNICA EN PARÁMETROS AGRONÓMICOS EN EL CULTIVO DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L)

Hugo César Cisneros López<sup>1§</sup>; Alfredo Sandoval Escamilla<sup>2</sup>; Luis Patricio Guevara Acevedo y Francisco Cervantes Ortiz

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de [Roque, Celaya, Gto.](#) <sup>2</sup>Estudiante de licenciatura. <sup>§</sup>[hugo\\_cesar\\_cisneros@hotmail.com](mailto:hugo_cesar_cisneros@hotmail.com)

### RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de dos fertilizantes orgánicos a base de estiércol de bovino con adición de minerales y por fermentación anaeróbica en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L. variedad Flor de Junio). Se usó un diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos utilizados fueron un fertilizante orgánico con adición de minerales (Org 1), un fertilizante orgánico producido solo por fermentación anaeróbica (Org 2) a dosis de 13.33 y 26.66 mL L<sup>-1</sup>, un fertilizante químico (Nutrivant Booster<sup>®</sup>) a dosis comercial y un testigo absoluto. A los 15 días después de la siembra (dds) se realizaron las aplicaciones de los tratamientos foliares. Cada unidad experimental estaba constituida de tres surcos de 5 m de largo x 2.25 m de ancho, teniendo como parcela útil el surco central en donde se etiquetaron cinco plantas dos veces por semana durante el ciclo. Se registró la altura (cm), unidades SPAD de clorofila, número de hojas, peso fresco, peso seco y biomasa. Los resultados indicaron que los tratamientos, los muestreos y la interacción tratamiento por muestreo tuvieron efecto significativo ( $p \leq 0.01$ ) en todas las variables evaluadas. La fertilización química (Nutrivant Booster<sup>®</sup>) a dosis comercial presentó los valores más altos para altura de planta, unidades SPAD de clorofila y peso seco; mientras que, el tratamiento Org 1 a dosis de 13.33 mL L<sup>-1</sup> presentó el mayor número de hojas y el tratamiento Org 2 a dosis de 26.66 mL L<sup>-1</sup> presentó mayor peso fresco y biomasa.

**Palabras clave:** *Phaseolus vulgaris*, fertilización foliar, orgánico, biomasa

## DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

### A PARTIR DE PERIODOS DE RETORNO PARA CUBRIR NECESIDADES DE RIEGO EN HORTALIZAS

María Evelyn Arteaga serna<sup>1</sup>; Davino Pérez Mendoza<sup>1</sup>; Daniel Rodríguez Mercado<sup>1</sup>; Carlos Pacheco Campia<sup>1</sup>; Enrique Andrío Enríquez<sup>1</sup>; Rosa Elvira Sandoval Silos<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque, Km 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas 508, C.P. 38110, Celaya; Gto.

Autor responsable: [daperez@itroque.edu.mx](mailto:daperez@itroque.edu.mx)

#### RESUMEN

Las condiciones actuales del recurso agua, exigen que se retomem las técnicas ancestrales de captación de agua de lluvia; en especial cuando se habla de zonas áridas y semiáridas. El presente trabajo puntualiza y evalúa la importancia que tienen los sistemas de captación de agua de lluvia para contrarrestar la problemática de calidad, disponibilidad y manejo del agua superficial y subterránea; a pesar de que estos sistemas dependen directamente de la precipitación de la zona son una fuente de abastecimiento que contribuyen a la sustentabilidad, especialmente en el sector agrícola que presenta el mayor consumo hídrico en el estado de Guanajuato, México y en el mundo, en la producción de alimentos. El trabajo presenta el análisis hidrológico de tres zonas del estado de Guanajuato, calculando los periodos retorno, los cuales permiten identificar las avenidas máximas de cada zona y con ello decidir si es viable hacer o no obras de captación, proporcionando la información necesaria para realizar el diseño hidrológico e hidráulico del sistema de captación de agua de lluvia. Con lo anterior y con el análisis de la demanda hídrica de las hortalizas cultivadas bajo invernadero se muestra la posibilidad de diseñar y generar sistemas de producción que aprovechen el agua de lluvia para con ello evitar extraerla del subsuelo y cubrir las necesidades hídricas de los cultivos.

**Palabras clave:** *invernado, captación, lluvia, zonas, áridas, semiáridas, periodos, retorno, necesidades, hídricas.*

## EVALUACIÓN DE FERTILIZANTES FOLIARES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS EN JITOMATE BAJO INVERNADERO

Mario Pérez Baltazar<sup>1</sup>; Davino Pérez Mendoza<sup>1</sup>; Daniel Rodríguez Mercado<sup>1</sup>; Enrique Andrío Enríquez<sup>1</sup>; Rosa Elvira Sandoval Silos<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque, Km 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas 508, C.P. 38110, Celaya; Gto.

Autor responsable: [daperez@itroque.edu.mx](mailto:daperez@itroque.edu.mx)

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de fertilizantes foliares orgánicos e inorgánicos tales como: (Vitalex, Megafol, Greenforce, El llenado, Bayfolan y Wuxal) sobre el crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo de jitomate. Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar, con seis repeticiones. La solución nutritiva de base estuvo compuesta por micro elementos, además de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente, la cual se suministró a través del sistema de riego por goteo. Las aplicaciones de los fertilizantes foliares se hicieron semanalmente con una dosis de 3 g o mL L<sup>-1</sup> de agua, además. Las variables estudiadas fueron fenología, crecimiento (diámetro del tallo de la planta, longitud de altura final, longitud y diámetro del fruto, grados Brix, peso de materia fresca y seca, peso de raíz fresco y seco, peso de tallo fresco y seco,) y rendimiento. Para el análisis estadístico de utilizo el programa: Paquete de diseños experimentales de la FAUANL. Versión 2.5. La fertilización foliar no obtuvo diferencias significativas en las variables evaluadas con la fertilización foliar. El rendimiento promedio de frutos comercializables el más alto fue de 74.47 t·ha<sup>-1</sup>, comparado con el tratamiento 5 con un rendimiento de 55.4 t·ha<sup>-1</sup>. La calidad estuvo dentro de los parámetros ideales que determinan las características del fruto del tomate.

**Palabras clave:** Fertilización foliar, orgánicos e inorgánicos, Rendimiento, Calidad

## EVALUACIÓN DE DIFERENTES FERTILIZANTES FOLIARES Y SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE SALADETTE (*Solanum lycopersicum*) BAJO INVERNADERO

Celene Quintero Cervera<sup>1</sup>; Davino Pérez Mendoza<sup>1</sup>; Francisco Cervantes Ortiz<sup>1</sup>; Daniel Rodríguez Mercado<sup>1</sup>; Rosa Elvira Sandoval Silos<sup>1</sup>; Miguel Alíer Areas<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Roque, Km 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas 508, C.P. 38110, Celaya; Gto. Autor responsable: [daperez@itroque.edu.mx](mailto:daperez@itroque.edu.mx)

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la efectividad agronómica de tres fertilizantes foliares y tres sustratos, sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de tomate saladette (*Solanum lycopersicum*). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 3x3 con 12 tratamientos y 5 repeticiones. Las variables altura, longitud y diámetro del fruto, °brix, materia fresca y seca, peso de raíz y peso de tallo y rendimiento y calidad de fruto con y sin valor comercial, para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico SAS. El cual arrojó como resultados que el tratamiento con mejor rendimiento fue el T4 (tezontle + Hermes) en cuanto a frutos de valor comercial, con un equivalente a 2466.7 g, sin embargo este tratamiento también mostró el mayor peso de frutos sin valor comercial con 887.8 g, el T12 (arena/tezontle + agua) presentó el mayor diámetro longitudinal con 75.57 mm, el tratamiento con mayor diámetro ecuatorial fue el T1 (arena + Hermes), así como el más alto de sólidos solubles con 7.2 °brix, respecto a la altura el T12 (arena/tezontle + agua) fue el más alto con un valor de 435 cm, el T6 (tezontle + Delfan plus) presentó el valor más alto para peso fresco de hoja con 1081.80 g, mientras el T8 (arena/tezontle + Orión) fue el más alto para peso seco de hoja con 221 g, para peso fresco y seco de tallo los mejores rendimientos fueron T6 (tezontle + Delfan plus) y T4 (tezontle + Hermes) con 417.10 y 117.30 g respectivamente, mientras que para peso fresco y seco de raíz el tratamiento 8 (arena/tezontle + Orión) presentó el valor más alto en ambas variables con 429.40 y 71.70 g respectivamente.

**Palabras clave:** Fertilización, Sustratos Rendimiento, Calidad, soluciones nutritivas.

## **EFFECTOS DE DIVERSAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS SOBRE LAS POBLACIONES MICROBIANAS DEL SUELO**

María de los Milagros Romero Núñez<sup>1, 2</sup>, Oscar A. Grageda-Cabrera<sup>1</sup>, Sarahyt S. González Figueroa<sup>1, 2</sup>, Susana E. Preciado Rios<sup>1, 2</sup>, Manuel Jeronimo Arriaga<sup>1, 2</sup>.

<sup>1</sup> INIFAP-CEBAJ, Celaya, Guanajuato. <sup>2</sup> Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato. <sup>3</sup>. Autor responsable: grageda.oscar@inifap.gob.mx

Las malas prácticas agrícolas han provocado el deterioro progresivo de los suelos dedicados a la agricultura, creando un impacto negativo en el crecimiento y la diversidad de los microorganismos en el suelo. Se realizó un estudio a largo plazo para conocer el efecto de diversas actividades agrícolas sobre las poblaciones microbianas en el suelo, instalando un ensayo que comprendió 6 ciclos de cultivo (dos por año), en el ciclo P-V se cultivó maíz y frijol, y en el O-I trigo y garbanzo. El presente trabajo comprende los trabajos realizados en el quinto ciclo del cultivo (P-V). El diseño experimental fue de parcelas divididas en un arreglo de bloques completos al azar con 4 repeticiones, los tratamientos de la parcela mayor fueron 3 sistemas de labranza: 1) Tradicional; 2) Tradicional con incorporación de residuos; 3) De conservación. Las subparcelas fueron las rotaciones de cultivos: 1) Cereal-cereal (C-C), 2) Cereal-Leguminosa (C-L) y 3) Leguminosa-cereal (L-C). Cada unidad experimental tiene un área de 250 m<sup>2</sup>. Los parámetros analizados fueron las UFC g<sup>-1</sup> de suelo de bacterias, actinomicetos, hongos y poblaciones totales; En las etapas de siembra, floración y cosecha. Los resultados mostraron que los sistemas de labranza, rotación de cultivos y las etapas de muestreo, así como sus interacciones influyen en la cantidad y tipo de poblaciones microbianas. Las poblaciones microbianas más altas fueron: en la etapa de siembra la labranza de conservación con rotación C-L predominando los actinomicetos, en la etapa de floración la labranza tradicional con rotación C-L y a en cosecha la labranza de conservación con rotación C-C aumentando alrededor de 600% su población microbiana con respecto a la etapa de siembra. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la influencia de los manejos agrícolas sobre las poblaciones microbianas del suelo.

**Palabras Clave:** Rotación de cultivos, Labranzas, Microorganismos, Suelo.

## USO EFICIENTE DEL AGUA EN DIFERENTES VOLUMENES DE TEZONTLE EN LA PRODUCCIÓN DE PEPINO BAJO INVERNADERO

José de Jesús Tovar López<sup>1</sup>; Davino Pérez Mendoza<sup>1</sup>; Raúl Rene Robles Lacayo<sup>1</sup>; José Eduardo Ruiz Escobar<sup>1</sup>; Rosa Elvira Sandoval Silos<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Roque, Km 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas 508, C.P. 38110, Celaya; Gto.

Autor responsable: [daperez@itroque.edu.mx](mailto:daperez@itroque.edu.mx)

### RESUMEN

El objetivo de la investigación evaluar el desarrollo, rendimiento y calidad del cultivo del pepino mediante la aplicación de láminas de riego en diferentes volúmenes de sustratos. El diseño experimental fue completamente al azar, con seis tratamientos y cinco repeticiones, los tratamientos fueron: 1(Diez litros de tezontle), 2 (Once litros de tezontle), 3 (Doce litros de tezontle), 4 (Trece litros de tezontle), 5 (Catorce litros de tezontle), 6 (Quince litros de tezontle), este cultivo tomándose como el testigo. Las variables evaluadas fueron: rendimiento, diámetro del fruto, longitud del fruto, altura de planta, diámetro de tallo. A cuyos resultados obtenidos de se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para conocer los niveles estadísticos entre los tratamientos. Cuando el ANOVA indico la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para la separación de medias. Las variables de rendimiento, calidad de fruto, longitud de fruto, altura de planta, diámetro de tallo, peso fresco y peso seco de hojas, peso fresco y seco de tallo, peso fresco de raíz no mostraron diferencias significativas donde y donde sí se observaron diferencias significativos fue en peso seco de raíz. El mejor tratamiento fue el dos, ya que en la mayoría de las variables presento mejores resultados, además podemos observar de manera general que en este tratamiento los rendimientos fueron de 1282.36 gr/planta, lo que es igual a 3.847 kg/m<sup>2</sup>, equivalente a 38.47 t·ha<sup>-1</sup>, comparado con el tratamiento uno con una media de 661.20gr/planta, lo que es igual a 1.984 kg/m<sup>2</sup>, equivalente a 19.84 t·ha<sup>-1</sup>

**Palabras clave:** Cultivo, Sustrato, uso eficiente, Rendimiento, Calidad.

**EFFECTO DE ACTIVADORES FISIOLÓGICOS Y ALGAENZIMAS EN PLANTULAS DE TOMATE DE CASCARA  
(*Physalis ixocarpa* L.)**

Andrée Mariel Santa Rosa Martínez<sup>1</sup>; Luis Patricio Guevara Acevedo<sup>2f</sup> Julio Cesar León Vargas<sup>2</sup>; Diana Abigail Mendoza Ferrer<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de Ingeniería en Agronomía, Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto. <sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto. £Autor de correspondencia: [lpguevara@itroque.edu.mx](mailto:lpguevara@itroque.edu.mx).  
Estudiante de Ingeniería en Agronomía, Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto

**RESUMEN**

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de fertilizantes foliares a base de algaenzimas y activadores fisiológicos en parámetros agronómicos en el cultivo de tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* L.) variedad esmeralda. A los 25 días posteriores a la siembra se realizó la aplicación de los tratamientos foliares en un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos, un testigo comercial y un testigo absoluto; los tratamientos utilizados fueron ácido salicílico adicionado con algaenzimas (Fer 1) a dosis de 15 mL L<sup>-1</sup> + 30mL L<sup>-1</sup>, ácido fumarico (Fer 2) a dosis 1 g L<sup>-1</sup>, y ácido salicílico (Fer 3) a dosis de 15 mL L<sup>-1</sup>, un fertilizante químico (Bayfolan Forte®) a una dosis de 30mL L<sup>-1</sup> y un testigo absoluto. Cada unidad experimental se constituyó por 169 cavidades de una charola germinativa en, donde dos veces por semana en un espacio de cuatro semanas se aplicó manualmente cada tratamiento y realizando un muestreo; tomando 10 plántulas de cada unidad experimental y se aplicaba nuevamente el fertilizante foliar a cada unidad experimental, en donde se evaluaron las variables agronómicas. Se registró la altura de planta, longitud de raíz, número de raíces, número de hojas, unidades SPAD de clorofila. Los resultados del análisis de varianza mostraron efecto significativo de los tratamientos, muestreos y la interacción tratamiento x muestreo. El tratamiento Fer 1 tuvo el valor más alto para las variables altura de planta, longitud de raíz y número de raíces, mientras que la aplicación Fer 2, presentó el mayor aumento en el número de hojas. El mayor aumento en el número de unidades SPAD se observó en el tratamiento Fer 3.

**Palabras clave:** *Physalis ixocarpa*, activadores fisiológicos, algaenzimas, clorofila

### RESPUESTA FUNCIONAL DE *Chrysoperla carnea* sobre *Bactericera cockerelli*

Alíer Miguel Muñoz Arias<sup>1§</sup>, Javier Alejandro Velázquez Mandujano<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto. <sup>2</sup>Estudiante de Ingeniería en Innovación agrícola Sustentable. Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: almunoz@itroque.edu.mx

#### RESUMEN

Se evaluó la respuesta funcional de larvas de segundo estadio de *Chrysoperla carnea* sobre el segundo estadio ninfal de *Bactericera cockerelli* en hojas de tomate, en condiciones controladas en un diseño completamente al azar, para cada unidad experimental se utilizaron tres cuadros de acrílico, el primero fue completamente liso donde se colocó una hoja de pimiento, el segundo y tercer cuadro contaban con una perforación en el centro con un diámetro de dos centímetros para colocar las presas y el depredador, al tercer cuadro 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. Para la implementación del experimento se utilizaron 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 y 128 densidades de presas con 15 repeticiones para cada densidad y un depredador en ayunas por 24 h por cada repetición, los cuadros fueron sujetos con ligas y colocados en charolas provistas de una almohadilla de algodón saturado de agua, las cuales se mantuvieron en una cámara ambiental en 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 y 48 h. Para obtener el tipo y parámetros de la respuesta funcional se ajustaron los datos obtenidos a los modelos de respuesta funcional tipo II de Holling (1959). Los resultados para el promedio de presas atacadas por depredador fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA). Cuando el ANOVA indicó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para la separación de medias. Los resultados muestran que los valores estimados por el modelo de Holling (1959) se adaptó a los valores observados en la investigación, teniendo una tasa promedio de ataque de larvas de segundo estadio de *C. carnea* de 5.27 ninfas de segundo estadio de *B. cockerelli*.

**Palabras clave.** *Paratrioza*, *Chrysoperla carnea*, depredación, Holling, tasa instantánea de descubrimiento.



**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A INSECTICIDAS EN DOS POBLACIONES DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)**

Julio Cesar León Vargas<sup>5</sup>, Luis Patricio Guevara Acevedo<sup>2</sup>, Francisco Cervantes Ortiz<sup>2</sup>, Ernesto Cerna Chávez<sup>3</sup>, Hugo Cesar Cisneros López<sup>2</sup>, Daniel Mercado Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de Maestría en Tecnología y Producción de Semillas. Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto. <sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto. <sup>3</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo Coah. <sup>5</sup>Autor para correspondencia: julioitroque@gmail.com

**RESUMEN**

El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz es la principal plaga que causa pérdidas superiores al 30 %. Su control se basa en la aplicación de insecticidas, obteniendo controles no satisfactorios y una alta presión de selección. Por tal motivo se evaluaron dos insecticidas (clorpirifos etil y permetrina) en dos poblaciones de campo de *S. frugiperda*, y una línea susceptible INIFAP 1997. Las poblaciones de campo fueron recolectadas en lotes comerciales de Celaya y Apaseo el Grande, Gto. Los bioensayos se realizaron en el laboratorio de Fitosanidad del Instituto Tecnológico de Roque. Se utilizó la técnica de inmersión, en hojas, con el propósito de determinar los niveles de CL50, límites de confianza y la proporción de resistencia (RR) en relación con la línea susceptible INIFAP 1997. La población de Apaseo el Grande no superó la RR (10X) para permetrina. Las poblaciones de Celaya y Apaseo El Grande mostraron valores de RR de 27.8 y 16.3 respectivamente, para el insecticida clorpirifos etil y la población de Celaya mostró valores altos (10.7) para el insecticida permetrina, superando el umbral de resistencia.

**Palabras clave:** Susceptibilidad, gusano cogollero, resistencia, clorpirifos etil, permetrina

## **ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DIVERSIDAD DE HONGOS EN EL SUELO BAJO SISTEMA DE LABRANZA CONVENCIONAL Y HUERTOS EN CELAYA, GTO**

Abraham Jiménez-Camargo<sup>1</sup>; Axel Tiessen-Favier<sup>2</sup>; Oscar Grageda-Cabrera<sup>3</sup>; Gabriel Iturriaga<sup>1</sup>; Juan G. Ramírez-Pimentel<sup>1</sup>; Cesar L. Aguirre-Mancilla<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Roque, Guanajuato, México. <sup>2</sup>Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional. Irapuato, Guanajuato. México. <sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío (CEBAJ), Celaya Guanajuato.

\*ceaguirre@itroque.edu.mx

### **RESUMEN**

El suelo es uno de los sitios más dinámicos en la superficie terrestre en interacciones biológicas donde los hongos juegan un papel muy importante en los procesos biológicos, participando en la degradación de la materia orgánica la cual contribuye en la fertilidad del suelo y el reciclaje de nutrientes. La fertilidad del suelo puede ser evaluada con base en sus características físicas, químicas y biológicas. Los estudios de diversidad de hongos filamentosos del suelo se basan en el aislamiento de esporas o propágulos e hifas que crecen en medio de cultivo, para su posterior identificación y cuantificación. El objetivo del trabajo fue realizar un estudio comparativo de la diversidad de hongos en el suelo bajo sistema de labranza convencional y huertos en Celaya, Guanajuato. El número de cepas de hongos aislados en los muestreos realizados en el INIFAP-CEBAJ e ITR fue de un total de 115, de las cuales 70 cepas corresponden a el INIFAP-CEBAJ y 45 al ITR; donde se pudo apreciar que el número de cepas aisladas en los huertos fue mayor en comparación con los sitios de labranza convencional.

**Palabras clave:** *suelo, fertilidad, hongos.*

### **ABSTRACT**

Soil is one of the most dynamic places on Earth referring in biological interactions, where fungi play a n important role concerning to biological process, they participate in organic matter degradation and it is responsible, in part, of soil fertility and nutrient recycling. Soil fertility can be evaluated based on physical, chemical and biological characteristics. Fungal diversity studies are supported on isolation of spores and hyphae that are able to grow on culture medium, for posterior identification and quantification. The aim of this research work was to develop a comparative study of fungi diversity under conventional management and orchard in Celaya, Guanajuato. The total number of isolated fungus strains in INIFAP-CEBAJ and ITR experimental fields was 115, of which 70 strains corresponded to INIFAP-CEBAJ and 45 to ITR; in these data, it was outstanding that fungi were more abundant in orchards than conventional crop fields.

**Key words:** *soil, fertility, fungi.*

## INTRODUCCIÓN

El suelo es la capa externa, poco compacta de la superficie terrestre, es la que sustenta la vida vegetal y de la cual las plantas obtienen sus nutrimentos. El suelo es uno de los sitios más dinámicos en interacciones biológicas y está formado por cinco componentes principales: materia mineral, agua, aire, materia orgánica y organismos vivos. La porción viviente del suelo (incluyendo varios animales pequeños y microorganismos) constituye menos del 1% del volumen total; aun así, esta porción es esencial para la producción de los cultivos y la fertilidad del suelo. En el suelo la vida de animales, plantas y microorganismos está en constante equilibrio debido a los cambios bioquímicos en los que los últimos participan. Los microorganismos aportan reguladores de crecimiento vegetal como auxinas, citocininas, etileno y otros compuestos como ácidos orgánicos, fenoles, glúcidos, etc. además de enzimas como celulasas, hemicelulasas, proteasas y pectinasas (Alexander, 1994).

Los hongos del suelo juegan un papel muy importante en los procesos biológicos, participando en la degradación de la materia orgánica la cual contribuye en la fertilidad del suelo y el reciclaje de nutrientes. El crecimiento miceliar, la arquitectura ramificada y la amplia capacidad enzimática de los hongos filamentosos, les permite vivir en gran cantidad de sustratos orgánicos, incluyendo compuestos xenobióticos, esta característica optimiza su capacidad de explorar grandes volúmenes de suelo y contribuyen a la formación de agregados dando estructura al mismo. Los hongos saprofitos, junto con las bacterias, son los agentes que descomponen la celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina provenientes de los residuos vegetales. Las actividades agrícolas pueden afectar la diversidad de organismos presentes en el suelo, pero el mantenimiento de la diversidad de hongos del suelo beneficia directamente la agricultura sustentable. Ciertos hongos son característicos de un tipo de vegetación o área geográfica en particular (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2007; Moreira *et al.*, 2012).

La fertilidad del suelo puede ser evaluada con base en sus características físicas (densidad, estructura, porosidad, etc.), químicas (actividad de las arcillas, potenciales de óxido-reducción, materia orgánica, etc.) y biológicas (microorganismos que conforman la microflora y microfauna, además de la meso y macrofauna) (Ferrera y Alarcon, 2001).

Los procedimientos clásicos microbiológicos para estudiar la diversidad de los hongos del suelo se basan en cultivos que implican el aislamiento de propágulos microbianos o hifas activas que crecen en el suelo, y su crecimiento en un medio de cultivo axénico para su posterior identificación y cuantificación (Moreira *et al.*, 2012). Por lo tanto, el objetivo del trabajo fue realizar un estudio comparativo de la diversidad de hongos en el suelo bajo sistema de labranza convencional y huertos en Celaya, Gto.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de Bioquímica y Biotecnología del División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI) del Instituto Tecnológico de Roque (ITR), Celaya, Guanajuato. Además, se contó con la colaboración del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) campo experimental bajío (CEBAJ).

### Colectas de suelo

Se realizaron dos muestreos en el ciclo primavera-verano de 2016, el primero se realizó en el INIFAP-CEBAJ donde se tomaron 9 muestras compuestas de 500 g de suelo a una profundidad de 20 a 25 cm en diferentes cultivos, donde se destacan los lotes que tienen labranza convencional con movimiento constante del suelo por la maquinaria agrícola (siembra de ajo, chile, frijol, maíz, trigo, etc.) y los huertos donde el suelo tiene un manejo mínimo (aguacate, arbustivas nativas, granada, etc.). El segundo muestreo se realizó en las instalaciones del ITR de la misma forma que el anterior con un total de 9 muestras (Cuadro 1).

Cuadro 1. Sitios de colecta y numero de muestra de suelo respectivamente, realizado en el municipio de Celaya, Guanajuato.

Muestreo	Muestra	Sitio de muestreo	Coordenadas
INIFAP- CEBAJ (01/06/2016)	M-1_S1	Zona 1 Arbustivas nativas (pinos)	20°35'23.6"N 100°49'46.6"W
	M-2_S1	Zona 1 Arbustivas nativas (árboles verdes)	20°35'23.9"N 100°49'46.1"W
	M-3_S1	Zona 1 Arbustivas nativas (árboles en brotación)	20°35'25.6"N 100°49'45.9"W
	M-4_S1	Zona 2 Arbustivas nativas(árboles verdes)	20°35'26.7"N 100°49'29.1"W
	M-5_S1	Zona 2 Arbustivas nativas(árboles verdes con flor)	20°35'28.2"N 100°49'28.5"W
	M-6_S1	Campo descansado detrás del taller de maquinaria agrícola.	20°35'15.1"N 100°49'37.8"W
	M-7_S1	Campo descansado cultivos varios parcela demostrativa.	20°34'55.0"N 100°49'21.9"W
	M-8_S1	Cultivos frutales (granada y durazno)	20°34'50.4"N 100°49'18.8"W

	M-9_S1	Cultivo frutal (aguacate)	20°34'53.1"N 100°49'09.0"W
ITR (18/07/2016)	M-1_S2	Cultivo alfalfa	20°34'43.7"N 100°49'53.2"W
	M-2_S2	Terreno rastreado en la parte detrás de la escuela a un lado del depósito de agua	20°34'56.4"N 100°49'40.0"W
	M-3_S2	Nopalera	20°34'54.9"N 100°49'40.4"W
	M-4_S2	Parcelas didácticas cultivos varios.	20°34'52.8"N 100°49'40.5"W
	M-5_S2	Lote sembrado con maíz y sorgo.	20°34'55.2"N 100°49'35.7"W
	M-6_S2	Lote sembrado con jícama.	20°34'55.8"N 100°49'33.6"W
	M-7_S2	Frutal (naranjas agrias)	20°34'44.3"N 100°49'34.2"W
	M-8_S2	Arboles viejos a un lado del auditorio.	20°34'44.9"N 100°49'40.9"W
	M-9_S2	Frutal (guayabos) plantación frente al casco de hacienda	20°34'49.5"N 100°49'36.4"W

### Aislamiento de hongos del suelo

Se pesaron 10 g de suelo de cada muestra y se colocaron en matraces Erlenmeyer de 150 mL, se agregaron 90 mL de agua destilada estéril, se agitó y se dejó reposar por 10 min, se volvió a agitar y con la ayuda de una micro-pipeta se tomó una alícuota de 1000 µL, se llevó a un tubo de ensaye que contenían 9 mL de agua destilada estéril para realizar las respectivas diluciones (1:10, 1:100, 1:1000, 1:10000 y 1:100000), una vez hechas todas las diluciones se tomaron 50 µL de cada una de estas y de forma individual se distribuyó en cajas Petri con medio de cultivo PDAac (papa dextrosa agar acidificado con ácido láctico) con ayuda de una varilla de vidrio. Se incubaron a 27 °C de 7 a 10 días. Una vez observado la aparición de las colonias fúngicas se transfirieron a cajas nuevas con PDAac y se incubaron a 27 °C para su posterior utilización.

### Cultivos monospóricos

Para obtener cultivos puros se utilizó la técnica de cultivos monospóricos (French y Hebert, 1982) que consiste en extraer las esporas con 20 mL de agua destilada estéril, para obtener así una suspensión inicial, esto se realizó para cada una de las cepas. De la suspensión inicial se tomó 1 mL y se vació en un tubo con 9 mL de agua destilada estéril para obtener una dilución de  $1 \times 10^{-1}$ . De la dilución  $1 \times 10^{-1}$  se tomó 1 mL y se vació en otro tubo con 9 mL de agua destilada estéril para obtener la dilución  $1 \times 10^{-2}$ . El procedimiento se repitió hasta obtener la dilución  $1 \times 10^{-4}$  ó  $1 \times 10^{-5}$ . De las diluciones  $1 \times 10^{-4}$  y  $1 \times 10^{-5}$  se tomaron 100  $\mu$ L y se colocaron en una caja con medio PDAac, se distribuyó con una varilla de vidrio y se incubaron a temperatura 27 °C. Entre el segundo y tercer día se realizaron observaciones utilizando un microscopio para detectar los primeros conidios germinados. Al detectar un conidio germinado se transfirió a una caja con medio PDAac fresco y se incubó a 27 °C.

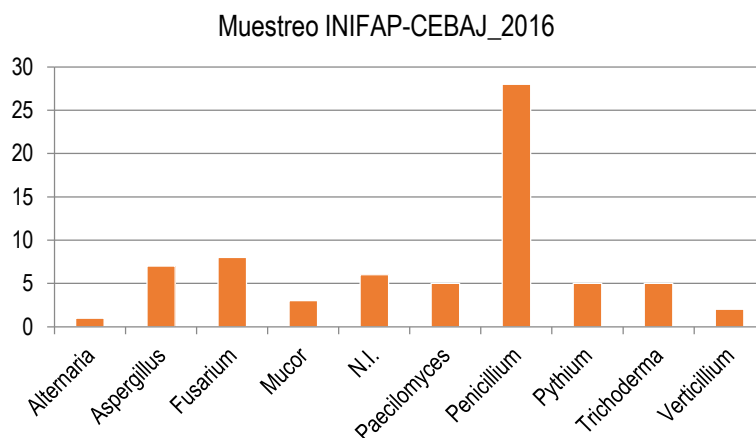
### Identificación morfológica

Consistió en sembrar las cepas de aisladas en medio PDAac donde se describió la forma y color de la colonia. Una vez desarrollado el hongo se realizaron montajes, los cuales se observaron en microscopio compuesto e invertido y con la ayuda de las claves taxonómicas (Barnett y Hunter, 1972) se identificaron las cepas a nivel de género.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de cepas de hongos aislados en los muestreos realizados en el INIFAP-CEBAJ e ITR fue de un total de 115 (Cuadro 2). En el muestreo realizado en el INIFAP-CEBAJ se aislaron 70 cepas donde se logró encontrar los géneros: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Mucor*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Pythium*, *Trichoderma*, *Verticillium* y un grupo de organismos no identificado (N.I). En la Figura 1 se muestra la frecuencia de aislamiento de cada uno de los géneros antes mencionados en dicho muestreo, destacando al género *Penicillium* con 28 cepas aisladas equivalente al 40% del total para dicho muestreo, seguido de los géneros *Fusarium* y *Aspergillus* con 8 y 7 cepas respectivamente equivalente al 11.4% y 10%.

Figura 1. Géneros obtenidos y frecuencias de aislamiento en el muestreo realizado en el INIFAP-CEBAJ.



Para el muestreo que se realizó en el ITR se aislaron 45 cepas donde se pudieron encontrar los géneros: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Beauveria*, *Bipolaris*, *Cladosporium*, *Fisarium*, *Metarizhium*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Pythium*, *Trichoderma* y un grupo de microorganismos aun no identificados (N.I.) ya que no produjeron cuerpos fructíferos para poder realizar la identificación pertinente.

En la Figura 2 se aprecia la frecuencia de aislamiento de los géneros antes mencionados, donde el género *Penicillium* contó con 13 aislamientos equivalente al 28.8%, seguido de *Aspergillus* con 7 aislamientos que es proporcional al 15.5%; aunque se aislaron menor número de cepas se lograron obtener 11 géneros.

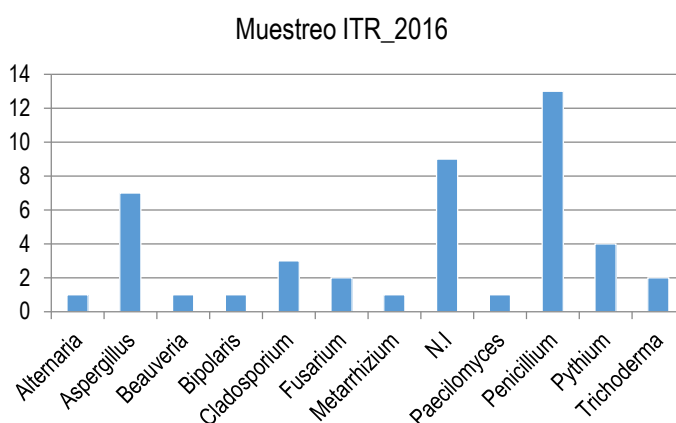


Figura 2. Géneros obtenidos y frecuencias de aislamiento en el muestreo realizado en el ITR.

En el Cuadro 2 se puede apreciar las diferencias que hay entre en el número de cepas aisladas en cada uno de los sitios muestreados, donde se tienen establecidos huertos o se realiza labranza convencional.

Cuadro 2. Numero de cepas aisladas en los muestreos realizados en el municipio de Celaya, Guanajuato.

Muestreo	Muestra Sitio de colecta	Numero de aislamientos
INIFAP_CEBAJM-1_S1 (01/06/2016)	Zona 1 Arbustivas nativas (pinos)	5
	M-2_S1 Zona 1 Arbustivas nativas (árboles verdes)	8
	M-3_S1 Zona 1 Arbustivas nativas (árboles en brotación)	14
	M-4_S1 Zona 2 Arbustivas nativas(árboles verdes)	9
	M-5_S1 Zona 2 Arbustivas nativas(árboles verdes con flor)	14
	M-6_S1 Campo descansado detrás del taller de maquinaria agrícola.	4

	M-7_S1	Campo descansado cultivos varios parcela demostrativa.	3
	M-8_S1	Cultivos frutales (granada y durazno)	7
	M-9_S1	Cultivo frutal (aguacate)	7
ITR	M-1_S2	Cultivo alfalfa	7
(18/07/2016)		Terreno rastreado en la parte detrás de la escuela a un lado del depósito de agua	2
	M-2_S2		
	M-3_S2	Nopalera	12
	M-4_S2	Parcelas didácticas cultivos varios.	4
	M-5_S2	Lote sembrado con maíz y sorgo.	2
	M-6_S2	Lote sembrado con jícama.	5
	M-7_S2	Frutal (naranjas agrias)	2
	M-8_S2	Arboles viejos a un lado del auditorio.	4
	M-9_S2	Frutal (guayabos) plantación frente al casco de hacienda	6
		Total =	115

En el muestreo realizado en el INIFAP-CEBAJ, en la muestra M-3\_S1 se logró aislar 14 cepas de hongos en comparación con la muestra M-7\_S1 del mismo muestreo donde solo se aislaron 3 cepas fúngicas (Figura 3).



Figura 3. En la izquierda se muestra el lugar donde se tomó la muestra M-3\_S1 y a la derecha el lugar en el cual se tomó la muestra M-7\_S1.



En cuanto al muestreo realizado en el ITR, en la muestra M-3\_S2 se logró aislar 12 cepas de hongos en comparación con la muestra M-2\_S2 del mismo muestreo en el que se aislaron 2 cepas fúngicas (Figura 4).



Figura 4. De izquierda se aprecia el lugar en el cual se tomó la muestra M-3\_S2 y a la derecha se muestra el lugar donde se tomó la muestra M-2\_S2.

Cabe mencionar que los géneros de hongos aislados están relacionados con el tipo de medio de cultivo utilizado, que en este caso fue PDAac. Alexander (1994) menciona que la clase que se encuentra con mayor frecuencia desarrollándose sobre medios de cultivo con agar son cepas pertenecientes a los Hyphomycetes, hongos que producen esporas asexuales. En las especies de esta clase, el micelio es septado y el tipo conidial de esporas asexuales nacen sobre una estructura conocida como conidióforo (*Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Verticillium*, *Metarrhizium*, *Paecilomyces*, *Trichoderma*, *Cladosporium*, etc.), lo cual concuerda con los resultados obtenidos para los muestreos realizados en este estudio.

Ferrera y Alarcon (2001) indican la importancia de la actividad de los microorganismos en los diferentes aspectos que denotan la fertilidad de un suelo, la sostenibilidad de un ecosistema y/o un agroecosistemas. Para Alexander (1994) la aplicación de materia orgánica altera la composición de la flora y se afecta marcadamente el dominio relativo de géneros como *Penicillium*, *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Fusarium* y *Mucor*.

Alexander (1994) señala que la abundancia y la actividad fisiológica de la flora fúngica en diferentes hábitats varía considerablemente, así como la comunidad y sus actividades bioquímicas sufren una variación apreciable con el tiempo en un sitio determinado. En general, el número de hongos filamentosos en el suelo es directamente proporcional con el contenido de materia orgánica utilizable. Por lo cual se puede inferir basándonos en los resultados conseguidos, que la materia orgánica presente en los huertos es más abundante en comparación con los sitios con labranza convencional, ya que el suelo sufre mucho movimiento como la remoción, compactación, erosión, desecación, etc., producto de las labores agrícolas continuas.

Ferrera y Alarcon (2007) refieren que ciertos hongos son característicos de un tipo de vegetación o área geográfica en particular. Lo cual se confirmó con los resultados obtenidos. Así también Moreira *et al.* (2012) indican que el mantenimiento de la diversidad de hongos del suelo debería, por ende, beneficiar directamente la agricultura sustentable, mediante el suministro de nutrientes, una mejor estructura física del suelo y el control de antagonistas de los patógenos de las plantas en el suelo.

## CONCLUSIONES

- El número de cepas aisladas en los huertos fue mayor en comparación con los sitios de labranza convencional.
- En el muestreo realizado en el ITR se encontró mayor diversidad de géneros de hongos que en el INIFAP-CEBAJ.
- En el INIFAP-CEBAJ se obtuvieron 70 aislamientos de hongos filamentosos en comparación con el muestreo realizado en el ITR con 45 aislamientos fúngicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexander, M. 1994. Introducción a la microbiología del suelo. Ed. AGT Editor, S.A. 2da reimpression. México, D.F. 491 p.
- Barnett, H. L. and Hunter, B. B. 1972. Illustrated General of Imperfect Fungi. 3er edición. Burgess Publishing Company. Minneapolis. Minnesota. U.S.A. 241 p.
- Ferrera C, R. y Alarcón A. 2001. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. Ciencia Ergo Sum. Vol 8, núm 2. Edo de México, México. 175-183 pp.
- Ferrera C, R. y Alarcón A. 2007. Microbiología Agrícola: Hongos, Bacterias, micro y macrofauna, control biológico, planta-microorganismo. Ed. Trillas. México, D.F. 568 p.
- French, E. R. y Herbert, T. T. 1982. Métodos de Investigación Fitopatológica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 289 p.
- Moreira, M. S. F., Huisling, E. J. y Bignell, D. E. (editores). 2012. Manual de biología de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). Instituto Nacional de Ecología (INE). 1er edición. México, D.F. 360 p.

## RESPUESTA FUNCIONAL DE *Chrysoperla carnea* SOBRE *Trialeurodes vaporariorum* EN HOJAS DE TOMATE

Luis Patricio Guevara Acevedo<sup>1§</sup>, Julio Cesar León Vargas<sup>2</sup>, Gabriela Cisneros López<sup>1</sup>, Marcos Emmanuel Ángel Garibaldi<sup>3</sup>, Silvano Ochoa Galaz<sup>1</sup>, Hugo Cesar Cisneros López<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de [Roque, Celaya, Gto.](#) <sup>2</sup>Estudiante de posgrado<sup>3</sup>, [Estudiante de Licenciatura.](#)  
<sup>§</sup>[Autor para correspondencia: lpguevara@itroque.edu.mx](mailto:lpguevara@itroque.edu.mx)

### RESUMEN

Se evaluó la respuesta funcional de larvas de segundo estadio de *Chrysoperla carnea* sobre el segundo estadio ninfal de *Trialeurodes vaporariorum* en hojas de tomate bajo condiciones controladas. Se usaron tres cuadros de acrílico; el primero fue completamente liso donde se colocó una hoja de pimiento, el segundo y tercer cuadro contaban con una perforación en el centro con un diámetro de dos centímetros para colocar las presas y el depredador, al tercer cuadro 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. Para la implementación del experimento se utilizaron 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 y 128 densidades de presas con 15 repeticiones para cada densidad y un depredador en ayunas por 24 h por cada repetición, los cuadros fueron sujetos con ligas y colocados en charolas provistas de una almohadilla de algodón saturado de agua, las cuales se mantuvieron en una cámara ambiental en 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 y 48 h. Para obtener el tipo y parámetros de la respuesta funcional se ajustaron los datos obtenidos a los modelos de respuesta funcional tipo II de Holling (1959). Los resultados mostraron que los valores estimados por el modelo de Holling se adaptó a los valores observados en la investigación, teniendo una tasa promedio de ataque de larvas de segundo estadio de *C. carnea* de 4.97 ninfas de segundo estadio de *B. cockerelli*.

**Palabras clave:** Paratrioza, *Chrysoperla carnea*, depredación, tasa instantánea de descubrimiento

## **ANÁLISIS ELECTROFORÉTICO DE PROTEÍNAS EN HOJA DE TRIGO SUSCEPTIBLE Y RESISTENTE A ROYA AMARILLA (*Puccinia striiformis*)**

Zárate-Castrejón J. L.<sup>1</sup>; Montero-Tavera V.<sup>2</sup>; Ramírez-Pimentel J. G.<sup>1</sup>; Raya-Pérez J. C.<sup>1</sup>; E. Solís Moya<sup>2</sup>, Aguirre-Mancilla C. L.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque, km 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas. C.P. 38110 Celaya, Gto. México. \*ceaguirre@itroque.edu.mx

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío. km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende. 38110 Celaya, Gto. México.

### **RESUMEN**

La roya amarilla es una enfermedad ocasionada por el hongo *Puccinia striiformis*, el cual reduce el potencial fotosintético y el rendimiento en el cultivo de trigo. Una alternativa para controlar este fitopatógeno es la generación de materiales resistentes a la roya; el uso de herramientas moleculares puede ayudar a acelerar la selección de genotipos resistentes. Un aspecto importante de la resistencia en plantas y en especial en el trigo, es la presencia de proteínas que intervienen en la defensa contra el patógeno. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue conocer el perfil electroforético de proteínas en dos líneas de trigo antagonicas en respuesta a la roya amarilla. Se realizaron tres fracciones de proteínas 1) citoplásmicas, 2) cloroplásticas solubles (estromática) y 3) cloroplásticas insolubles (tilacoidal). El análisis de proteínas fue por medio de electroforesis con el método de Schägger and Von Jagow (1987). Los resultados preliminares mostraron diferencias entre las fracciones analizadas. La primera fracción presentó una proteína de peso molecular aparente de 54 kDa en ambos casos y varias proteínas de tamaños intermedios, mientras que la segunda fracción presentó una banda de 116.5 kDa; finalmente, la tercera fracción se presentaron fragmentos de alto peso molecular; sin embargo, su presencia es menos intensa comparada con la fracción dos.

**Palabras clave:** Proteómica, proteínas cloroplásticas solubles, proteínas cloroplásticas insolubles, electroforesis

### **SUMMARY**

Yellow rust is a disease caused by fungus *Puccinia striiformis*, which it reduces photosynthetic potential and yield of the crops of wheat. An alternative to control this phytopathogen is the generation of resistance material to the disease and use of molecular tools can help us to accelerate the selection of genotypes resistance. An important aspect of understanding of the resistance in plants and special in the wheat, it is the presence of proteins that interacting against the pathogen. The objective of this work was to know the electrophoretic profile of proteins in two antagonistic lines of wheat in their response to yellow rust. Three fractions of proteins were realized 1) cytoplasmic proteins, 2) chloroplast proteins soluble and 3) chloroplast proteins insoluble. The analysis of proteins was through electrophoresis with method of Schägger and Von Jagow (1987). The preliminar results indicated a

difference among fractions analyzed. The first fraction presented a protein with molecular weight 54 kDa in both cases and several proteins with intermediate sizes, while the second fraction presented a protein of 116.6 kDa. Finally were presented high molecular weight fragments in the third fraction; however, their presence is lower intense compared with fraction two.

**Key Words:** Proteomics, soluble protein, cytoplasmic protein, insoluble protein, electrophoresis

## IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA Y MOLECULAR DE *Fusarium verticillioides* EN MAZORCA DE MAÍZ TUXPEÑO

Torres-Salgado Adriana<sup>1</sup>, Raya-Pérez Juan Carlos<sup>1</sup>, Covarrubias-Prieto Jorge<sup>1</sup>, Aguirre-Mancilla Cesar Leobardo<sup>1</sup>. García-Perea Marco Antonio<sup>1</sup>. Ramírez- Pimentel J. Gabriel<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Roque Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas. Apartado Postal 508, C.P.38110. [garamirez@itroque.edu.mx](mailto:garamirez@itroque.edu.mx)

### RESUMEN

La fusariosis es una enfermedad que afecta a diversas especies de interés agronómico y es un problema ampliamente difundido en los terrenos agrícolas. En el maíz, *Fusarium* causa pérdidas de hasta un 30% y se han buscado fuentes de resistencia con éxito parcial, ya que no se han reportado razas ni variedades resistentes, sólo tolerantes. En este estudio se aisló *Fusarium verticillioides* de mazorca de maíz Tuxpeño, raza reportada como tolerante, con síntomas de *Fusarium*; se obtuvieron cultivos de monosporicos en cajas Petri con medio PDA, se realizó la identificación morfológica fue por medio de la forma de las conidias, morfología colonial y estructura micelial. La identificación biomolecular se basó en el Transcrito Interno Ribosomal (ITS) 4 y 5.

**Palabras clave:** Tuxpeño, *Fusarium verticillioides*, ITS.

### ABSTRACT

*Fusarium* is a fitopathogenic fungus, causal agent of stem and root rot in many crops, and it is widely extended on crop fields. Particularly, in maize, it is responsible of loss of about 30% of production; It is desirable to find resistant materials, but it has not been a complete successful project, just have been found tolerant materials, such as tuxpeño landrace. In this study was isolated *Fusarium verticillioides* from a maize kernel of Tuxpeño, it was obtained firstable the monosposporic in PDA Petri dishes, the morfological identification was through the form of the conidea the color of the colony and miscellium. The biomolecular identification was based in Internal Trascription Ribosomal (ITS) ITS 4 and ITS 5.

**Key words:** Tuxpeño, *Fusarium verticillioides*, ITS.

### INTRODUCCION

*Fusarium verticillioides* es un hongo que está altamente ligado a maíz debido a su alta resistencia a los bexozaxinoides que produce la planta, dependiendo de la especie (Maag *et al.*, 2015). Se menciona que la raza de maíz Tuxpeño es tolerante a *Fusarium verticillioides* debido al origen tropical de éste y su adaptación (Paliwal 1986). Este patógeno se le encuentra en el tallo y en la mazorca y también se le puede encontrar junto con otras especies de *Fusarium*, como la especie thapsinum, se reporta que *F. verticillioides* disminuye la producción de un 23% a un 30% (González *et al.*, 2007). Algunas cepas de *Fusarium verticillioides* producen infecciones asintomáticas en la semilla a la plántula afectando su emergencia, pudiéndose o no desarrollar una infección sistémica en la planta (Peiretti *et al.*, 2007;

Munkold y Desjardins, 1997). Con la intención de estudiar los mecanismos de defensa y los genes involucrados, se aisló una población de *Fusarium spp.* Y el objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar la presencia de *Fusarium verticillioides* en maíz Tuxpeño y obtener una cepa patogénica aislada capaz de inducir las respuestas en la planta.

## MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el ITR en el área de invernaderos y en los laboratorios de Sanidad de semillas y en área de Biología Molecular. Para el aislamiento de *Fusarium verticillioides* se obtuvo una mazorca de maíz Tuxpeño con síntomas de *Fusarium* del campo experimental del ITR, posteriormente se tomó el micelio y se sembraron en cajas Petri de PDA una vez que se obtuvo el crecimiento de micelio se tomó de nuevo este y se colocó en agua estéril hasta la séptima dilución en el séptimo tubo de ensayo se tomó la menor concentración de esporas y se colocaron en cajas Petri con agar la extracción fue del, una vez que creció el cultivo la identificación morfológica fue de acuerdo a las claves de Lesli y Sumerell (2006), posteriormente se tomó micelio para obtener DNA por el método de Urea (Liu, 1985). Una vez obtenido el DNA, la identificación de las especies de *Fusarium* se realizó mediante las regiones conservadas del transcrito interno ribosomal (ITS). Se amplificó mediante las regiones 18 S rDNA y la región mayor 28 S rDNA incluyendo también la 5.8 S rDNA por lo que se utilizaron los primers universales ITS 4 (5' TCCTCCGCTTATTGATATGC 3') y el ITS 5 (5' TCCGTAGGTGAACCTGCGG 3'). Para la reacción de PCR se utilizó 1 µl de DNA; 2µl Buffer 10 X (10 mM Tris-HCl pH 8.8); 50 mM MgCl<sub>2</sub>, 2mM de dNTPs; 2 pmol/ml ITS 4 e ITS 5; 2 pmol/ml de Tag DNA polimerasa y 9.7 ml de agua desionizada. Las condiciones para la reacción de PCR en el termociclador fueron: Desnaturalización inicial de 95 °C por 2 minutos. Alineamiento 30 segundos a 94 °C. 1 minuto a 56 °C, 2 minutos a 72 °C por 30 ciclos 1 minuto a 52 °C por 30 ciclos y extensión final 2 minutos a 72 °C.

## RESULTADOS Y DISCUSION

De los aislados de los cultivos monosporicos se identificaron 2 especies de *Fusarium* las cuales fueron *Fusarium verticillioides* y *Fusarium thapsinum*, como se muestra en la fig 1 y 2 respectivamente para la identificación molecular se tomó la especie de *Fusarium verticillioides* se realizó por medio del servicio de secuenciación del LANGEBIO en CINVESTAV-IPN unidad Irapuato, Gto. La secuencia del *Fusarium verticillioides* es la siguiente:

```
CATTACCGAGTTTACAACCTCCCAAACCCCTGTGAACATACCAATTGTTGCCTCGGCGGATCAGCCCGCTCCCGGT  
AAAACGGGACGGCCCGCCAGAGGACCCCTAACTCTGTTTCTATATGTAACCTCTGAGTAAAACCATAAATAAA  
TCAAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCAAAATGCGATAAGTAATGTGA  
ATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGT  
TCGAGCGTCAATTTCAACCCCTCAAGCCAGCTTGGTGTGGGACTCGCGAGTCAAATCGCGTTCCCAAATTGATT  
GGCGGTCACGTCGAGCTTCCATAGCGTAGTAGTAAACCCCTCGTACTGGTAATCGTCGCGGCCACGCCGTTAA  
ACCCCAACTTCTGAATGTTGACCTCGGATCAGGTAGGAATACCCGCTGAACTTAAGCATATC. Esta se confirmó  
en el banco de genes del ncbi, a través del programa de alineamiento de secuencias BLASTn, se obtuvo  
que la secuencia corresponde a Fusarium verticillioides.
```

La morfología microscópica del hongo corresponde a la secuencia encontrada (Figuras 1 y 2)



**Fig 1.** Fialides , mesoconidias y conidias de *Fusarium verticillioides*.



**Fig 2** Mesoconidias de *Fusarium thapsinum*

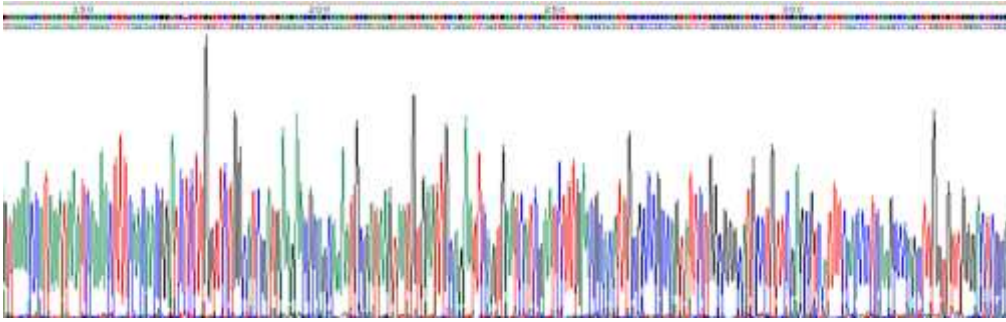
La amplificación de segmento ITS4 ITS5 se muestra en la figura 3; se obtuvo una banda discreta que fue secuenciada confirmando la identidad del aislado como *Fusarium verticilloides*.



Carril 3 y 4 bandas de amplificación de *F.verticillioides*

**Figura 3.** Producto de PCR de *Fusarium verticillioides* mediante los ITS 4 y ITS 5 en gel de agarosa al 0.8%. Se observa en el carril 3 y 4 la amplificación del transcrito interno de *Fusarium verticillioides*. La flecha indica el tamaño de 500pb en el marcador de peso molecular.





**Fig. 4** Electroferograma donde se muestran las secuencias de los nucleótidos mediante el programa chromas versión 2.6.2.

## CONCLUSIONES

*Fusarium verticillioides* también puede encontrarse solo en la mazorca o también formando complejos con *Fusarium thapsinum* ya que las dos especies están en gramíneas y ambas se les encuentra en maíz colonizando la mazorca, las dos especies pertenecen al complejo de *Giberella fujikuroi*. Tuxpeño es tolerante a *Fusarium* sin embargo no existe una resistencia total a este patógeno, hay programas de mejoramiento de maíz en los cuales se ha observado que en la resistencia están involucrados 9 cromosomas (Pérez *et al.*, 2001).

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Glenn, A.E., S.E. Gold and C.W Bacon 2002. Fdb 1 y Fdb 2 *Fusarium verticillioides* loci necessary for detoxification of preformed antiicrobials from corn. *Molecular plant-Microbe interaction*.
- González H., A., L. M. Vázquez G., J. Sahagun C. J .E. Rodríguez P. y D.J. Pérez L. 2007. Rendimientos del maíz de temporal y su relación con la pudrición de mazorca. *Agric.Tec. en México* 33(1): 33-42.
- Leslie, J.F.B.A Summerell, 2006. *The Fusarium Laboratory Manual* Blackwell Publishing, USA.
- Liu Y.G.Mitsukawa, N., Oosumi. T. and Whitter, R.1995. Efficient isolation and mapping of *Arabidopsis thaliana* T-DNA insert junctions by termal asymmetric interlaced PCR. *The Plant Journal* 8:457-463.
- Maag D, Erb M, Bernal J S, Wolfender J-L, Turlings TCJ, Glausser G. Maize Domestication and Anti-Herbivore Defences: Leaf-Specific Dynamics during Early Ontogeny of Maize and Hs.Wild Ancestors. *Plos ONE*.2015. 10 (8).
- Munkold, G.P. and A .E.Desjardins 1997. Fumonisin in maize. Can we reduce their occurrence.? *Plant Disease*. 81 (6): 556-563.
- Paliwal , R.L.1986. CIMMYT's expanded maize improvement program In R.N. Wedolerbum y C. De Leon, eds.Proc. "nd Asian Reg Maize.Worshop. Indonesia, p 25-140. México, D.F, CIMMYT.

Pérez, B.D., Jeffers, D., González D.L., Khairalah M., Cortés C.M. Velázquez, C.G Azpiroz, R.S y Srinivasan,G. 2001. Cartografía de QTL de la resistencia a la pudrición de mazorca. (*Fusarium moniliforme*) en maíz de valles altos, México. *Agrociencia* 35:181-195.

Peiretti-Uzal, D.A., M.C.Nazar-Lovera, C.A. Biasutti-Valenzano y L.M.Giorda-Lerda. 2007. Susceptibilidad a *Fusarium verticillioides* (sacc).nirenberg en la población de maíz MPB-FCA 8561. *Agronomía Mesoamericana* 18 (2): 171-176.

## VIABILIDAD DE ESPORAS DE *Rhizopagus intraradices* CONSERVADAS EN MEDIO SÓLIDO Y LÍQUIDO ALMACENADAS A DIFERENTES TEMPERATURAS

Oscar A. Grageda-Cabrera<sup>1</sup>; Emmanuel Fernandez Cruz<sup>1</sup>; Susana E. Preciado Ríos<sup>1,2</sup>; Sarahyt S. González Figueroa<sup>1,2</sup>; Montserrat G. Damián Aguilera<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup> INIFAP-CEBAJ, Celaya, Guanajuato, México <sup>2</sup> Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato, México <sup>3</sup> Autor responsable: [grageda.oscar@infap.gob.mx](mailto:grageda.oscar@infap.gob.mx)

### RESUMEN

Actualmente el sector agroalimentario busca disminuir gastos de producción. El uso de biofertilizantes, entre ellos los elaborados a base de hongos versículo arbusculares, es una herramienta para reducir la fertilización química. Estos generalmente se reproducen en medio sólido, aunque la presentación líquida facilita su aplicación. El objetivo del presente trabajo fue determinar la viabilidad de esporas de *Rizopagus intraradices* contenidas en medio sólido y líquido, incubadas y almacenadas a diferentes temperaturas. Para lo cual se procedió a determinar la cinética de la viabilidad de las esporas contenidas en medio sólido y líquido (agua destilada y solución Ringer) y almacenadas a 0, 20, 40 y 60°C, mediante la técnica de tinción con cloruro de tetrazolio incubando a 40°C por 72 horas y realizando muestreos diarios. El tratamiento en presentación sólida almacenada a 20°C no mostró diferencia significativa en la viabilidad de esporas. El medio de almacenamiento que preservó por mayor tiempo las esporas independientemente de la temperatura fue el sólido, con una media de 230.3 días. La temperatura ideal de almacenamiento fue de 20°C, la temperatura que dañó más al producto fue de 0° C. En la interacción medio•temperatura de almacenaje el tiempo máximo antes de la muerte total fue de 803.6 días (sólido, 20°C). Para el medio líquido los tratamientos agua destilada a 40 y 60°C y solución Ringer a 60°C se comportaron estadísticamente igual, con un tiempo de almacenamiento antes de la muerte total menor a 29 días. Se concluye que el medio líquido disminuye significativamente la vida de anaquel de las esporas, y temperaturas de 0 y 60 °C aceleran su muerte.

**Palabras clave:** biofertilizantes, vida de anaquel, conservación.

### SUMMARY

Nowdays, the agroalimentary sector seeks to decrease production costs. The use of biofertilizers, those ones made of vesicular arbuscular fungi for instance, is a tool to reduce chemical fertilization. These are usually reproduced in solid medium, although the liquid presentation expedites its application. The aim of this experiment was to determine the spores' viability of *Rizopagus intraradices* contained in solid and liquid medium, incubated and stored at different temperatures. Therefore, we proceeded to determine the kinetics of the spores' viability contained in solid and liquid medium (in distilled water and Ringer's solution) and stored at 0°, 20°, 40° and 60 °C, they were determined by staining technique with tetrazolium chloride incubated at 40° C for 72 hours and performing daily samplings. The treatment in solid presentation stored at 20° C showed no significant difference in spores' viability. The storage medium that preserved the spores longer, regardless of the temperature, was the solid with an average of 230.3 days. The ideal storage temperature was 20°C, the most damaging temperature

for the product was 0°C. In the medium•storage temperature interaction, the maximum time before total death was 803.6 days (solid 20°C). For the liquid medium, the treatments of distilled water at 40° and 60° C and Ringer's solution at 60 °C behaved statistically alike, within a storage time of less than 29 days before the total death. It is concluded that the liquid medium significantly reduces the spores' shelf life, and the temperatures 0° and 60° C accelerated their death.

**Key words:** biofertilizers, shelf live, preservation.

## INTRODUCCIÓN

El sector agrícola mexicano demanda actualmente cerca de 4 millones de toneladas de fertilizantes. A partir del año 2003 en México solo se producen Sulfato de amonio, superfosfato de calcio simple, superfosfato de calcio triple y otros fertilizantes menores (FIRA, 2010). Es importante resaltar que el uso excesivo de fertilización trae consigo la eliminación de compuestos que contribuyen a la contaminación ambiental.

Los efectos nocivos del uso de fertilizantes químicos se ven reflejados en la contaminación del agua, aire y suelos.

Entre las posibilidades tecnológicas para lograr reducir el uso de fertilizantes sin afectar los rendimientos de los cultivos, destaca la utilización de microorganismos promotores de crecimiento vegetal que son empleados para la fabricación de biofertilizantes, estos reducen parcial o totalmente la fertilización, según el microorganismo inoculado y el cultivo, además, contribuyen a mantener el equilibrio biológico, ya que incrementan las poblaciones microbianas en el suelo, las cuales son indispensables para el funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos (SanJuan y Moreno 2010; SAGARPA-COFUPRO-UNAM, 2013).

Entre los biofertilizantes más comercializados se encuentran los elaborados a base de hongos vesículo arbusculares (HVA) que mejoran la salud y el crecimiento de las plantas de importancia agrícola. La red de hifas producidas por los HVA en el suelo durante su asociación con la planta huésped, provee una mayor superficie de absorción que aumenta la captación de iones relativamente inmóviles, tales como fosfato, cobre y zinc. Durante los últimos años, se han desarrollado diversas tecnologías de reproducción, siendo las más utilizadas aquellas que involucran a la planta en un medio o sustrato sólido, empleando materiales que van desde suelo, turba, perlita, vermiculita, arena, arcilla, arcilla calcinada, varios materiales vegetales, forestales, así como la mezclas de algunos de ellos (Morton *et al.*, 1993, Fernández, 2003).

Actualmente el INIFAP cuenta con cinco centros de reproducción de biofertilizante en presentación sólida (micorriza) en la República Mexicana; sin embargo esta presentación representa cierta dificultad a los productores para su aplicación sobre todo al momento de la inoculación de la semilla, por lo que el INIFAP pretende comercializar una presentación líquida de la micorriza y es necesario realizar pruebas de viabilidad de las esporas contenidas en dicha presentación para poder comercializarla. Por lo cual el objetivo del presente trabajo es establecer el protocolo óptimo para cuantificar la viabilidad

de esporas de *Rizophagus intraradices* y con este analizar la cinética de la viabilidad de esporas contenidas en medio sólido y líquido expuestas a diferentes temperaturas y distintos tiempos de almacenamiento.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo se llevó a cabo en el área de suelo y agua en el laboratorio de biofertilizantes micorrízicos en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) campo experimental Bajío que se ubica en el Km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya Guanajuato, México.

Se realizó un experimento bifactorial, completamente al azar con 4 repeticiones, los factores fueron: 3 presentaciones del biofertilizante micorrizico (sólido, líquido-Agua y líquido-Sol. Ringer) y 4 temperaturas de almacenamiento (0, 20, 40 y 60°C). La unidad experimental fueron 100 esporas de *Rizophagus intraradices*, y se hicieron conteos a las 72 h.

Las dos presentaciones de micorriza líquida fueron proporcionadas por el Campo Experimental General Teran de Nuevo León, una utilizando agua destilada estéril como medio de transporte y otra usando sol. Ringer. Estas presentaciones junto con lamicorriza solida producida en el INIFAP-CEBAJ se almacenaron a 0°C, 20°C, 40°C y 60°C; se hicieron muestreos diarios.

Para el muestreo de micorriza liquida (en agua y sol. Ringer) se homogenizó el tubo y se tomó una alícuota de 50 µL, se eliminó el medio de transporte y se colocaron en un microtubo de 2 mL con 0.5mL de agua desionizada y 0.5 mL de sol. de cloruro de tetrazolio, seguido de la incubación a 40°C por 72h (Walley y Germida, 1995). Y para la presentación solida se extrajeron 50g de producto y se procedió a la extracción de esporas utilizando la técnica de tamizado húmedo y decantación (Gerdemann y Nicolson, 1963) en combinación con la técnica de flotación en azúcar (Walker, 1997). Una vez extraídas las esporas se procedió a la tinción con tetrazolio descrita anteriormente.

Las cinéticas de viabilidad de esporas se analizaron por medio de un análisis de regresión lineal y con la ecuación de la recta obtenida se calculó el tiempo de muerte total de esporas, esta variable se sometió a un análisis de varianza y cuando la prueba de F resulto significativa se realizó la comparación de medias Fisher (DMS) con  $\alpha \leq 0.05$ , utilizando el software SAS 9.3 (SAS Institute 9.3, 2014).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestran la cinética de la viabilidad de esporas de la presentación sólida a las diferentes temperaturas donde se puede observar que en el almacenaje a 0 y 60°C (Figura 1-a y c) existió una diferencia altamente significativa entre los muestreos.

En el almacenaje a 20°C (Figura 1-b) no hubo diferencia estadística y en el tratamiento almacenado a 40°C (Figura 1-c) se puede observar una diferencia significativa entre los días de almacenamiento.

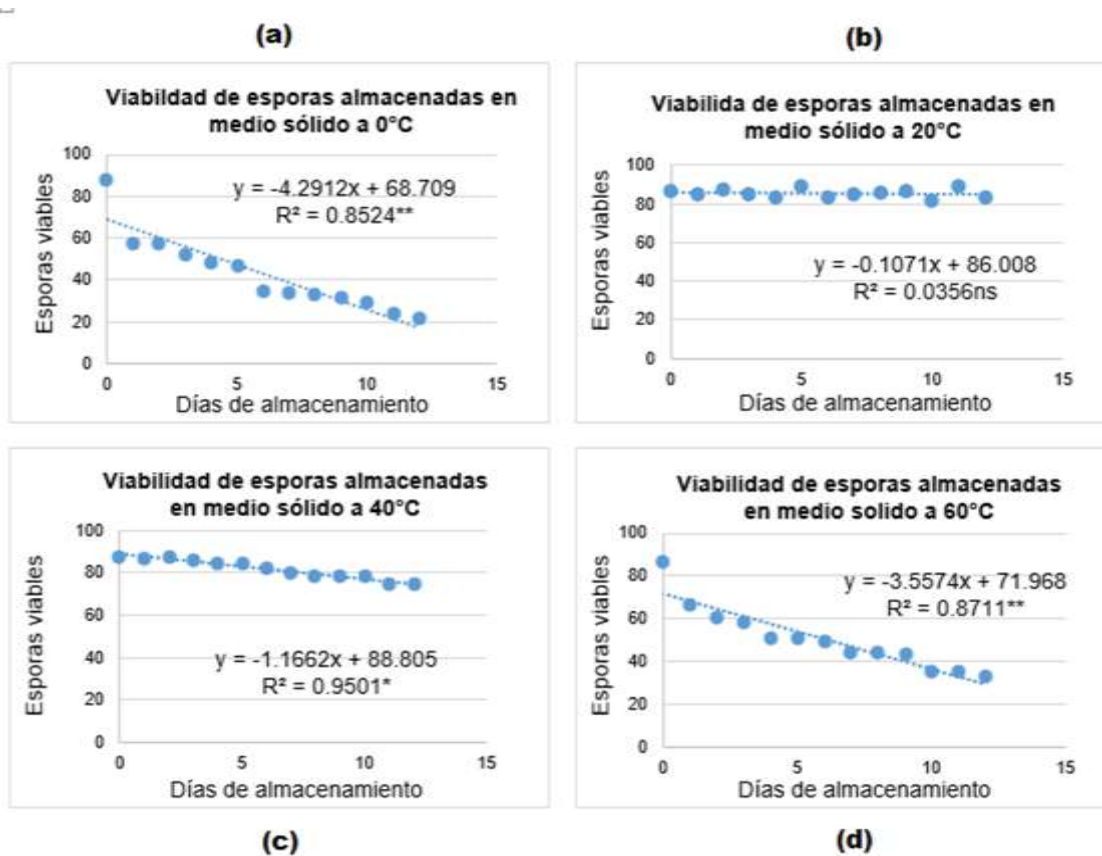
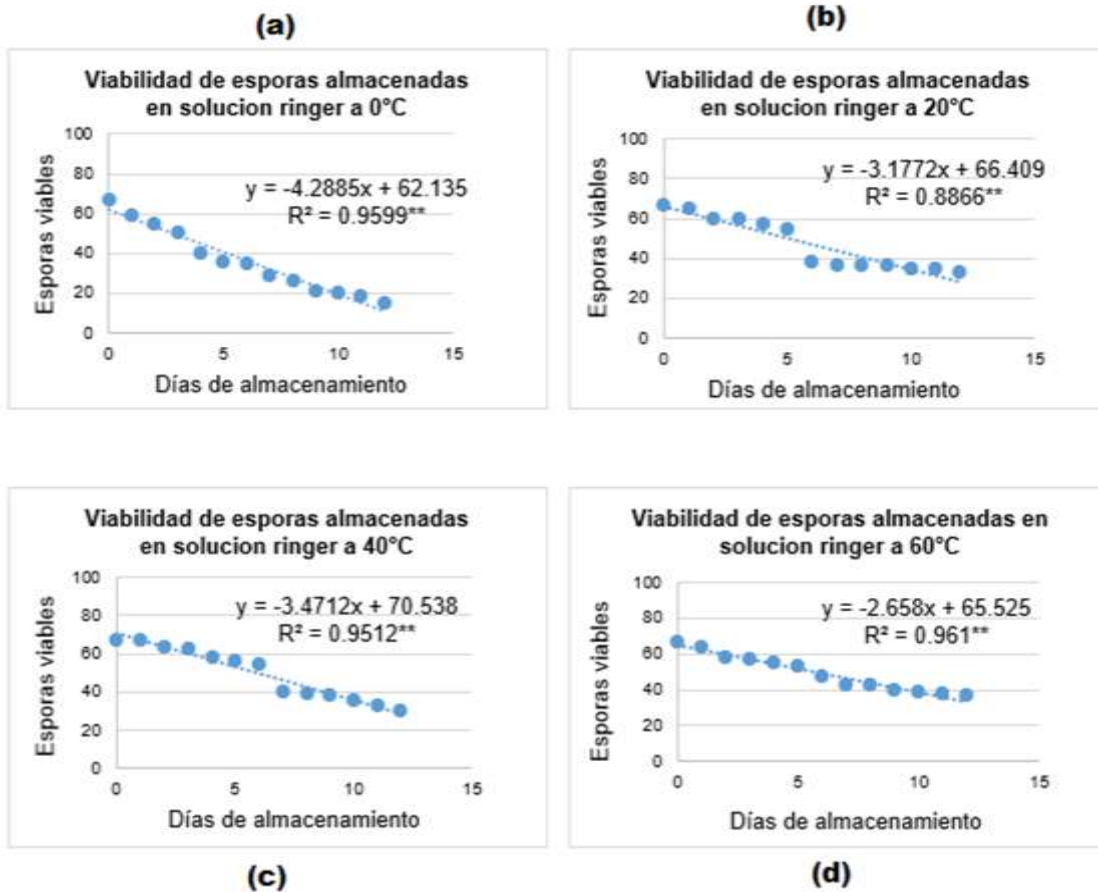


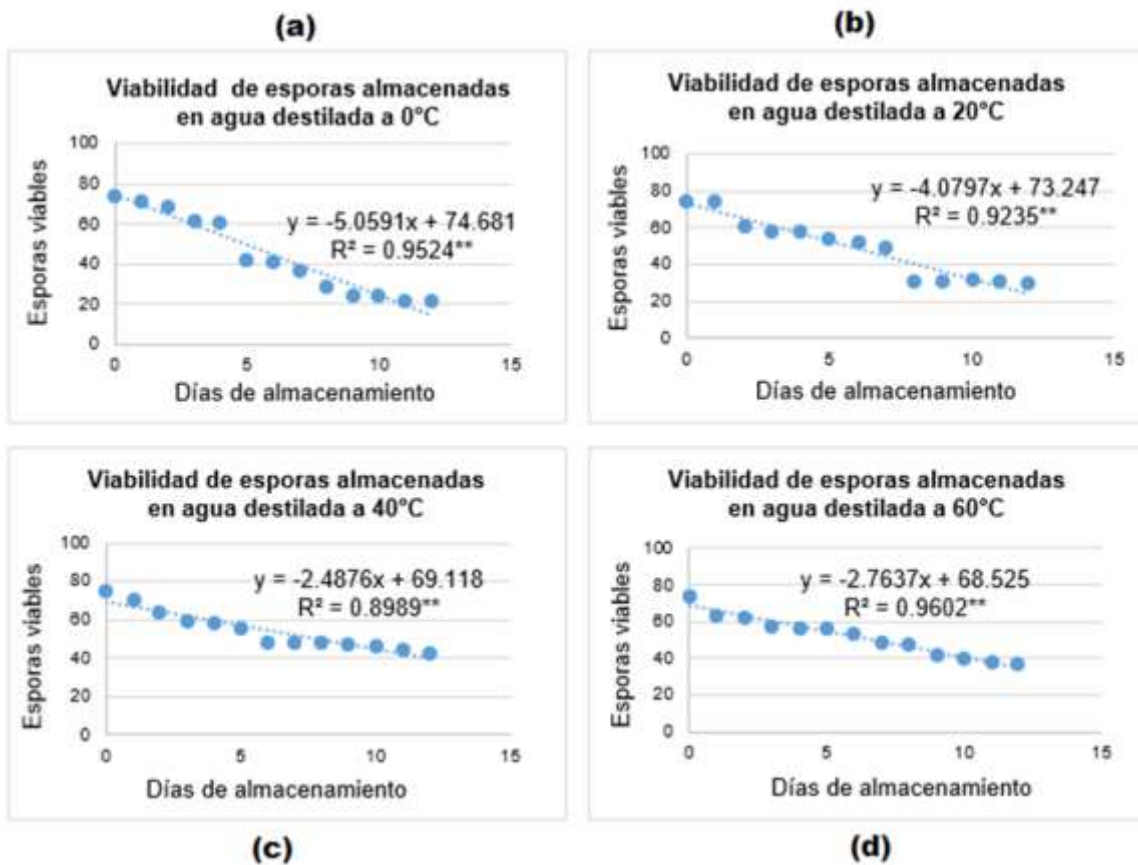
Figura 1. Viabilidad de esporas almacenadas en medio sólido a diferentes temperaturas

En la Figura 2 se muestra la cinética de la viabilidad de esporas almacenadas en medio líquido en solución Ringer a diferentes temperaturas, se puede observar que en las cuatro temperaturas de almacenamiento se muestra una diferencia altamente significativa entre los días de almacenaje.



**Figura 2.** Viabilidad de esporas almacenadas en medio líquido en solución ringer a diferentes temperaturas

En la Figura 3 se observa la cinética de la viabilidad de las esporas almacenadas en medio líquido en agua destilada a diferentes temperaturas, donde se muestra que en las cuatro temperaturas de almacenamiento existió una diferencia altamente significativa entre los días de almacenaje.



**Figura 3.** Viabilidad de esporas almacenadas en medio líquido en agua destilada a diferentes temperaturas

En el análisis de varianza para la variable muerte total de esporas (Cuadro 1) se observa que en los tratamientos y la temperatura así como en la interacción de ambas existe una diferencia altamente significativa lo cual indica que al menos un tratamiento se comportó de manera diferente. El coeficiente de variación es bueno lo que nos indica que el experimento fue bien conducido.



**Cuadro 1.** Cuadrados medios, grados de libertad y significancia para la variable mortalidad de esporas de HVA evaluadas en diferentes medios y tiempos de almacenamiento. Laboratorio de biofertilizantes micorrízicos del INIFAP-CEBAJ. 2016.

<b>Fuentes de variación</b>	<b>g.l.</b>	<b>Cuadrados medios<sup>a</sup></b>
<b>Tiempo de muerte total de esporas</b>		
Tratamientos	2	232057.37**
Temperatura	3	194437.13**
Tratamientos * Temperatura	6	196588.43**
Error	33	20.14
C.V.		4.91

a, \* = Significancia estadística al nivel de 0.001 de probabilidad., g.l.= Grados libertad, C.V.= Coeficiente de variación.

En el Cuadro 2 se muestra la comparación de medias para el tiempo de muerte total de esporas almacenadas en tres diferentes medios, donde las esporas en medio sólido fueron el mejor tratamiento ya que en este medio es mayor el tiempo de almacenaje antes de llegar a la muerte total de las esporas.

**Cuadro2.** Comparación de medias mediante la prueba de DMS ( $p \leq 0.05$ ) para la variable tiempo de muerte total de esporas evaluadas en tres medios de almacenamiento. Laboratorio de biofertilizantes micorrízicos del INIFAP-CEBAJ. 2016.

<b>Tratamientos</b>	<b>Tiempo de muerte total de esporas</b>
Micorriza en medio sólido	230.387 <sup>a</sup>
Micorriza en medio líquido en solución ringer	21.138b
Micorriza en medio líquido en agua destilada	22.458b
DMS	3.2281

\* Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

En el Cuadro 3 se muestra la comparación de medias para el tiempo de muerte total de esporas almacenadas a cuatro temperaturas diferentes, donde la mejor temperatura de almacenamiento fue a

20°C, con un tiempo de 281.4 días de almacenaje antes de la muerte total de esporas. La temperatura que acelera la muerte de esporas fue 0°C con un tiempo de 16.14 días.

**Cuadro 3.** Comparación de medias mediante la prueba de DMS ( $p \leq 0.05$ ) para las cuatro temperaturas de almacenamiento de esporas. Laboratorio de biofertilizantes micorrízicos del INIFAP-CEBAJ. 2016.

Temperaturas	Tiempo de muerte total de esporas
0 °C	16.145d
20 °C	281.499a
40 °C	43.328b
60 °C	24.338c
DMS	3.7274

\* Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

En el Cuadro 4 se muestra la comparación de medias para el tiempo de muerte total de esporas, en la interacción presentación•temperatura donde los mejores resultados se mostraron en sólido a 20°C con un tiempo de almacenaje de 803.6 días, lo cual nos indica que esta temperatura y este medio de almacenamiento son los óptimos para el producto. Para la presentación líquida en solución Ringer el mejor tratamiento fue el almacenado a 60°C con una media de 26 días. Para la presentación líquida en agua destilada el mejor tratamiento fue el almacenado a 40°C con una media de 29 días.

**Cuadro 4.** Comparación de medias mediante la prueba de DMS ( $p \leq 0.05$ ) para la interacción tratamiento\*temperatura. Laboratorio de biofertilizantes micorrízicos del INIFAP-CEBAJ. 2016.

Tratamientos*Temperaturas	Tiempo de muerte total de esporas
Micorriza solida a 0°C	17.108e
Micorriza solida a 20°C	803.603a
Micorriza solida a 40°C	79.598b
Micorriza solida a 60°C	21.240de
Micorriza liquida en solución ringer a 0°C	15.518e
Micorriza liquida en solución ringer a 20°C	21.923de
Micorriza liquida en solución ringer a 40°C	21.353de
Micorriza liquida en solución ringer a 60°C	25.758cd
Micorriza liquida en agua destilada a 0°C	15.810e
Micorriza liquida en agua destilada a 20°C	18.973e
Micorriza liquida en agua destilada a 40°C	29.033c
Micorriza liquida en agua destilada a 60°C	26.018cd
DMS	6.4561

\* Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

## CONCLUSIONES

En la cinética de viabilidad de esporas se observa que las condiciones óptimas de almacenamiento y presentación del biofertilizante micorrizico es la presentación solida a 20°C, presentando una mínima muerte de esporas.

En el análisis para el tiempo de muerte total de esporas, la mejor presentación independientemente de la temperatura es la contenida en medio sólido, y la mejor temperatura es a 20°C, esto nos indica que esta temperatura y esta presentación tienen un mayor tiempo de almacenaje antes de llegar a la muerte total.

La presentación en medio líquido disminuye significativamente la vida de anaquel en comparación con el medio sólido, además las temperaturas de 0 y 60 °C aceleran la muerte de esporas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fernández F. (2003). Avances en la producción de inoculantes micorrízicos arbusculares. 144-166. En: Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso el Caribe. Eds: R. Rivera y K. Fernández. MINREX La Habana. p 166.

FIRA (2010). El Mercado de los Fertilizantes en México; Situación Actual y Perspectivas 2009. Nota de Análisis. Dirección de Análisis Económico y Sectorial, México.

Gendermann JW; Nicolson TH (1993). Spores of mycorrhizal *Endogone species* extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*. No. 46, pp. 235-244.

Morton J.B; Bentivenga S.P; Wheeler WW (1993). Germplasm in the international collection of arbuscular and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi (INVAM) and procedures for culture development, documentation and storage. *Mycotaxon* 48:491-528.

SAGARPA-COFUPRO-UNAM (2013). Manual Teórico-práctico. Los Biofertilizantes y su uso en la Agricultura. Editorial Prado S. A. de C. V. Tehuantepec no. 34, Col. Roma Sur, México, D.F. pp. 26.

Sanjuán PJ; Moreno SN. (Junio 2010). Aplicación de insumos biológicos: una oportunidad para la agricultura sostenible y amigable con el medio ambiente. *Revista Colombiana de Biotecnología [Online]*. Vol. 12, No. 1, pp. 4-7. ISSN 0123-3475.

SAS Institute, Inc. (2014). SAS/STAT. Versión 9.3, Fourth edition. Cary, NC.: SAS Institute.

Walker C. Spore extraction by centrifugation-sugar flotation, internal Document, Biological Research and Imaging Laboratory, New Milton, Hampshire: UK, 1997.

Walley FL; Germida JJ (1995). Estimating the Viability of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae Fungal Spores Using Tetrazolium Salts as Vital Stains. *Mycologia* Vol. 87, No. 2 (Mar.-Apr.), pp. 273-279

## **MEJORA DE LA PRÁCTICA EDUCATIVA EN LICENCIATURA EN INFORMÁTICA Y TECNOLOGÍA DE LA COMUNICACIÓN**

Diego Alejandro Molina Sosa <sup>1</sup>, Frey Alfonso Santamaría Buitrago<sup>2</sup>, Jimmy Yordany Ardila Muñoz<sup>3</sup>, Blanca C. López<sup>4</sup>, María E. Gallardo<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Estudiante de la Licenciatura en Informática y Tecnología (UPTC) de intercambio en el ITR; <sup>2</sup> Magister en Tecnología Informática - Docente de la Licenciatura en Informática y Tecnología (UPTC), <sup>3</sup>M.C. de la Educación – Docente de la Licenciatura en Informática y Tecnología (UPTC), <sup>4,5</sup>Docentes de la Ingeniería de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (ITR).

### **Resumen**

La Licenciatura en Informática y Tecnología de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) desea mejorar las prácticas educativas para facilitar el aprendizaje de los contenidos en la asignatura de Redes de Computadoras; área relevante en el plan de estudios del programa académico y en el mercado laboral de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Se pretende identificar y analizar la relación enseñanza-aprendizaje su metodología pedagógica en el Instituto Tecnológico de Roque (ITR), con ello reconocer buenas prácticas educativas de formación, que puedan ser aplicadas en la Licenciatura en Informática y Tecnología de la UPTC. El enfoque metodológico es mediante un estudio cualitativo descriptivo, obtener las percepciones de los estudiantes del ITR respecto a la relación enseñanza-aprendizaje del curso de Redes de Computadoras. Entre los aspectos a evaluar desde la perspectiva del estudiante son: 1) importancia de los temas; 2) nivel de profundidad de desarrollo de contenidos; 3) alcance de los contenidos; 4) fortalezas y debilidades de la relación enseñanza-aprendizaje y, 5) temas que sean de interés de los estudiantes. El resultado de la investigación es reconocer las buenas prácticas académicas del ITR, y establecer en la UPTC una potencial estrategia didáctica que aporte al desarrollo de ambientes educativos teórico-prácticos, en el área de las redes de computadoras. Al aplicar los mismos instrumentos en los estudiantes de la UPTC, con el fin de realizar un estudio de carácter comparativo que permita formular similitudes y complementariedades entre los dos grupos de estudiantes y con ello formular una propuesta formativa académica a los intereses y necesidades estudiantiles.

Palabras clave: Educación, Redes de computadoras, enseñanza, aprendizaje

## CONTENIDO DE LICOPENO, $\beta$ -CAROTENO Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN ENCAPSULADOS DE JUGO DE TOMATE

César U. López-Palestina<sup>1</sup>; César L. Aguirre-Mancilla<sup>1</sup>; Juan G. Ramirez-Pimentel<sup>1</sup>; Juan C. Raya-Pérez<sup>1</sup>; Jorge Gutiérrez Tlahque<sup>1</sup>; Rubén Jiménez-Alvarado<sup>2</sup>; Alma D. Hernández-Fuentes<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Roque, km. 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, C.P. 38110. Celaya, Guanajuato. <sup>2</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Universidad Km. 1, Rancho Universitario, C.P. 43600, Tulancingo, Hidalgo. \*hfad@hotmail.com

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue producir encapsulados de jugo de tomate con elevada concentración de licopeno,  $\beta$ -caroteno y capacidad antioxidante, empleando diferentes proporciones de maltodextrina (MA) y goma arábica (GA) como material de pared. Se tuvieron dos tratamientos de acuerdo al material de pared utilizado GA-MA y MA-GA en relación 3:1, que en conjunto con los sólidos jugo de tomate se llevó hasta una concentración de 30% de sólidos. Los encapsulados se obtuvieron mediante liofilización a una presión de vacío de  $133 \times 10^{-3}$  mBar a una temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$  durante 5 días. A los encapsulados se les determinó la actividad antioxidante mediante los ensayos de DPPH y ABTS, así como el contenido de licopeno y  $\beta$ -caroteno. Los resultados mostraron en referencia al jugo de tomate un incremento máximo de 2.81 y 2.67 veces el contenido de licopeno,  $\beta$ -caroteno respectivamente. La actividad antioxidante de los encapsulados de tomate aumentó en un máximo de 2.44 veces para DPPH y 4.38 veces para ABTS<sup>\*\*</sup>. Los encapsulados de tomate con material de pared MA-GA presentaron una mayor concentración de licopeno,  $\beta$ -caroteno y capacidad antioxidante frente a los radicales DPPH y ABTS<sup>\*\*</sup>.

**Palabras clave:** *encapsulación, liofilización, carotenoides, actividad antioxidante.*

### SUMMARY

The aim of this work was to produce encapsulated tomato juice with high concentration of lycopene,  $\beta$ -carotene and antioxidant capacity using different ratios of maltodextrin (MA) and gum arabic (GA) as wall material. There were performed two treatments according to the wall material used GA-MA and MA-GA in ratios 3: 1, with tomato juice up to a concentration of 30% solids. Encapsulates were obtained by freeze-drying at a vacuum pressure of  $133 \times 10^{-3}$  mBar at a temperature of  $-40^{\circ}\text{C}$  for 5 days. Encapsulates was analyzed for lycopene and  $\beta$ -carotene content and antioxidant activity by the DPPH and ABTS assays. The results in tomato juice showed a maximum increase of 2.81 and 2.67 times the content of lycopene and  $\beta$ -carotene respectively. The antioxidant activity of tomato encapsulated increased by a maximum of 2.44 times for DPPH and 4.38 times for ABTS<sup>\*\*</sup>. The tomato encapsulated with MA-GA wall material presented a higher concentration of lycopene,  $\beta$ -carotene and antioxidant capacity against the radicals DPPH and ABTS<sup>\*\*</sup>.

**Key words:** *encapsulation, freeze-drying, carotenoids, antioxidant activity.*

## INTRODUCCIÓN

El tomate es uno de los frutos más ampliamente consumido en todo el mundo. Se considera que su consumo ofrece una serie de beneficios para la salud del consumidor, para reducir el riesgo de enfermedades no transmisibles, como enfermedades cardiovasculares y varios tipos de cáncer (Vinha et al., 2014; Naranjo et al., 2016). Los beneficios a la salud humana se asocian a los metabolitos antioxidantes presentes en el fruto que pueden clasificarse como lipídicos e hidrosolubles, capaces de dextoxificar las especies reactivas del oxígeno y prevenir los cambios oxidativos en el cuerpo humano. El licopeno es un carotenoide liposoluble que representa el 80% de los carotenoides totales en los frutos de tomate y es el responsable de su color rojo. El  $\beta$ -caroteno es otro carotenoide presente en los frutos de tomate, es un fotoprotector que actúa en la fotosíntesis como un pigmento colector de luz en el fruto (Rosales et al., 2011; Naranjo et al., 2016). Ambos carotenoides son considerados excelentes antioxidantes debido a su capacidad de inhibir la acción del oxígeno singlete [ $O_2(a^1\Delta g)$ ], inhibir la oxidación de lípidos y la capacidad de atrapar radicales peroxilo ( $ROO^*$ ), principalmente (Ilahy et al., 2011; Oroian y Escriche, 2015). La utilización de estos carotenoides como ingredientes nutracéuticos dentro de los alimentos está actualmente limitada por una serie de factores tales como la baja solubilidad en agua, inestabilidad química, carácter lipófilo y baja biodisponibilidad. Además, son altamente inestables y susceptibles a la degradación física y química durante el procesamiento y almacenamiento de alimentos debido a los efectos químicos, mecánicos y térmicos (Tuyen et al., 2014; Gul et al., 2015).

Se ha encontrado que las técnicas de encapsulación ofrecen posibles soluciones para aumentar la biodisponibilidad, la solubilidad en agua y la estabilidad de los compuestos hidrófobos. El mecanismo consiste en encerrar el material del núcleo formando una membrana impermeable (matriz de pared) contra la tensión mecánica, la temperatura, la luz, la difusión de oxígeno entre otros. Para ello se pueden utilizar diferentes materiales de recubrimiento, por ejemplo, los polisacáridos tales como maltodextrina y goma arábica. Varios estudios señalan que estos polisacáridos tienen buenas propiedades como agentes encapsulantes, además de su biocompatibilidad, con alta solubilidad y baja viscosidad sin ser tóxicas (Tuyen et al., 2014; Gul et al., 2015; Oberoi et al., 2015; Tolun et al., 2016). En la literatura existen estudios donde se han encapsulado licopeno y  $\beta$ -caroteno de frutos como la sandía (Quek et al., 2007; Gomes et al., 2014; Oberoi et al., 2015), calabaza amarga espinosa (Tuyen et al., 2014), guayaba rosada (Kong et al., 2010) y tomate (Goula y Adamopoulos, 2005; Chiu et al., 2007). En estos estudios se ha determinado la eficiencia de la encapsulación, contenido de los carotenoides presentes, estabilidad durante el almacenamiento, entre otros. Gomes et al., (2014), por su parte, obtuvieron encapsulados de jugo de sandía con alto contenido de licopeno, evaluaron la actividad antioxidante y encontraron valores de 6.43  $\mu M$  Trolox/g de peso seco (PS). Sin embargo, no existe información suficiente sobre la protección de la capacidad antioxidante que pudieran brindar los materiales de pared a los carotenoides encapsulados. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue producir encapsulados de jugo de tomate con diferentes proporciones de maltodextrina y goma arábica como material de pared, con el fin de conservar una elevada concentración de licopeno,  $\beta$ -caroteno y capacidad antioxidante.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Materiales**

Frutos de tomate (*Solanum lycopersicum*) maduros de la variedad Saladette fueron adquiridos en la Central de Abastos de la Ciudad de Tulancingo, Hidalgo, México. Como materiales de pared se utilizaron goma arábica 8035 (CEDROSA S.A. de C.V., Naucalpan, Estado de México, México) y maltodextrina de 28 a 32 equivalentes de dextrosa (ED) de Reasol S.A. de C.V., México D.F., México.

### **Obtención de la pulpa de tomate y encapsulado por liofilización.**

Se obtuvo pulpa de tomate en una licuadora Osterizer® (Modelo BLSTBC4129-013, México). La pulpa obtenida fue sometida a un baño por ultrasonidos (Ultrasonic Cleaner, Mod. 32V118A, Illinois, U.S.A.), por 15 min a 30°C y a una frecuencia de 40 KHz. A la pulpa de tomate obtenida se le determinó el contenido de licopeno,  $\beta$ -caroteno y actividad antioxidante mediante los ensayos del efecto detoxificador de radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) y el método de la capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC, por sus siglas en inglés), los cuales se describen en la siguiente sección. Se tuvieron dos tratamientos de acuerdo al material de pared utilizado GA-MA y MA-GA en relación 3:1, más jugo de tomate hasta una concentración total del 30% de sólidos. La mezcla se homogenizó durante 16 h en un agitador magnético (CIVEQ, 85-2, México) sin exposición a la luz. Las muestras obtenidas fueron ultracongeladas a -70°C (Ultracongelador THERMO SCIENTIFIC 303, EUA) durante 72 h. Después las muestras ultracongeladas se liofilizaron (Liofilizadora Model 79480 LABCONCO, Missouri, EUA) a una presión de vacío de  $133 \times 10^{-3}$  mBar a una temperatura de -40°C durante 5 días. Para la obtención del producto final en polvo, las muestras liofilizadas fueron sometidas a un proceso de molienda en un molino de cuchillas (RTSCH GM 200, Alemania) a 9000 rpm con un periodo de tiempo de 50 s hasta obtener un polvo fino de 150 micras.

### **Determinación de licopeno y $\beta$ -caroteno**

Se determinó mediante un método espectrofotométrico de acuerdo a Goula y Adamopoulos (2005) con modificaciones. Se pesaron 0.1g de muestra y se disolvieron con 10 mL de hexano, después se homogenizaron en un vortex durante 5 min. Posteriormente las muestras se centrifugaron a 10000 *xg* durante 10 min (centrifuga Thermo Scientific, Mod. ST 16R, Alemania). La cuantificación del licopeno y  $\beta$ -caroteno se determinó usando curvas estándar para cada uno de los carotenoides a una longitud de onda de 503 y 478 nm (Espectrofotómetro modelo 6715 UV/Vis, Jenway, Techne Inc. EE.UU.), respectivamente.

### **Actividad antioxidante**

La actividad antioxidante se determinó mediante el método del efecto detoxificador de radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), desarrollado por Brand-Williams et al., (1995), y el método de la capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC, por sus siglas en inglés), descrito por Re et al., (1999). Se pesaron 0.1g de muestra y se disolvieron con 10 mL de etanol, posteriormente se homogenizaron en un vortex durante 5 min. Después las muestras se centrifugaron a 10000 *xg* durante



10 min. La decoloración del radical DPPH fue determinado en un espectrofotométricamente a 515 nm después de 60 min de reaccionar con la muestra a 4°C.

Para el método TEAC, se obtuvo el radical ABTS<sup>•+</sup> mediante la reacción de ABTS (7 mM) con persulfato potásico (2,45 mM) incubados a temperatura ambiente ( $\pm 25^{\circ}\text{C}$ ) y en la oscuridad durante 16 h. Una vez formado el radical ABTS<sup>•+</sup> se diluyó con etanol hasta obtener un valor de absorbancia de 0.700 ( $\pm 0.1$ ) a 734 nm. Las muestras se pusieron a reaccionar el ABTS<sup>•+</sup> diluido durante 6 min e inmediatamente se midió su absorbancia a 734 nm. Los resultados fueron expresados en  $\mu\text{M}$  equivalentes de Trolox por gramo de peso seco para ambos métodos.

### **Análisis estadístico**

Los datos obtenidos de todos los análisis fueron expresados como la media  $\pm$  la desviación estándar ( $n=3$ ), además se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparaciones múltiples de medias de Tukey con una  $p \leq 0.05$ . Para todos los análisis se utilizó el programa SAS System for Windows versión 9.0.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el cuadro 1 se muestran el contenido inicial de licopeno,  $\beta$ -caroteno y la actividad antioxidante del jugo de tomate antes de la encapsulación. Estos valores son similares a los reportados en la literatura (Raffo et al., 2006; Vinha et al., 2014).

### **Contenido de licopeno y $\beta$ -caroteno**

El contenido de licopeno y  $\beta$ -caroteno se muestra en la figura 1. Como se observa existen diferencias significativas entre las mezclas de materiales de pared utilizados. La mezcla MA-GA (3:1), que contenía mayor contenido de maltodextrina presentó un mayor contenido de los carotenoides analizados a la misma concentración de sólidos en el material de pared. Esto se puede explicar debido a que los materiales de pared fueron integrados directamente en el jugo de tomate. Y en algunos estudios se reporta que la maltodextrina se utiliza ampliamente para secado de jugo de frutas, dado que facilita el encapsulamiento, ya que las unidades de  $\beta$ -D-glucosa al añadirse a los jugos de fruta reduce la pegajosidad y da mayor estabilidad al producto (Quek et al., 2007; Oberoi et al., 2015).

**Cuadro 1. Carotenoides y actividad antioxidante en jugo de tomate antes de la encapsulación.**

<b>Análisis</b>	<b>Valores promedio</b>
Licopeno (mg/100 g PF)	2.71 $\pm$ 0.01
$\beta$ -caroteno (mg/100 g PF)	0.49 $\pm$ 0.02
Actividad antioxidante	
DPPH ( $\mu\text{M}$ eq Trolox/g PF)	1.88 $\pm$ 0.01

---

ABTS<sup>•+</sup> ( $\mu\text{M}$  eq Trolox/g PF)

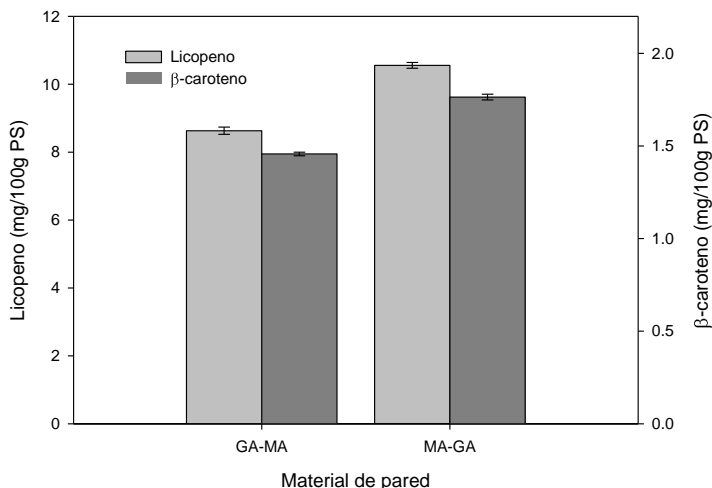
2.43  $\pm$  0.01

---

Los datos expresan valores promedio  $\pm$  la desviación estándar (n=3). DPPH: 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo; ABTS: [2,2'-azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico)]

Los valores encontrados en el contenido de licopeno y  $\beta$ -caroteno en el presente estudio son menores a los reportados por otros autores, tales como Quek et al., (2007) y Oberoi et al., (2015), los cuales han encapsulado estos carotenoides provenientes de jugo de sandía, sin embargo, en ambos estudios utilizaron poca concentración de maltodextrina como material de pared, del orden del 5 y 10% como máximo respectivamente. Gomes et al., (2014), por su parte encontraron 22.89 mg/100 g PS de licopeno en microcápsulas de jugo de sandía encapsulado con goma arábica y maltodextrina. Aun estos valores son superiores a los encontrados en el presente estudio. Esto se puede deber a la cantidad de sólidos utilizados como material de pared. Por ejemplo, Gomes et al., (2014) llevaron la mezcla de alimentación hasta un 22% de sólidos, mientras que en el presente estudio la mezcla de alimentación se llevó hasta un 30%, por lo tanto, se puede explicar que se diluye la concentración del licopeno y  $\beta$ -caroteno a una mayor concentración de sólidos como material de pared.

Por otra parte, los resultados muestran que el contenido de licopeno y  $\beta$ -caroteno se incrementan en un máximo de 2.81 y 2.67 veces respectivamente en los encapsulados de tomate en comparación al jugo de tomate inicial. Estos resultados son similares a los reportados por Gomes et al., (2014) quienes encontraron un aumento de 2.16 veces en licopeno en polvo de sandía secada por atomización.



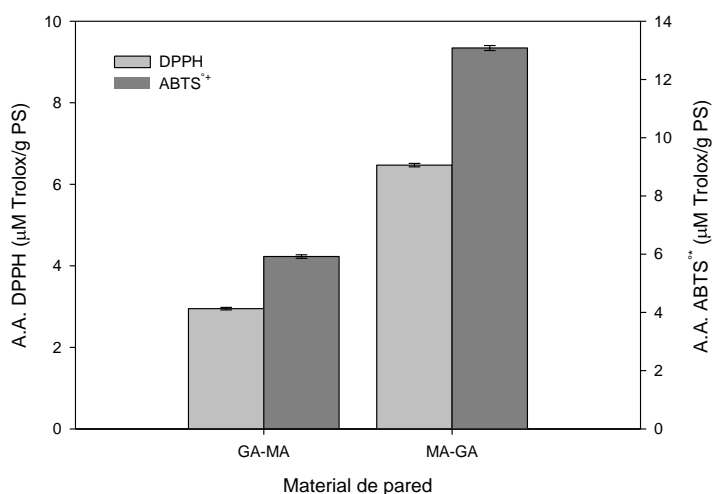
**Figura 1. Contenido de licopeno y  $\beta$ -caroteno en los encapsulados de jugo de tomate.**

#### **Actividad antioxidante**

La actividad antioxidante de los encapsulados de tomate mediante los ensayos de DPPH y ABTS<sup>•+</sup> se muestra en la figura 2. Se observa que las muestras con material de pared MA-GA, presentaron una mayor actividad antioxidante para ambos radicales libres. Esto es debido al mayor contenido de licopeno y  $\beta$ -caroteno en las muestras. Sin embargo, el valor de la actividad antioxidante fue de casi el

doble respecto a la actividad antioxidante que presentan los encapsulados con pared GA-MA en ambos ensayos (DPPH y ABTS<sup>•+</sup>). Este comportamiento se puede deber a la presencia de compuestos fenólicos y vitamina C en el jugo de tomate, que en conjunto con el licopeno y  $\beta$ -caroteno presentan una elevada actividad antioxidante en tomates (Raffo et al., 2006; Rosales et al., 2011). Estas sustancias posiblemente fueron más susceptibles al encapsulamiento en el material de pared donde la mezcla contenía una mayor proporción de maltodextrina (MA-GA). En algunos estudios donde se ha encapsulado compuestos fenólicos, la maltodextrina provee mayor encapsulamiento y estabilidad frente a la goma arábica (Ferrari et al., 2013).

Los valores de actividad antioxidante de este estudio fueron mayores a los reportados por Gomes et al., (2014), quienes encontraron 6.43  $\mu$ M Trolox/g PS en miroencapsulados de jugo de sandía rico en licopeno, mientras que en este estudio se encontró una máxima actividad de 6.47 y 13.08  $\mu$ M Trolox/g PS para DPPH y ABTS<sup>•+</sup> respectivamente. La actividad antioxidante de los encapsulados de tomate aumentó en un máximo de 2.44 para DPPH y 4.38 para ABTS<sup>•+</sup>, respecto al jugo de tomate. El incremento de licopeno,  $\beta$ -caroteno y por lo tanto la actividad antioxidante en los encapsulados de tomate, es favorable debido a que hacen de estos encapsulados una fuente importante de antioxidantes. Dado que el licopeno y  $\beta$ -caroteno son considerados compuestos bioactivos capaces de contribuir a la salud de los consumidores por su elevada actividad antioxidante frente agentes oxidantes (Rosales et al., 2011; Ilahy et al., 2011; Oroian y Escriche, 2015).



**Figura 2. Actividad antioxidante (A.A.) de los encapsulados de tomate frente a los radicales DPPH y ABTS<sup>•+</sup>.**

## CONCLUSIONES

El proceso de encapsulación de jugo de tomate dio como resultado un aumento y protección del licopeno,  $\beta$ -caroteno y de la actividad antioxidante en comparación con el jugo de tomate inicial. La mezcla de polímeros MA-GA (3:1), fue la más eficiente para encapsular jugo de tomate dado que la

mayor proporción de maltodextrina permitió mayor protección de licopeno y  $\beta$ -caroteno y posiblemente compuestos fenólicos. Debido a esto los encapsulados del tratamiento MA-GA-jugo de tomate mostraron una mayor actividad antioxidante frente a la decoloración de los radicales DPPH y ABTS\*+.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Brand-Williams W; Cuvelier ME; Berset, CLWT (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.

Chiu YT; Chiu CP; Chien JT; Ho GH; Yang J; Chen BH (2007). Encapsulation of lycopene extract from tomato pulp waste with gelatin and poly ( $\gamma$ -glutamic acid) as carrier. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(13), 5123-5130.

Ferrari CC; Marconi GSP; Alvim ID; de Aguirre JM (2013). Storage stability of spray-dried blackberry powder produced with maltodextrin or gum arabic. *Drying Technology*, 31(4), 470-478.

Gomes FS; Cabral LMC; Campos SCM; de Janeiro R (2014). Lycopene content and antioxidant capacity of watermelon powder. *Proc. Intlrd Is on Human Health Effects of Fruits and Vegetables*, 1, 05.

Goula AM; Adamopoulos KG (2005). Stability of lycopene during spray drying of tomato pulp. *LWT-Food Science and Technology*, 38(5), 479-487.

Gul K; Tak A; Singh AK; Singh P; Yousuf B; Wani AA (2015). Chemistry, encapsulation, and health benefits of  $\beta$ -carotene-A review. *Cogent Food & Agriculture*, 1(1), 1018696.

Ilahy R; Hdider C; Lenucci MS; Tlili I; Dalessandro G (2011). Phytochemical composition and antioxidant activity of high-lycopene tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars grown in Southern Italy. *Scientia Horticulturae*, 127(3), 255-261.

Kong KW; Ismail A; Tan CP; Rajab NF (2010). Optimization of oven drying conditions for lycopene content and lipophilic antioxidant capacity in a by-product of the pink guava puree industry using response surface methodology. *LWT-Food Science and Technology*, 43(5), 729-735.

Naranjo RDDP; Otaiza S; Saragusti AC; Baroni V; Carranza ADV; Peralta IE; Valle EM; Carrari F; Asis R (2016). Hydrophilic antioxidants from Andean Tomato Landraces assessed by their bioactivities in vitro and in vivo. *Food chemistry*, 206, 146-155.

Oberoi DPS; Sogi DS (2015). Effect of drying methods and maltodextrin concentration on pigment content of watermelon juice powder. *Journal of Food Engineering*, 165, 172-178.

Oroian M; Escriche I (2015). Antioxidants: characterization, natural sources, extraction and analysis. *Food Research International*, 74, 10-36. Painsi, M., Aliakbarian, B., Casazza, A. A., Lagazzo, A., Botter, R., & Perego, P. (2015). Microencapsulation of phenolic compounds from olive pomace using spray drying: a study of operative parameters. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 177-186.

Quek SY; Chok NK; Swedlund P (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 46(5), 386-392.

Re R; Pellegrini N; Proteggente A; Pannala A; Yang M; Rice-Evans C (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26(9), 1231-1237.

Raffo A; La Malfa G; Fogliano V; Maiani G; Quaglia G (2006). Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1). *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(1), 11-19.

Rosales MA; Cervilla LM; Sánchez-Rodríguez E; Rubio-Wilhelmi MDM; Blasco B; Ríos JJ; Ruiz JM (2011). The effect of environmental conditions on nutritional quality of cherry tomato fruits: evaluation of two experimental Mediterranean greenhouses. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(1), 152-162.

Tolun A; Altintas Z; Artik N (2016). Microencapsulation of grape polyphenols using maltodextrin and gum arabic as two alternative coating materials: Development and characterization. *Journal of Biotechnology*, 239, 23-33.

Tuyen CK; Nguyen MH; Roach PD; Stathopoulos CE (2014). Microencapsulation of Gac oil: Optimisation of spray drying conditions using response surface methodology. *Powder Technology*, 264, 298-309.

Vinha AF; Alves RC; Barreira SV; Castro A; Costa AS; Oliveira MBP (2014). Effect of peel and seed removal on the nutritional value and antioxidant activity of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruits. *LWT-Food Science and Technology*, 55(1), 197-202.

## **EVALUACIÓN TÉCNICO Y ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE ARÁNDANOS FRESCOS EN GUANAJUATO**

Sánchez Zepeda María Fernanda<sup>1</sup>; Vega Álvarez Luz María<sup>1</sup>; Juárez Rodríguez Verónica Melisa<sup>1</sup>; Vázquez Álvarez Lizbeth Berenice<sup>1</sup>; Figueroa Rivera María Guadalupe<sup>1</sup>; Durán Hernández Nabor<sup>1</sup>.

1. Instituto Tecnológico Roque Extensión Apaseo el Alto Guanajuato.  
Email: mfaerry02@hotmail.es

La industria mexicana del arándano es relativamente nueva y se está convirtiendo en un actor importante de la producción mundial. Está experimentando un gran impulso dado principalmente por las ventajas comparativas y competitivas que ofrece para la producción de este cultivo. Ante la necesidad de mejorar la productividad de esta especie en el occidente mexicano, la presente investigación tuvo lugar. Para este fin el efecto de la fecha e intensidad de poda fueron evaluados en la variedad *Prunus domestica* (Wild Plum), bajo condiciones de crecimiento continuo y en sistema de producción sin reposo en el municipio de Aseo el Alto Guanajuato. En una plantación de 2 años efectuándose en campos productores de Michoacán, realizándose podas en el primer y segundo verano después de la cosecha, se realizaron seis intensidades de poda: despunte eliminando 10, 20, 30 y 50% del material vegetativo, poda regional (Apaseo el Alto) (despunte ligero + aclareo de cañas) y plantas sin poda. El periodo de flor a fruto de 97 días se observó en las plantas no podadas. A partir de la primera semana de marzo disminuyó significativamente la producción de brotes y frutos. Disminuyó también el crecimiento vegetativo y la producción de frutos al retrasarse la fecha de poda.

Palabras clave: arándano, arbusto, producción forzada, México.

## **PENSAMIENTO CRÍTICO EN LA FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION Y LAS COMUNICACIONES**

Soraya Yenile Sánchez Chavita<sup>1</sup>, Dra. Claudia Liliana Sánchez Sáenz<sup>2</sup>, Li. María Eugenia Gallardo<sup>3</sup>, Dra. Blanca Cecilia López<sup>4</sup>.

Instituto Tecnológico de Roque. [sorayithasanchez@gmail.com](mailto:sorayithasanchez@gmail.com)

<sup>1</sup>Licenciatura en Informática y Tecnología (UPTC) de intercambio en el ITR

*Palabras Claves: Estrategias Didácticas, Conocimiento, Pensamiento Crítico.*

### **INTRODUCCIÓN**

Se propone conocer el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de primeros semestres de Ingeniería en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones del Instituto Tecnológico de Roque y estudiantes de la Ingeniería en sistemas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Es común que los Ingenieros no desarrollan ciertas habilidades del lenguaje, en este caso el pensamiento crítico. Esto es evidente porque los ingenieros se enfocan en áreas determinadas de la malla curricular. Por lo tanto, el presente proyecto se desenvuelve con base en el desarrollo o refuerzo del pensamiento crítico en el ámbito de la educación universitaria. Para el desarrollo del proyecto se aplicarán encuestas con el objetivo de analizar el pensamiento crítico de la población, lo anterior utilizando la plataforma para el desarrollo de contenidos en relación con la temática. El objetivo final del estudio con los estudiantes de las dos universidades, es la realización de un estudio de caso en comparación para saber cómo se está enfocando el desarrollo del pensamiento crítico en los estudiantes, y qué estrategias didácticas y/o pedagógicas pueden utilizar los docentes para abordar esta temática. **CONCLUSIONES:** Identificar las herramientas que ayuden a mejorar el desarrollo del pensamiento crítico en los estudiantes de ingeniería de las dos universidades, debido a que siempre hay que formar seres pensantes y críticos en cuanto a su propio entorno social.

### **REFERENCIAS**

Elder-Linda; Paul-Richard (2003). La mini-guía para el Pensamiento crítico Conceptos y herramientas. Fundación para el Pensamiento Crítico.

## COMO MEJORAR LAS PRÁCTICAS EDUCATIVAS EN LA LICENCIATURA EN INFORMÁTICA Y TECNOLOGÍA.

Diego Alejandro Molina Sosa <sup>1</sup>, Mg. Frey Alfonso Santamaría Buitrago<sup>2</sup>, PhD(c). Jimmy Yordany Ardila Muñoz<sup>3</sup>, Dra. Blanca López<sup>4</sup>, Li. María Gallardo<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Estudiante de la Licenciatura en Informática y Tecnología (UPTC) de intercambio en el ITR; <sup>4,5</sup> Docentes de la Ingeniería de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (ITR - México)

*Palabras clave: Educación, Redes de computadoras, enseñanza, aprendizaje.*

### Resumen

La Licenciatura en Informática y Tecnología de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) desea mejorar las prácticas educativas que faciliten el aprendizaje de los contenidos incluidos en la asignatura de Redes de Computadoras; área de relevancia en el plan de estudios del programa académico y en el mercado laboral de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Para tal fin, se pretende identificar y analizar la relación enseñanza-aprendizaje que se realiza en el Instituto Tecnológico de Roque (ITR), con ello se busca reconocer buenas prácticas educativas de formación, que puedan ser aplicadas en la Licenciatura en Informática y Tecnología de la UPTC. Como enfoque metodológico se empleará un estudio cualitativo, de carácter interpretativo, en el que se buscará obtener las percepciones de los estudiantes del ITR respecto a la relación enseñanza-aprendizaje del curso de Redes de Computadoras. Algunos de los aspectos a indagar desde la perspectiva del estudiante son: 1) la importancia de los temas; 2) el nivel de profundidad con el que se desarrollan los contenidos; 3) el alcance de los contenidos; 4) las fortalezas y debilidades de la relación enseñanza-aprendizaje y, 5) los temas que despiertan mayor interés en los estudiantes. Como resultado de investigación se espera obtener un conjunto de buenas prácticas en el ITR, que conlleven a establecer en la UPTC una potencial estrategia didáctica que aporte al desarrollo de ambientes educativos teórico-prácticos, en el área de las redes de computadoras. De igual forma, se espera aplicar los mismos instrumentos en los estudiantes de la UPTC, con el fin de realizar un estudio de carácter comparativo que permita hallar convergencias, divergencias y complementariedades entre los dos grupos de estudiantes y a partir de un amplio grupo de perspectivas se erija una propuesta formativa basada en los intereses y necesidades estudiantiles.

ANENBAUM, A. S. (2003). *Redes de computadoras (Cuarta edición)*. Editorial PEARSON EDUCACIÓN, México.



## **CALIDAD FISIOLÓGICA Y COMPOSICIÓN POLIFENÓLICA DE TRES VARIEDADES DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.)**

Mendoza-Sánchez, M. de J<sup>1</sup>., Ramírez-Pimentel, J. G<sup>1</sup>., Mendoza-Sánchez, M<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Roque, Posgrado en Ciencias en Producción Agroalimentaria, ITR. Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Gto.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Química, UAQ. Centro Universitario, Cerro de las Campanas s/n, Querétaro, Qro.

### **RESUMEN**

En el presente trabajo se evaluaron algunas de las características de calidad fisiológica y polifenólica de tres variedades de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) con la finalidad de establecer los primeros parámetros de selección de una de las variedades con las mejores cualidades agronómicas y nutraceuticas para estudios posteriores. Para las variedades Blanoro, Blanco Sinaloa 92 y Patrón, se evaluaron características como calibre y densidad aparente de la semilla y porcentaje de absorción de agua, así como también se evaluó el contenido de compuestos fenólicos totales y la actividad antioxidante de los extractos metanólicos de estas variedades.

### **SUMMARY**

At the present work some physiological and polyphenolic characteristics were evaluated of three varieties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in order to establish the first parameters selection of one of the varieties with the best agronomic and nutraceutical qualities for future studies. For the varieties Blanoro, Blanco Sinaloa 92 and Patrón, characteristics such as caliber and apparent density of the seed and percentage of water absorption were evaluated, as well as the content of total phenolic compounds and the antioxidant activity of the methanolic extracts of these Varieties.

**KEY WORDS:** semilla de garbanzo (*Cicer arietinum* L.), calidad fisiológica, fenoles totales.

### **INTRODUCCIÓN**

Entre las leguminosas de grano seco, el garbanzo ocupa el segundo lugar en importancia en el mundo (SIAP, 2011).. México figura entre los productores y exportadores más importantes; en el país es la segunda leguminosa en importancia después del frijol (Morales y col., 2004). El garbanzo es una fuente importante de proteínas y carbohidratos. El 80 % del peso seco del grano está constituido por carbohidratos (66.3 %) y proteínas (22 %) principalmente. Otros compuestos importantes del garbanzo son lípidos poliinsaturados (5 %), fibra (3 %) minerales y compuestos bioactivos, como ácidos fenólicos, flavonoides, fitoesteroles y carotenoides (Jukanti y col., 2012). Resulta interesante conocer la calidad fisiológica de la semilla de garbanzo así como su composición polifenólica como una medida comparativa para la selección de una variedad que presente mejores cualidades en referencia a estos parámetros medidos (Martón y col., 2010).. Por lo anterior el objetivo del presente fue evaluar la calidad fisiológica de tres variedades de garbanzo y su composición polifenólica.

## MATERIALES Y METODOS

### Material vegetal

Se analizaron tres variedades de garbanzo (*Cicer arietinum L.*), dos tipo Kabuli, las cuales fueron Blanoro y Blanco Sinaloa 92 (variedades comerciales) y una tipo desi conocida como Patrón. Los materiales fueron proporcionados por el posgrado de la facultad de química de la Universidad Autónoma de Querétaro.

### Tamaño de la semilla

Se midió largo, ancho y espesor de 25 semillas tomadas al azar. Se empleó una regla flexible. El resultado se realizó por triplicado y los resultados se expresaron como la media  $\pm$  la desviación estándar.

### Peso de 1000 semillas

Se tomaron 1000 semillas al azar y se pesaron en una balanza. La medición se realizó por triplicado y los resultados obtenidos se expresaron como la media  $\pm$  la desviación estándar.

### Peso hectolitrico (densidad aparente)

El peso hectolitrico es una forma de medir la densidad de la semilla y es utilizada como una medida de calidad de esta. Para la obtención de esta medida se llena un recipiente de volumen conocido. El peso hectolitrico se obtiene al relacionar el volumen del recipiente con el peso de la semilla y posteriormente relacionarlo con un volumen de 100 L. las mediciones se realizaron por triplicado.

### Capacidad de absorción de agua

Se pesaron 10 g de muestra las cuales se colocaron en matraces de 250 ml, se agregó agua hasta tener una relación 1:5 (semilla: agua) a una temperatura entre 22- 26 °C. las mediciones se realizaron por triplicado a los 0, 10, 30, 60, 120, 180, 240 y 300 minutos. El porcentaje se calcula por diferencia de peso entre la semilla húmeda y la semilla seca.

### Calibre del grano

Se contó el número de semillas de garbanzo contenidas en 30 g de muestra, utilizando una balanza analítica. El garbanzo mejor aceptado en el mercado de exportación es aquel que contiene de 40 a 50 semillas por cada 30 g. la medición del calibre se realizó por triplicado.

### Fenoles totales y capacidad antioxidante

#### Preparación de los extractos

Para la determinación de fenoles totales, se pesan 5 mg de muestra se disuelve en 1 ml de agua destilada (solución A). se tomas 100  $\mu$ l de la solución A y se le adicionan 900  $\mu$ l de agua destilada (solución B).

Para los extractos fenólicos, necesarios en la determinación de actividad antioxidante

La determinación de fenoles totales se llevó a cabo mediante el método de Folin-Ciocalteu con la elaboración previa de una curva de calibración con ácido gálico. Las mediciones se realizaron por triplicado a una longitud de onda de 760 nm y se expresaron como la media  $\pm$  la desviación estándar. Los resultados se expresaron en mg equivalentes de ácido gálico.

La actividad antioxidante de los extractos de las variedades de garbanzo se llevó a cabo mediante las técnicas con el radical ABTS<sup>•+</sup> y DPPH (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-ácido sulfónico) y 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazilo respectivamente) a 734 y 520 nm.

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al medir tamaño y homogeneidad de las variedades de garbanzo no se observa una diferencia considerable entre las variedades comerciales Blanoro y Blanco Sinaloa 92, ambas presentan una buena aceptación en el calibre de la semilla siendo el mínimo de 8 mm, ambas variedades son superiores.

Tabla 1. Tamaño y homogeneidad de las tres variedades de garbanzo (*Cicer arietinum L.*). Los resultados están expresados como la media  $\pm$  la desviación estándar.

(cm)	LARGO	ANCHO	ESPESOR
BLANORO	1.21 $\pm$ 0.05	0.94 $\pm$ 0.20	0.84 $\pm$ 0.01
BLANCO SINALOA 92	1.12 $\pm$ 0.015	0.835 $\pm$ 0.010	0.833 $\pm$ 0.030
PATRON	0.844 $\pm$ 0.0057	0.546 $\pm$ 0.01	0.569 $\pm$ 0.014

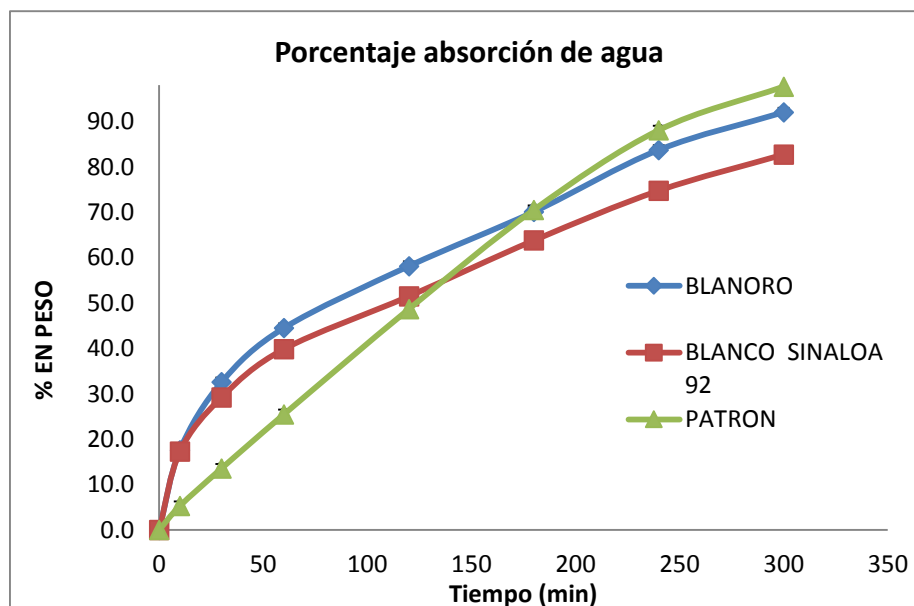
Las normas que exige el mercado de exportación indican que las variedades deben tener un grano de color crema claro a blanco, una rugosidad donde se observen costillas bien definidas, un calibre del grano en un rango de 40-42 hasta 50-52 semillas por 30 gramos. El calibre de a semilla para las variedades comerciales tipo kabuli, Blanoro y Blanco Sinaloa 92, se encontraron dentro de los estándares establecidos de aceptabilidad con un calibre de 46 y 40 semillas por cada 30 g respectivamente (la variedad patrón es del tipo desi, la medición realizada se tomó solo como una referencia)

Tabla 2. Parámetros de calidad de las tres variedades de garbanzo (*Cicer arietinum L.*). Los resultados están expresados como la media  $\pm$  la desviación estándar.

(g)	BLANORO	BLANCO SINALOA 92	PATRÓN
PESO DE 1000 SEMILLAS	599.8 $\pm$ 13.19	709.6 $\pm$ 7.35	221.1 $\pm$ 3.98
PESO HECTOLITRICO	46.36 $\pm$ 0.28	80.36 $\pm$ 2.21	88.44 $\pm$ 1.59
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA (5h)	92.02 $\pm$ 3.23	82.72 $\pm$ 2.88	97.68 $\pm$ 3.85
CALIBRE DE LA SEMILLA	46.33 $\pm$ 0.57	40	162.66 $\pm$ 3.21

La capacidad o porcentaje de retención de agua está involucrado como un parámetro de calidad de la semilla, que es importante a tomar en cuenta al momento de la germinación de la misma. La variedad forrajera Patón, fue la que tuvo un porcentaje de retención de agua mayor en un menor tiempo (de 88 % en 4 h) seguido de la variedad comercial Blanoro con un 84 % de agua retenida en 4 h. Estos resultados se muestran significativos al momento de seleccionar estas variedades para trabajos futuros, tales como el estudio de la germinación en semillas de garbanzo.

Figura 1.- Porcentaje de retención de agua.



## CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS A FUTURO

La calidad fisiológica de una semilla, mediante una serie de análisis, permite conocer la calidad de las variedades que van a someterse a estudio. Permite comprobar lo que puede aportar dicha variedad sobre otras variedades.

El tamaño y la homogeneidad de la semilla son los parámetros más importantes en la selección de material. Son deseables tamaños grandes (tipo Kabuli) precisándose un calibre mínimo de 8 mm. El tamaño de la semilla es heredable aunque puede ser afectado por la localización, el clima y las enfermedades.

El presente trabajo tiene como objetivo seleccionar alguna de las tres variedades, aquella que presente las mejores características de calidad y nutraceuticas, para el posterior estudio de la germinación de dicha variedad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jukanti, A. K., Gaur, P. M., Gowda, C. L. L., & Chibbar, R. N. (2012). Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *British Journal of Nutrition*, 108(S1), S11-S26.
2. Marton, M., Mandoki, Z.S., Csapo, K.J., 2010. The role of sprouts in human nutrition. *Acta Univ. Sapientiae. Alimentaria*. 3, 81–117.
3. Morales-Gómez, J. A., Durón-Noriega, L. J. Martínez-Díaz, G., Nuñez-Moreno, J. H., y Fu-Castillo, A. A. (2004). Cultivo de garbanzo blanco en Sonora México: INIFAP-SAGARPA.
4. Romero Baranzini AL, Barrón Hoyos JM, Falcón Villa MR\* y Anduaga Cota R. (2014). "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD COMERCIAL Y TECNOLÓGICA DE VARIEDADES Y LÍNEAS AVANZADAS DE GARBANZO (*Cicer Arientinum* L.) COSECHADAS EN EL NOROESTE DE MÉXICO". Vol. XVI, No. 1. 7-14
5. SIAP, 2011. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. <http://www.siap.gob.mx>

## **MORFOLOGIA E INCIDENCIA DE BACTERIAS FITOPATÓGENAS AISLADAS EN CULTIVO DE AJO EN CELAYA, GUANAJUATO**

Martha Juana Navarro León<sup>1</sup>; Gabriel Ramírez Pimentel<sup>1</sup>; Luis Pérez Moreno<sup>2</sup>; Cesar Leobardo Aguirre Mancilla<sup>1</sup>; Ma. Fabiola León Galván<sup>2</sup>; Jorge Covarrubias Prieto<sup>1</sup>; Bertha Sánchez García<sup>1</sup>; Erika Cañada Coyote<sup>1</sup>; Francisco Xavier García Segovia<sup>2</sup>; Raya Pérez Juan Carlos<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Roque, carretera Celaya - Juventino Rosas Km. 8. Celaya., Gto. México. C. P. 38110. Autor responsable e-mail: juraya@itroque.edu.mx

<sup>2</sup> División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato –Salamanca, Universidad de Guanajuato. Ex Hacienda el Copal, Carretera Irapuato-Silao km. 9. Irapuato, Guanajuato, México. C.P. 36500.

### **RESUMEN**

El ajo en México es uno de los cultivos más rentables pero presenta una serie de problemas fitosanitarios entre los que destacan las bacterias para el ciclo otoño-invierno 2016-2017. Fueron observadas estrías amarillas en follaje de cultivo de ajo en el campo experimental de Instituto Tecnológico de Roque, en Celaya., Gto. México. Se aislaron siete diferentes tipos de bacterias, de las cuales se describió la morfología. De acuerdo con los resultados existe un complejo de bacterias que afectan follaje causando necrosamiento ascendente en la planta, si no es controlado llega a morir la planta ocasionando pérdidas del 100%. Este trabajo representa la primera comunicación científica referente a bacterias como patógeno causante de enfermedad en ajo en condiciones de producción en México.

Palabras clave: bacterias fitopatógenas, ajo, *Allium sativum*.

### **ABSTRACT**

Garlic in Mexico is one of the most profitable crops and has a number of plant health problems, among which are those caused by bacteria for the fall-winter cycle 2016-2017. Yellowish streaks were observed affecting garlic leaves culture in experimental field of Technological Institute of Roque, in Celaya, Guanajuato, Mexico. Seven different types of bacteria were isolated, of which the morphology was described. According to the results, there is a complex of bacteria that attack foliage causing necrosis ascending in the plant, if it is not controlled, it dies the plant causing 100% losses. This is the first report of scientific communication referring to bacteria as pathogen causing disease in garlic crops in the field in Mexico.

Key words: Phytopathogenic bacteria, garlic, *Allium sativum*.

## INTRODUCCIÓN

El ajo (*Allium sativum* L.) Es de las plantas más importantes cultivadas en el mundo. Ocupa el segundo lugar de las especies del género *Allium*, después de la cebolla (*Allium cepa* L.). México fue el sexto país exportador de ajo a nivel mundial después de China, Argentina, España, Holanda e India (FAOSTAT, 2012). La principal área productora de ajo en México se localiza en la parte centro-norte del país: Zacatecas con 2,660 has, Guanajuato 1,149 has, Sonora 385 has, Baja California 372 has y Puebla con 350 has (SIAP, 2016). La superficie de ajo en Guanajuato ha variado en los últimos años: 859 has, 419 has, 769 has y 1,149 has en los años 2013, 2014, 2015 y 2016, respectivamente (SIAP: 2013-2016). Las enfermedades más frecuentes en ajo son: mancha púrpura (*Alternaria porri*), podredumbre blanca (*Esclerotinia cepivora*), mildiu (*Peronospora destructor*), moho gris (*Botrytis spp*), pudrición blanca (*Sclerotium rolfsii*), roya (*Puccinia alli*), virosis, bacteriosis. Esta última es una podredumbre blanda causada por bacterias, muy común en otros vegetales y está distribuida en regiones cálidas y templadas donde se cultiva ajo y cebolla (Pérez *et al.*, 2004). En las plantas hospederas, la primera expresión de resistencia “inducida” por el patógeno es la reacción contra subsecuentes infecciones de patógenos, independientemente si son virus, bacterias u hongos. Esta respuesta es llamada resistencia sistémica adquirida; se refiere a distintas vías de transducción de señales que juegan un rol importante en la habilidad de la planta para defenderse contra los patógenos (Camarena-Gutiérrez y De la Torre-Almaráz, 2007).

Durante el ciclo otoño-invierno de 2016-2017 se observaron síntomas en las hojas senescentes o basales en el cultivo de ajo, un rayado lateral o rayado en ambos bordes de la hoja, alargados, llegando a abarcar de un 20 a un 50% del ancho de la hoja.

## OBJETIVO

Conocer la incidencia y la morfología que presentan las bacterias que atacan el cultivo del ajo, durante el ciclo otoño-invierno de 2016-2017 en Celaya, Guanajuato.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético de ajo:

Se formaron tres materiales de ajo de la variedad Taiwán: 1 (LPM), 2 (Tacáscuaro Sta. Anita), 3 (Incrementos ICA) con follaje aparentemente sano (asintomático).

Localización del Experimento y Ciclo de Cultivo.

La siembra de los ensayos en el campo experimental del Instituto Tecnológico Nacional de México, campus Celaya (ITR), se realizó el 29 de Septiembre de 2016. El ITR está ubicado geográficamente a 20° 31' 44" de latitud norte y 100° 48' 54" de longitud Oeste, con una altitud de 1,767 msnm. El ciclo de cultivo corresponde a otoño-invierno. La parcela total es de tres surcos, cada uno de 3 m de largo y 76 cm entre surcos, con dos hileras de plantas de ajo por surco, con separación de 10 cm entre hileras y 7

cm entre plantas. El manejo agronómico del cultivo se realizó de acuerdo a como lo hace el productor. Los riegos realizados se realizaron por gravedad cada 15 días. Se analizó la incidencia de bacterias (%) en cultivo de ajo. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con tres repeticiones. La comparación múltiple de medias se hizo con la prueba de Tukey  $P \leq 0.05$ .

Fechas de evaluación y colectas:

La detección de bacterias se realizó en una fecha de muestreo de follaje, que se llevó a cabo a los 137 días después de la siembra (dds); se colectó una hoja de cada una de las plantas que presentaban daño por bacterias de la parcela experimental, estos podrán ser plantas de ajo con síntomas presuntivos de bacteriosis, tales como: 1) necrosamiento en punta de follaje, 2) rayado lateral y 3) rayado en ambos lados (bordes) de la hoja (Figura 1A), así como dos plantas aparentemente sanas (asintomáticas). El número de muestras totales colectadas fue de 32, ya que por cada uno de los síntomas se tomaron 10 muestras. Una vez colectadas las muestras, se colocaron en bolsas de plástico y se mantuvieron en refrigeración (4°C) hasta el momento de su procesamiento. La incidencia se evaluó en dos fechas: a los 62 y 139 dds.

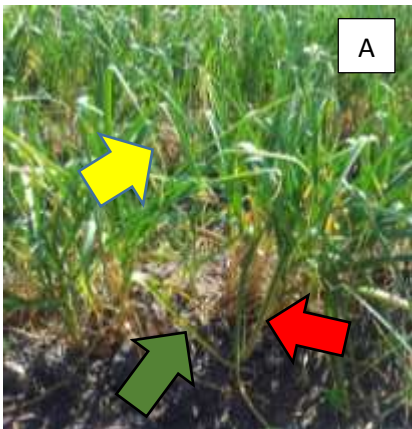


Figura 1A. Plantas con síntomas de bacteriosis: rayado lateral en hoja (indicado con flecha color café); rayado en ambos bordes de la hoja (flecha roja) y necrosis en punta (flecha amarilla). 1B. Plantas de ajo con incidencia alta de síntomas de bacterias.



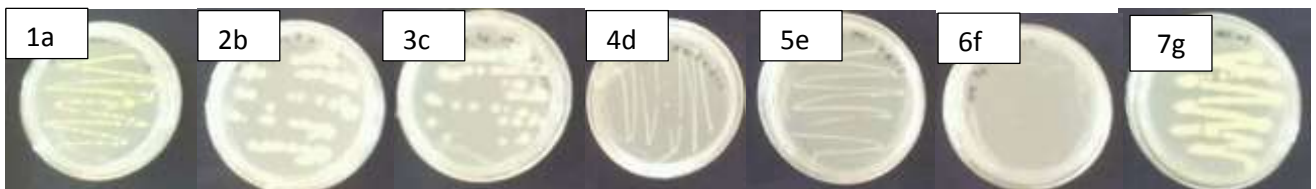
Procesamiento de las muestras:

Se realizó en el Laboratorio de Biología molecular en el Instituto Tecnológico de Roque, Celaya., Gto. Se evaluó la presencia de bacterias en ajo, para lo cual se utilizó la técnica de aislamiento en medio de cultivo PDA con incubación de 19 horas, posteriormente se realizó estría cruzada y finalmente la purificación de las cepas de colonias de bacterias presentes en cada muestra. De donde se describió la morfología de las bacterias identificadas (Figura 2) y se realizó la tinción de Gram (Figura 3).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Aislamiento

En medio agar nutritivo papa dextrosa se observaron a las 19 horas de crecimiento, colonias de diferente forma, tamaño, color, elevación y aspecto. De esta información se describieron las características morfológicas de cada una de las diferentes colonias obtenidas a partir de los diferentes síntomas (Figura 2, Cuadro 1).



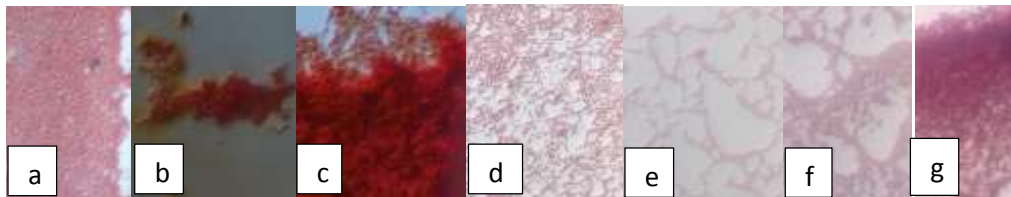
**Figura 2.** Imágenes de la morfología descrita, representativas de los resultados para cada aislamiento de bacterias en las muestras procesadas (Cuadro1).

**Cuadro 1.** Varios tipos de bacterias aisladas en ITR, de donde se obtuvo la cepa pura para las siguientes descripciones morfológicas:

Cepa	Color	Forma	Diámetro	Elevación	Aspecto
a	Amarillo fuerte	circular	1.5mm	Central ligera	cremoso liso brillante
b	translúcida	redonda	4.5-5mm	Central	mucoide filamentoso
c	translúcida	redonda	4.5-5mm	Central	mucoide filamentoso
d	fluorescente	circular	1.0 mm	Ligera	traslúcido
e	fluorescente	circular	1.0 mm	Ligera	traslúcido
f	blanco	circular	1-1.5mm	Central	traslúcido azulado
g	blanco ostión	circular	3.0 mm	Central	mucoide filamentoso

Las letras a-g corresponden a la cepa (Cuadro 1), la morfología (Figura 2, Cuadro 2) y la forma de la bacteria al observarla en el microscopio invertido (Figura 3).

Luego de la tinción de gram se observó en un microscopio invertido de la marca FLATRON W2043S la forma de las bacterias aisladas con aumento óptico de 60x 1.6x, obteniendo los siguientes resultados (Figura 3).



**Figura 3.** Se encontraron cocos gram negativo (a); además de bacilos gran negativos (b-g). La colonia de las bacterias identificadas como “b” y “c” forman una biopelícula en la superficie de estas.

La bacteria que se presentó con mayor frecuencia fue la que se describió con morfología “b”, con 7/10 plantas en la punta de la hoja y 6/10 en rayado por un borde y en ambos bordes del follaje; seguida por la “f” con 7/10 plantas con síntomas de rayado de un borde, 3/10 plantas en punta de hoja y 1/10 plantas en rayado de ambos bordes de hoja; con 3/10 plantas la cepa “e” en punta y rayado de ambos lados en hoja y 1/10 plantas en rayado de un borde; la cepa “d” con 3/10 plantas en rayado por un lado y 1/10 plantas en rayado de ambos bordes de la hoja; la cepa “c” con 2/10 plantas en rayado por dos bordes y 1/10 plantas en punta de hoja; finalmente, la cepa “a” en 1/10 plantas con síntomas de rayado de un borde y de dos bordes de la hoja de la planta de ajo (Cuadro 2).

Después de la siembra del tejido vegetal de cada síntoma en medio PDA, se observó el crecimiento de las colonias a las 19 horas y se obtuvieron los siguientes resultados (Cuadro 2).

Cuadro 2. Muestra el síntoma de la bacteria (Rayado 1 es en un solo borde y Rayado 2 en los dos bordes de la hoja de ajo) y la cantidad de colonias que se aislaron, así como la morfología.

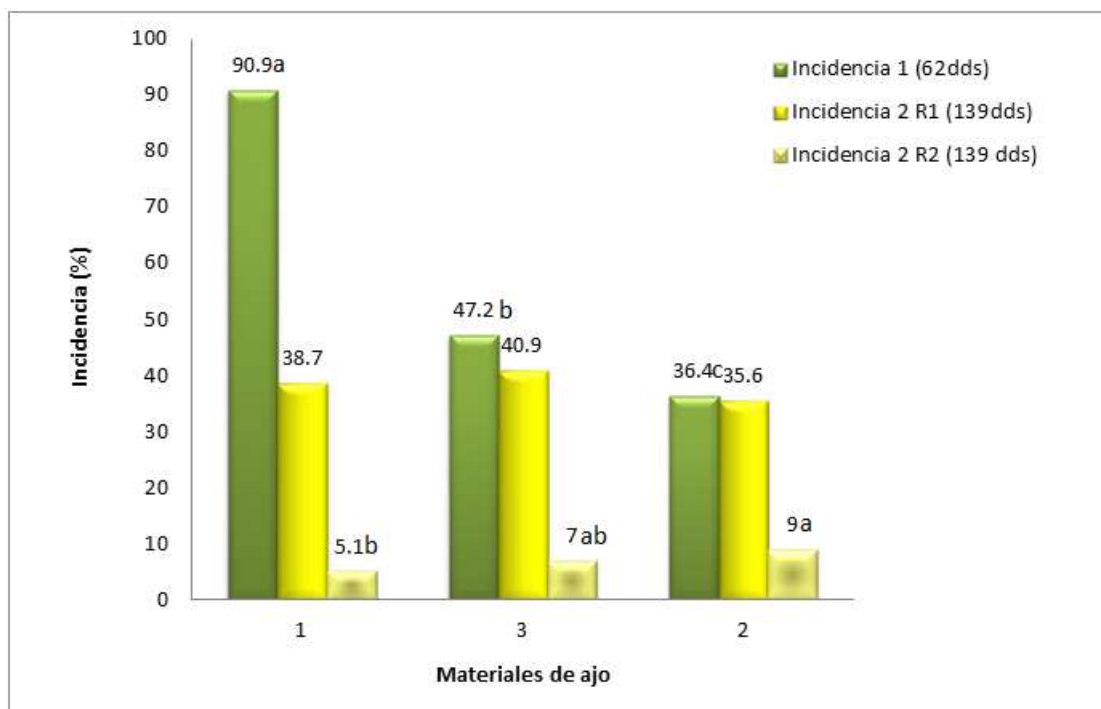
Muestra síntoma No. colonia Morfología síntoma No. colonia Morfología síntoma No. Colonia Morfología

1	Punta	2	c, f	Rayado 1	2	b, f	Rayado 2	1	f
2	Punta	2	b, e	Rayado 1	1	b	Rayado 2	2	a, c
3	Punta	1	b	Rayado 1	1	b	Rayado 2	1	b
4	Punta	1	e	Rayado 1	2	b, d	Rayado 2	1	b
5	Punta	1	b	Rayado 1	2	d, f	Rayado 2	2	b, e
6	Punta	2	b, f	Rayado 1	1	d	Rayado 2	1	b
7	Punta	2	b	Rayado 1	2	b, f	Rayado 2	1	b
8	Punta	1	b	Rayado 1	2	e, f	Rayado 2	1	e
9	Punta	1	e	Rayado 1	1	f	Rayado 2	1	e
10	Punta	2	b, f	Rayado 1	2	b, a	Rayado 2	3	b,c,d

Las letras a-g corresponden a la cepa (Cuadro 1), la morfología (Figura 2, Cuadro 2) y la forma de la bacteria al observarla en el microscopio invertido (Figura 3).

La incidencia 1 se contó a los 62 días después de la siembra (dds), presentó alta significancia para los materiales con 90.9a, 47.2b, 36.46c para los materiales 1 (LPM), 3 (Incrementos ICA) y 2 (Tacáscuaro Sta. Anita), respectivamente. Para la incidencia 2 R1 (rayado de un borde) a los 139 dds fueron estadísticamente igual los materiales de ajo; en cambio para incidencia 2 R2 (rayado de dos bordes en

hoja de ajo) hubo significancia con 9.0a, 7.0ab y 5.1b para los materiales 2 (Tacáscuaro Sta. Anita), 3 (Incrementos ICA) y 1 (LPM), respectivamente. La separación de medias por tukey se muestra en la figura 4:



**Figura 4.** Incidencia 1 a los 62 días después de la siembra (dds), incidencia 2 de R1 (rayado de un borde de hoja) y R2 (rayado de ambos bordes de hoja) en cultivo de ajo a los 139 dds en cultivo de ajo durante el ciclo otoño-invierno de 2016-2017 en Roque, Celaya., Gto.

En México solamente se aislaron bacterias como *Salmonella* en cultivo de nopal verdura que tiene la característica y capacidad para formar biopelículas. Estas estructuras pueden convertirse en focos de contaminación en la producción de alimentos inocuos, ya que resisten tratamientos con antimicrobianos (Mora *et al.*, 2012), tal como se encontraron dos cepas de bacterias con esta característica en el presente trabajo. No fueron encontrados antecedentes sobre cual/es de estas especies de bacterias fitopatógenas están presentes en cultivo de ajo, por lo que la información obtenida se usará para estudios posteriores.

## CONCLUSIONES

Las bacterias aisladas de plantas enfermas de ajo fueron siete, las cuales fueron descritas morfológicamente. Presentó alta incidencia con 90% a los 62 dds en el material 1 (LPM) y posteriormente a los 139 dds disminuyó a 43.8 %; para el material 2 (Tacáscuaro Sta. Anita) de 36.4c incremento a 43.8% y finalmente en el material 3 (Incrementos ICA) de 47.2b incrementó a 47.9% a los

62 y 139 dds, respectivamente. Lo anterior se atribuye a la aplicación de humus de lombriz y concentrado de extractos naturales, además de la resistencia sistémica adquirida que genera la planta en presencia de patógenos; ya que en diferentes ciclos de cultivo de ajo varía la presencia de enfermedades dependiendo de la calidad de la semilla, del tipo de suelo y de las condiciones ambientales que se presentan.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Camarena-Gutiérrez, G y De la Torre-Almaráz, R. 2007. Resistencia sistémica adquirida en plantas: estado actual. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 13(2):157-162. (Consultado en línea el 20/03/2017 a las 23:45 horas).

FAOSTAT (2012). Statistics Division. Food and Agriculture Organization. <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx> Florida, USA. (Consultado en línea el 22/02/2017).

Mora Aguilera, G; Bernard Luchansky, J; De los Santos Villamil, A, A; Hernández Anguiano, A, M; Eslava Campos, C, A; Landa Salgado, P. (2012). Producción de biopelículas y resistencia a desinfectantes en cepas de Salmonella aisladas de nopal, agua y suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3(6):1063-1074. Recuperado de <http://148.215.2.10/articulo.oa?id=263123222001>

Pérez Faggiani E., Silvera Pérez E., Gepp Ward V. (2004). *Pseudomonas viridiflava* (burkholder) dowson: agente causal de manchas necróticas en hojas de cebolla y ajo (*Allium spp.*) en Uruguay. *Agrociencia*. Vol. VIII No.2 p. 33-38.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2013-2016. Con información de las Delegaciones de la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). Consultada en línea el 5 de febrero de 2016. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx>

## **CONTROL BIOLÓGICO DEL QUEMADO DE LAS PUNTAS DE LAS HOJAS *Alternaria* spp EN EL CULTIVO DE AJO (*Allium sativum* L.).**

Mario Zavala García<sup>1</sup>; Jorge Covarrubias Prieto<sup>1</sup>; Elena Heredia García<sup>2</sup>; Juan Carlos Raya Pérez<sup>1</sup>; Víctor Olalde Portugal<sup>3</sup>

1. 38040, Celaya Guanajuato México. Instituto Tecnológico Nacional de México área de Posgrado. 15980987@itroque.edu.mx
2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
3. Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV)

### **RESUMEN**

En este estudio se evaluó la eficiencia y el efecto sinérgico de tres bioactivos de tres fungicidas biológicos (Trichomic, Promobac, Blite free) Los bioactivos de cada producto fueron, (*Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis* y *Streptomyces* spp respectivamente) para el control del agente causal de las puntas quemadas de las hojas del cultivo de ajo *Alternaria* spp. El presente ensayo se realizó en el laboratorio de fitopatología en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Este centro de investigación se encuentra localizado a una altitud de 1764 metros sobre el nivel del mar, a los 20° 31' latitud norte y 100° 49' longitud oeste; cuenta con una precipitación pluvial anual que oscila entre los 600 y 800 milímetros, una temperatura media anual que fluctúa entre los 18 y 20°C y su clima según el sistema de clasificación de climas Köppen modificado por (García, 1975) es semicálido, subhúmedo BS y C (Wo) predominante. Dicho patógeno fue aislado de plantas enfermas de campo; las condiciones durante el ciclo del cultivo fueron de alta humedad relativa provocando una alta incidencia y severidad de la enfermedad en las hojas de ajo Se realizó la evaluación *in vitro* para la confrontación en cultivo dual antagonistas vs patógeno esta evaluación manifestó que los tres agentes de control biológico (ACB) se comportaron con un buen nivel antagonístico en condiciones controladas contra *Alternaria* spp.

**Palabras clave:** *biofungicidas, agente de control biológico, antagonismo.*

### **ABSTRACT**

In this study the efficiency and synergistic effect of three bioactive agents of three biological fungicides (Trichomic, Promobac, Blite free) were evaluated. The bioactives of each product were: (*Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis* and *Streptomyces* spp respectively) for the control of causal agent of the burnt tips of the leaves in the garlic crop *Alternaria* spp. The present study was accomplished in the laboratory of phytopathology located into the Bajío Experimental Field (CEBAJ), of the National Institute of Agricultural and Livestock Forestry Research (INIFAP). This research center is located at an altitude of 1764 meters above sea level, at 20 ° 31 'north latitude and 100 ° 49' west longitude; Has an annual rainfall ranging between 600 and 800 millimeters, an average annual temperature that fluctuates between 18 and 20 ° C and its climate according to the Köppen climate classification system modified by (García, 1975) is semi-warm, sub-humid BS and C (Wo). Said pathogen was isolated from diseased field plants; Conditions during the crop cycle were of high relative humidity causing a high incidence and severity of the disease in garlic leaves. *In vitro* evaluation was performed for the dual culture

antagonist vs. pathogen antagonists. This evaluation showed that the three biological control agent are effective for the control of *Alternaria* also ready for the next stage of evaluation in field.

**Key words:** *biofungicides, biological control agent, antagonism*

## INTRODUCCIÓN

El estado Guanajuato es uno de los principales productores de ajo, esta actividad es una fuente importante de empleos en zonas rurales, además de generar divisas para el país ya que se exporta el 30% de la producción a los EEUU, también trae beneficios económicos para dicha región. La producción de esta hortaliza es fuertemente afectada por enfermedades de origen biótico, principalmente por la presencia de hongos fitopatógenos, estos provocan que los rendimientos y la calidad disminuyan; el método de control más utilizado es el control químico, pero su mal uso genera que los costos de producción aumenten hasta un 30 %. Estos factores influyen en la disminución en la superficie sembrada en este estado (Delgadillo y Heredia 2000). El uso inadecuado de los fungicidas químicos, daña seriamente a la microflora benéfica, además ocasiona graves daños a la salud de los trabajadores de campo que están en contacto directo de estos pesticidas (Fernández y Juncosa, 2002;).

El ataque de hongos fitopatógenos en la parte aérea y las enfermedades de la raíz son de gran impacto en la producción agrícola. Las enfermedades foliares más importantes que afectan a las especies del género *Allium* son, *Alternaria* spp, *Stemphyllim* spp, *Peronospora* destructor y algunos virus. Los hongos pueden ocasionar síntomas de forma asociada o individual. Estos patógenos normalmente son dispersados por el aire, salpicaduras de agua, maquinaria, trabajadores o por la semilla (Agrios, 1995). Algunas enfermedades foliares como los tizones, manchas foliares, son persistentes durante todo el ciclo del cultivo de ajo, cuando las condiciones de clima son propicias, la fuente de inóculo está presente en los residuos de cosecha o en malezas que sirven de hospedero al patógeno. (Agrios, 1995; Alexopoulos *et al.*, 1996). El control biológico es una de las herramientas del Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE), este ha adquirido relevancia a partir de la preocupación de la preservación del ambiente y la inocuidad alimentaria (Daamen *et al.*, 1989). La forma natural de controlar las plagas es mucho mejor que el control químico no solo porque no daña el ambiente, sino porque es muy rentable. Se estima que representa un ahorro entre 15% y 50% que si se utilizan pesticidas. Así mismo, el costo de usar control biológico frente al control químico tiende a ser menor, debido a que los biocontroladores se mantienen en el campo, mientras que los pesticidas desarrollan plagas más resistentes, generando mayores gastos en aplicaciones (Fisher, 2012; Harris, 2001)

Diversas empresas que se dedican a la industrialización y venta de bioformulados se encuentran con diversos retos para poder colocar sus productos con los agricultores, ya que el éxito depende de muchos factores como el origen del microorganismo, la capacidad de adaptarse, a los distintos ambientes. Su capacidad de control, su tipo de formulación entre otros factores influyentes en su producción. Además de los factores que implican su almacenamiento modos y tiempos de aplicación dosis, cultivos temporada del año etc., (Fernández y Juncosa, 2002).

Muchos hongos y bacterias han demostrado buen potencial como bioformulados comerciales debido a su eficacia contra hongos fitopatógenos en condiciones de campo (Fravel, 2005). *Trichoderma* spp. Es uno de los más utilizados por ser un microorganismo antagónico a muchos fitopatógenos. Este tiene

varios modos de acción contra gomas nocivos como micoparasitismo, producción de varios compuestos antimicrobianos además de promover el crecimiento de las plantas y aumentar la defensa sistémica de las plantas (Singh y Islam, 2010). Especies de *Bacillus* tienen una amplia gama de actividades antimicrobiales y son utilizados como agentes antimicóticos. La actividad de control biológico de *Bacillus subtilis* contra hongos fitopatógenos han sido frecuentemente reportados en condiciones de laboratorio, invernaderos y en campo (Leelasuphakul *et al.*, 2008; Madhaiyan *et al.*, 2010).

El actinomiceto *Streptomyces* spp se reconoce en la industria farmacéutica porque sintetizan metabolitos tóxicos, tres cuartas partes de géneros y especies que viven en el suelo. *Streptomyces* liberan enzimas extracelulares que atacan bacterias verdaderas, tales enzimas son consideradas claves en el equilibrio microbiológico del suelo (Ezziyyani, 2004; Dairi, 1999).

El uso de ACB se orienta a mejorar la calidad sanitaria y eventualmente la inocuidad en la producción de alimentos, al reducir la presencia de residuos de plaguicidas. Es importante la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y su evaluación para que el agricultor tenga el conocimiento tanto de los alcances y las limitantes.

Debido a que es de suma importancia cuidar y preservar los recursos naturales y la salud de la población el control biológico una herramienta importante con futuro (Fernández y Juncosa, 2002).

## **OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar tres Agentes biológico para el control de *Alternaria* spp agente causal del quemado de las puntas de las hojas en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L.)

### **2.2. Objetivos específicos**

1. Evaluar tres ACB *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis*, *Streptomyces* spp., vs *Alternaria* spp in vitro
2. Identificar el agente causal del síntoma de las puntas quemadas de las hojas en el cultivo de ajo.

### **2.3. Hipótesis**

Los bioactivos de los fungicidas biológicos tienen efecto sobre el desarrollo de *Alternaria* spp.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Ubicación donde se realizó el experimento**

El presente ensayo se realizó dentro del Campo Experimental Bajío (CEBAJ), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Este centro de investigación se encuentra localizado a una altitud de 1764 metros sobre el nivel del mar, a los 20° 31' latitud norte y 100° 49'



longitud oeste; cuenta con una precipitación pluvial anual que oscila entre los 600 y 800 milímetros, una temperatura media anual que fluctúa entre los 18 y 20°C y su clima según el sistema de clasificación de climas Köppen modificado por (García, 1975) es semicálido, subhúmedo BS y C (Wo) predominante.

#### **Recolección del material enfermo y condiciones climatológicas**

Se colectó material vegetal enfermo proveniente de campo del lote número 3 del banco de germoplasma de ajo departamento de hortalizas, durante dos ciclos cultivo 2015 y 2016. Consistieron en hojas de plantas enfermas de ajo, con el síntoma de quemado de puntas de las hojas, el clima que se presentó durante el ciclo 2015- 2016, propicio una alta incidencia y severidad del síntoma debido a la presencia de condiciones de humedad relativa alta.

#### **Aislamiento y purificación e identificación del patógeno**

Para el aislamiento del patógeno, las plantas que provenientes del campo, primeramente se lavaron a chorro con agua corriente, posterior a esto con un bisturí esterilizado con llama de mechero de alcohol, se cortaron trozos de tejidos de hojas, bulbo y raíz de 0,5 cm<sup>2</sup> de tejido afectado que incluyó parte enferma y sana, la desinfección se realizó con solución diluida al 2 % de NaClO (55 g/l de Cl activo) por 3 minutos y se enjuagaron con agua destilada estéril; luego se colocaron en papel absorbente estéril para eliminar residuos de humedad de las muestras; posteriormente en la campana de flujo laminar se sembraron en medio de cultivo papa dextrosa-agar (PDA) cuatro cortes por cada placa Petri y se incubaron en la estufa de crecimiento microbiano a una temperatura de 26 ± 1°C hasta observar crecimiento micelial del hongo.

Para la purificación se re aisló al patógeno a partir de una porción de micelio que se tomó con una aguja de disección estéril y se colocó en el centro de placas petri con medio de cultivo PDA, se utilizó un microscopio compuesto de la marca Leica® para la identificación morfológico del agente causal para su clasificación a nivel de género; con el apoyo de la taxonomía expuesta por (Watanabe, 2010; Simmons, 1992). Se observó directamente los conidios, la disposición (conidios en cadena o aislados); forma y tamaño de los conidios. También se consideró el crecimiento del hongo en medio de cultivo, observando su forma, textura y color de la colonia.

#### **Obtención de inóculo puro de los bioactivos**

En un ambiente estéril dentro de campana de flujo laminar se tomó un mililitro de los tres productos comerciales y se colocaron en un pequeños vasos de precipitado, para tomar cerca de calor de mechero de alcohol 250 micro litro y se colocó al centro de la caja de con medio PDA, se dispersó sobre el medio con una varilla de cristal estéril Figura 1.



**Figura 1.** Aislamientos puros de los bioactivos comerciales evaluados y *Alternaria*

### **Evaluación del potencial antagónico de los bioactivos de los bioformulados comerciales vs *Alternaria* *in vitro***

Se realizaron confrontaciones duales en cajas de petri, de los microorganismos antagónicos, se utilizaron tres bioformulados comerciales, una vez realizados los montajes respectivos, las cajas petri se incubaron a 26°C. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA), con diez repeticiones por tratamiento; el testigo consistió en siembras de solo el patógeno en el centro de la caja petri con PDA. La unidad experimental consistió de una caja Petri con *Alternaria* en presencia o ausencia del microorganismo benéfico, mediante ensayos de confrontación y estimación cualitativa se utilizó la técnica de cultivos duales, la cual consiste en colocar en un extremo de la caja petri un disco de 5 cm<sup>2</sup> de diámetro, de inóculo de 12 días de edad para asegurar el mismo estado fisiológico. Para medir el nivel de antagonismo de las bacterias, *Bacillus* y *Streptomyces* se utilizó a una escala cualitativa (Opelt y Berg 2004), en esta escala, se establecieron cuatro niveles de antagonismo de acuerdo a la distancia entre el borde de la colonia del hongo, y el de la colonia bacteriana, medida en línea recta entre ambos microorganismos: +, < 5 mm; ++, 5.1 a 10 mm; +++; 10.1 a 15mm; +++, > 15.1mm. Cada aislamiento se evaluó con diez repeticiones. La inhibición del crecimiento se midió por 14 días.

Para evaluar el nivel antagónico de *Trichoderma* se usó el método de (Bell, 1984) Se midió diariamente por 14 días, con un vernier el crecimiento radial en milímetros de cada colonia y el área de inhibición.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Identificación morfológica**

En la identificación del agente causal del quemado de las hojas se encontraron estructuras llamadas dictiospora de color café oscuras, dispuestas en cadena, los conidios están dispuestos en cadena con ramificaciones simples, crecimiento acropétalo y las fragmosporas con más divisiones horizontales que verticales con fragmosporas tienen medidas de conidios de 18-45 (-70.5) x 6.5-15.5 (-17) µm concuerda con la descripción dada por (Simmons, 1992)

**Muestreo de las condiciones climáticas.** Las condiciones climáticas fueron las propicias para la aparición del síntoma del quemado de las puntas, se conjuntaron los tres factores del triángulo de la patogenidad, durante el periodo otoño -primavera 2015- 2016 predominaron nublados y precipitaciones no tan intensas pero si constantes. Figura 2.

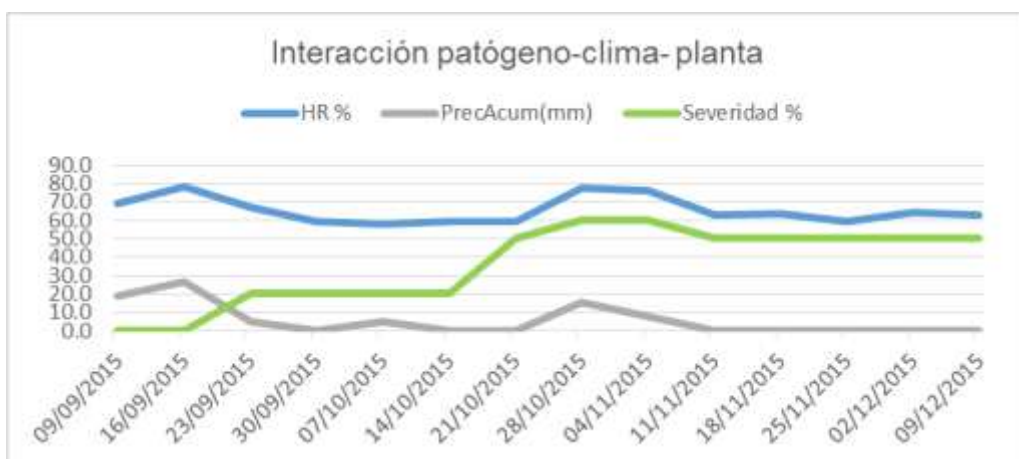


Figura 2. Comportamiento de la precipitación y la humedad relativa durante el ciclo de cultivo del ajo 2015-2016

#### Resultados de las confrontaciones *in vitro*.

Se observó que los tres ACB obtuvieron un grado favorable (Figura. 3) cada uno en su tipo de clasificación, para hongos en el caso de *Trichoderma* y para bacterias para *Bacillus* y *Streptomyces*, para el control de *Alternaria* aun que las colonias bacterianas antagonistas, estas formaron un área de inhibición contra el patógeno, ya que por su producción de antibióticos al medio propiciando el desarrollo del patógeno. Cuadro 1.

#### Confrontación patógeno vs antagonista

Crecimiento micelial en mm							
día*	<i>Alternaria</i>	<i>Trichoderma</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Bacillus</i> s.	<i>Alternaria</i>	<i>Streptomyces</i>	Testigo
13	45.7	62.1	55.8	11.1	51.6	18.3	62.0

\* días después de la siembra del inoculo

**Cuadro 1.** Promedios del crecimiento de las colonias en las confrontaciones antagonista vs patógeno (Fig. 3)

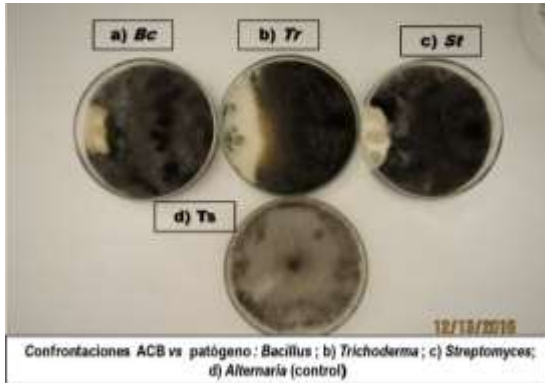


Figura 3. Desarrollo de las colonias durante las confrontaciones *in vitro*

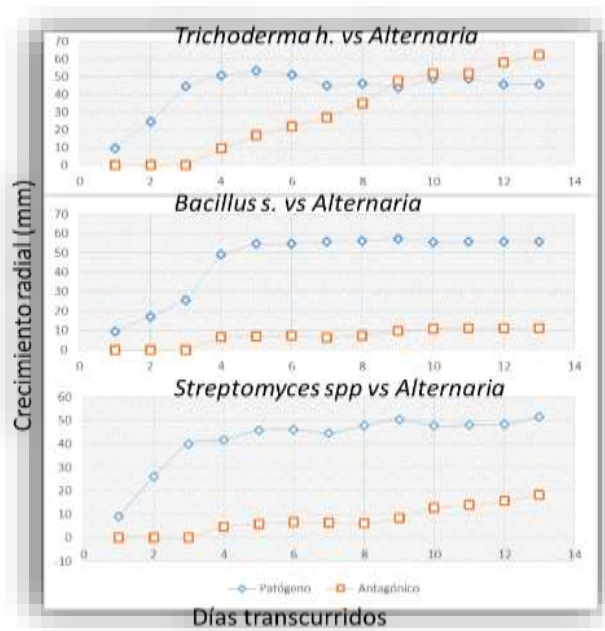


Figura 4. Comportamiento del crecimiento radial de las colonias en mm durante 14 días de observación en las confrontaciones *in vitro*

## CONCLUSIONES

Los tres bioactivos de los tres biofungicidas, *Trichoderma h.*, *Bacillus s.* y *Streptomyces spp* demostraron un buen nivel de antagonismo contra el agente causal de la enfermedad foliar, quemado de las puntas del ajo. Por lo tanto lo recomendable es pasar a la siguiente etapa de evaluación en campo, para evaluar su efectividad, adaptabilidad, y persistencia en condiciones de campo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrios, N.A., 1988. Plant Pathology. 3rd Edn., Academic Press, USA., pp: 220-222.

Bell D, Well H and Markham C. 1982. *In vitro* antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. Phytopathology 72: 379-382.

- Ezziyani M, Pérez-Sánchez C, Requena ME, Rubio L and Candela-Castillo ME. 2004. Biocontrol por *Streptomyces rochei* -Ziyani-, de la podredumbre del pimiento (*Capsicum annuum* L.) causada por *Phytophthora capsici*. Anales de Biología 26: 69-78.
- Fernandez, C., R. Juncosa. 2002. Biopesticidas: la agricultura del futuro?. Phytoma Barcelona.141:14-19
- Fisher MC, Henk DA, Briggs CJ, Brownstein JS, Madoff LC, McGraw SL and Gurr SJ. 2012. Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. Nature 484: 186-194.
- Fravel, D. 2005. Commercialization and implementation of biocontrol. Annu. Rev. Phytop. 43:1 – 23
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Ed. Inst. de Geografía. UNAM.
- Harris CA, Renfrew MJ and Woolridge MW. 2001. Assessing the risks of pesticide residues to consumers: recent and future developments. Food Additives & Contaminants 18: 11
- Leelasuphakul W, Hemmanee P and Chuenchitt S. 2008. Growth inhibitory properties of *Bacillus subtilis* strains and their metabolites against the green mold pathogen (*Penicillium digitatum* Sacc.) of citrus fruit. Postharvest Biology and Technology 48: 113-121.
- Madhaiyan M, Poonguzhali S, Kwon SW and Sa TM. 2010. *Bacillus methylotrophicus* sp. nov., a methanol-utilizing, plant-growth-promoting bacterium isolated from rice rhizosphere soil. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 60: 2490-2495.
- Delgadillo, S. F., Arévalo, V. A., Heredia, Z. A. y Velásquez, V. R. 1999. Manejo integrado de *Sclerotium cepivorum* causante de la pudrición blanca del ajo. Informe final del proyecto ALIM-016/96 CONACYT-SIHGO. / consulta Julio de 2016
- Simmons, E. 1992. *Alternaria* taxonomy: current status, viewpoint, challenge. p. 1–35. En: Chelkowski J. y Visconti A. (Eds). *Alternaria* Biology, Plant Diseases and Metabolites. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Netherlands, 573 p.
- Opelt, K and Berg, G. 2004. Diversity and antagonistic potential of bacteria associated with bryophytes from nutrient-poor habitats of the Baltic Sea coast. Applied Environmental Microbiology 11:6569-6579
- Watanabe T. 2010. Pictorial atlas of soil and seed fungi Morphologies of cultured fungi and key to species. Third edition. CRS Press, Taylor & Francis Group. Boca Raton London New York. 404 p.

**AISLAMIENTO DE TRANSPORTADORES DE SILICIO EN PLANTAS DE CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annuum* L.) SOMETIDAS A ESTRÉS BIOTICO Y ABIOTICO**

Adriana Basilio-Apolinar, Gabriel Iturriaga, J. Gabriel Ramírez-Pimentel, Cesar L. Aguirre Mancilla; Jorge Covarrubias-Prieto; Juan Carlos Raya-Pérez\*

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Roque, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Km 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, C.P. 38110, Celaya, Gto.

e-mail: [\\*juraya@itroque.edu.mx](mailto:*juraya@itroque.edu.mx)

**RESUMEN**

El chile es una de las hortalizas más importantes, no solo en la cocina mexicana sino también en la economía agropecuaria, llegando a generar más 150 jornales por hectárea en la cosecha. El estrés por déficit hídrico, estrés salino y el estrés biótico, son limitantes en el rendimiento de la producción. El silicio se ha reportado como un des estresante, debido a que mitiga los daños causados por estrés biótico y abiótico. El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto del silicio en plantas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de estrés abiótico y biótico. Las plantas de chile serán tratadas con metasilicato de sodio al 1.7 mM, para exponer a sequía, se suspenderá el riego por dos semanas o hasta el punto de marchitez, en el estrés salino las plantas se trataran con una solución de NaCl a 250 mM durante tres semanas y las plantas en estrés biótico se infectaran con *Phytophthora capsici* L. se extraerá el ARN de las plantas en condiciones de estrés, a partir de ello se obtendrá los cDNA para ser clonadas y secuenciadas para obtener su identidad, la expresión de los CaLsi1, CaLsi2 y CaLsi6 será confirmada por RT-PCR y su la expresión por Western. La acumulación de silicio en *Capsicum annuum*, mitiga los daños frente a estrés abiótico y biótico, la absorción y translocación de silicio es por medio de los transportadores CaLsi1, CaLsi2 y CaLsi6 en la zona radicular, tejidos foliares y conductivos.

**Palabras clave:** silicio, transportadores, chile, estrés.

**ABSTRACT**

Chili is one of the most important vegetables, not only in Mexican cuisine but also in the agricultural economy, it generates 150 wages per hectare in the harvest. But, however, stress due to water deficit, saline stress and biotic stress are limiting in the yield of production. Silicon has been reported as a improving because it mitigates the damage caused by biotic and abiotic stress. The objective of this work is to isolate and characterize the silicon transporter genes in jalapeno chilli (*Capsicum annuum* L.) plants under conditions of abiotic and biotic stress. The chile plants will be treated with 1.7 mM sodium metasilicate to expose to drought, irrigation will be suspended for two weeks or until the point of wilting, in the saline stress the plants will be treated with a solution of 250 mM NaCl during Three weeks and plants in biotic stress will be infected with *Phytophthora capsici* L. RNA will be extracted from plants under stress conditions, from which cDNA will be obtained to be cloned and sequenced to obtain their identity, the expression of CaLsi1, CaLsi2 and CaLsi6 will be confirmed by RT-PCR and its expression by Western. The accumulation of silicon in *Capsicum annuum*, mitigates the damage against abiotic and biotic stress, the absorption and translocation of silicon is through the CaLsi1, CaLsi2 and CaLsi6 transporters in the root zone, foliar and conductive tissues.

**Keywords:** silicon, transporters, chile, stress

## INTRODUCCIÓN

El fruto de chile (*Capsicum* spp.) es uno de los productos agrícolas alimenticios más populares que existe en el mundo. Posee diversos usos y formas que han sido utilizados desde tiempos muy remotos. Por su nivel de consumo figura como una de las solanáceas más importantes en México, la especie (*Capsicum annuum* L.) se cultiva en todos los estados de la República, desde el nivel del mar, hasta los 2500 metro de altura; y por ser el centro de origen, se han generado una gran diversidad de tipos especialmente en esta especie (SINAREFI, 2016). Su valor se refleja en la aportación de divisas en la balanza agropecuaria y los empleos generados (SIAP 2012; Caro, 2014). Se caracteriza por la heterogeneidad de formas, tamaños y colores del fruto. Los tipos de chile más importantes en el ámbito nacional son el jalapeño, ancho, serrano, mirasol (conocido en seco como guajillo) y dulce o pimiento morrón que representan de 70 a 80 % de la producción nacional; en los primeros, tipo picante, su consumo es principalmente nacional, en tanto los tipos dulces se destinan al mercado de exportación Pozo et al., (1991). La superficie mundial sembrada asciende a 1.7 millones de hectáreas y una producción de 29,939,029 toneladas (Macías-Rodríguez et al., 2013). En el ámbito mundial, China es el mayor productor, seguido de México, Turquía, EE.UU., España e Indonesia. Los principales países importadores son EE. UU, Alemania, Reino Unido, Francia, Holanda y Canadá (Azofeifa y Moreira, 2008). De las variedades de chiles verdes producidas en el país en 2011 destaca el chile jalapeño con 699 mil 657 toneladas, una participación de 32.8% en el país; que, junto con otras tres variedades: poblano (10.0%), serrano (8.6%) y bell peper (6.4%), aportaron 57.8% de la producción nacional de ese mismo año (SAGARPA, 2012), de esta variedad se establecen unas 30 mil hectáreas al año; en los estados de Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Quintana Roo, cultivado en temporal con materiales criollos con baja utilización de insumos y baja calidad del producto. En Michoacán, Jalisco, Colima, Nayarit, Sinaloa, Sonora, Baja California, Chihuahua, San Luis Potosí, Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila se cultiva con fertirrigación, en invernaderos con el uso de agroquímicos y de semilla híbrida (Aguilar et al., 2010).

Los usos del chile son diversos: como condimento, colorante u hortaliza; en forma natural o industrializado en salsas, enlatados, seco, en polvo o en conservas. Los chiles rojos, especialmente los tipos picantes y secos, tienen componentes como la vitamina A, mientras que los pimientos dulces y frescos suministran suficiente vitamina C para cubrir los requerimientos diarios, que son entre 80 y 150 mg (Reddy et al., 2014).

Un factor causante de estrés en las plantas es el medio ambiente; el estrés por déficit hídrico es una restricción ambiental importante para mantener la productividad, debido a sus efectos perjudiciales sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. El déficit de agua produce disminución en el rendimiento fotosintética de las plantas, la asimilación de CO<sub>2</sub> se reduce en un 50% del valor inicial; una de las primeras respuestas es la acumulación de ácido abscísico (ABA), que causa el cierre de las estomas, para reducir la pérdida de agua a través de la transpiración, también se ha postulado el ácido jasmónico (JA) como posible molécula de señalización de mediación de la respuesta al estrés hídrico en las plantas. Marca un retardo en los eventos de floración, tendencia negativa más pronunciada para la floración femenina que para floración masculina (Décima et al., 2016). Se sabe, que altera la homeostasis de las hormonas en las plantas (Pospíšilová et al., 2015) produciendo cambios en la expresión génica, necesarias para su aclimatación a las condiciones de estrés ((Décima Oneto et al., 2016). La presencia de citoquininas (CKs) en la epidermis de la hoja invierte cierre de las estomas

inducido por ABA y mantiene las tasas de transpiración normales en muchas plantas (Pospíšilová et al., 2015; Décima et al., 2016).

Otro fenómeno que limita la agricultura es el estrés por salinidad, tiene un fuerte impacto en el rendimiento de los cultivos (Albacete et al., 2008). El término salinidad se refiere a la presencia en el suelo de una elevada concentración de sales que perjudican a las plantas por su efecto tóxico y la disminución del potencial osmótico. La situación más frecuente de salinidad en los suelos es por NaCl, pero suelen presentar distintas combinaciones de sales, siendo comunes los cloruros y los sulfatos de Na, Ca. Induce un desbalance nutricional, debido a los altos niveles de Na y Cl reducen la captación de  $K^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$  e incremento de la producción de especies reactivas al oxígeno que dañan las macromoléculas. Las plantas activan diferentes mecanismos fisiológicos para asegurar la homeostasis iónica. Uno de ellos es el ajuste osmótico. Ante el inminente aumento en la concentración de Na y Cl en el suelo, la planta garantiza disminuir el potencial osmótico, y, en consecuencia, el potencial hídrico en las células de los diferentes órganos, evitando la toxicidad iónica y la interferencia en la asimilación de cationes importantes, por lo que se induce a nivel de gen la síntesis de compuestos orgánicos osmóticamente activos entre ellos la prolina, glicina-betaina y se modifica el metabolismo proteico. La alta salinidad ha sido reportada como un factor adverso para el crecimiento de plántulas de Chile ya que interfiere con la absorción de nutrientes debido a que reduce la disponibilidad del agua y la acumulación de iones tóxicos. La alta salinidad ha sido asociada con una disminución de la capacidad fotosintética de hojas (Duan et al., 2007), tanto el estrés hídrico, como la acumulación de iones provocado por el estrés salino, retrasan los procesos de división celular. En condiciones de estrés, los niveles de expresión de un gran número de genes en los cultivos son altamente inducidos.

El estrés abiótico hace más susceptible a los cultivos frente a los patógenos. *Phytophthora capsici* Leonian se considera un patógeno importante de muchos cultivos. En el cultivo de Chile gran parte de las pérdidas en la producción son ocasionadas por infección con *Phytophthora capsici* L. produce la enfermedad del marchitez o secadera (Hausbeck & Lamour, 2004). Causa un marchitamiento repentino en la planta como consecuencia de la pudrición de las raíces y la base del tallo, puede infectar la raíz, corona y partes foliares. Los síntomas se desarrollan rápidamente durante períodos de alta humedad del suelo, asociados con lluvias prolongadas o irrigación frecuente (Yang et al., 2012). Los métodos de control no han sido del todo efectivos debido a la persistencia en el suelo de las oosporas de *P. capsici* que son resistentes a la desecación, temperaturas frías y otras condiciones extremas, por lo que pueden sobrevivir por muchos años en la ausencia del hospedero (Kim et al. 2009). Por otro lado, las opciones de control de la enfermedad por medio de agroquímicos pueden causar resistencia, fitotoxicidad y contaminación del ambiente por lo que es necesario desarrollar estrategias ambientalmente sostenibles para el control de la marchitez (Yang et al., 2012).

El silicio se le ha atribuido una variedad de funciones, como la promoción de la producción de biomasa, defensa contra diversas formas de estrés biótico y abiótico (Neu, Schaller, & Dudel, 2016). Influye en la arquitectura de la planta proporcionando hojas más erectas y mejorando la intercepción de la radiación solar así como la eficiencia fotosintética, la fertilización con silicio promueve el rendimiento en frutos (Costa et al., 2016). En el tomate se ha visto una mejora en la concentración de sólidos solubles, vitamina C, contenido de licopeno y firmeza de la fruta al agregar silicio a la solución nutritiva (Marodin et al., 2016). En cultivos hidropónicos la presencia de Si mitiga el estrés salino y los efectos adversos relacionados con el rendimiento de la materia seca y el contenido de clorofila en el trigo; la escasez de



Si causaba anomalías físicas en este cultivo (Neu et al., 2016). Otra característica de los efectos beneficiosos de Si, es que se suelen expresar más claramente cuando las plantas se someten a diversas tensiones abióticas y bióticas. El silicio es probablemente el único elemento que es capaz de mejorar la resistencia a múltiples tensiones (Ma, 2004). El Si debe considerarse como una enmienda del suelo, especialmente en suelos agrícolas deficientes de Si disponible como medio de agricultura sostenible con respecto a posibles ahorros de escasos recursos (Neu et al., 2016). La aplicación de fertilizantes minerales con silicio es una alternativa que se puede considerar bajo un esquema de agricultura sustentable y altamente efectiva en cualquier tipo de suelo. Sin embargo, es importante mayor información sobre éste tema que corroboren los beneficios fisiológicos, productivos y de resistencia, para la utilización de este elemento en otros cultivos de importancia económica. La identificación de genes clave relacionados con el estrés adverso es el núcleo que comprenden las claves para la realización de los objetivos de mejoramiento molecular (Tao et al., 2014) por lo anterior este trabajo tiene por objetivo evaluar el efecto del silicio en plantas de chile sometidas a estrés biótico y abiótico y aislar y caracterizar los genes transportadores de silicio en plantas de chile jalapeño (*Capsicum annuum*) bajo condiciones de estrés abiótico y biótico.

## **METODOS Y MATERIALES**

El experimento se llevará a cabo en el Instituto Tecnológico de Roque, en los laboratorios del Departamento de Estudios de Posgrado e Investigación. El material vegetal son semillas de chile jalapeño, marca Caloro variedad M. Las semillas se germinaron en una charola a una temperatura de 26°C y 80% de humedad relativa, utilizando vermiculita como sustrato, en el brote de las primeras hojas verdaderas se suministra una solución nutritiva de Hoagland, posterior a la aparición de 4 hojas verdaderas se trasplanta en bolsas de plástico utilizando como sustrato, tezontle, previamente esterilizado. 18 de las plántulas se les suministró solución nutritiva de Hoagland enriquecido con metasilicato de sodio al 1.7 mM como fuente de silicio y otras 18 plántulas solo se le suministra solución nutritiva utilizando estas como el control. Para las condiciones de estrés abiótico, las plántulas en fase vegetativa se privaron de agua durante una o 2 semanas hasta el punto de marchitez, luego se le hizo un riego de recuperación. Se determinó en contenido relativo de agua de la planta y del sustrato, antes y después del estrés. Para el estrés salino, las plantas se regaron con una solución de NaCl 250 mM durante un período de tres semanas y una semana de recuperación sin NaCl. Para el estrés biótico, varias hojas de las plantas adultas fueron infectadas con *Phytophthora capsici* Leonian usando una aguja y se esperará hasta que aparezcan los síntomas de infección después de 3-4 días.

### **Clonación de los genes transportadores de Si**

Los tejidos de hojas y raíces de plantas de chile tratadas con silicio se molieron en nitrógeno líquido e inmediatamente se sometieron a la extracción de ARN, se transcribirá inversamente utilizando la transcriptasa reversa, para obtener el cDNA. En seguida, cada gen se amplificó por PCR con oligos específicos y sitios de restricción y se clonaron en el vector InsT/AClone (Fermentas) de *E. coli*. La identidad de los tres ADNc será confirmada en un secuenciador con tecnología Illumina, que se llevará a cabo en el CINVESTAV-Irapuato.

#### Análisis de la expresión génica por RT-PCR

Para investigar el efecto del Si en la expresión génica. Los diferentes tejidos, incluyendo raíces, láminas foliares, se someterán a extracción de ARN. La expresión de CaLsi1, CaLsi2 y CaLsi6 en los diferentes tejidos se examinará por RT-PCR. Se realizará PCRq en tiempo real con SYBR, oligos específicos y Taq polimerasa usando un termociclador StepOne Real Time PCR System (Applied Biosystems). Las secuencias de los oligonucleotidos de cada ADNc no llevarán sitios de restricción en los extremos y se usará como control un gen de actina que se sabe se expresa constitutivamente en la mayoría de las plantas.

#### Análisis de la expresión de proteínas por Western

Se utilizarán 80 gr de raíces de plantas de chile para la preparación de proteína de membrana de acuerdo con Sugiyama et al. (2007). La transferencia a una membrana de PVDF se realizará con un sistema de transferencia de proteínas, y la membrana se tratará con anticuerpos policlonales de conejo como anticuerpo primario anti-CaLsi1 y anti-CaLsi6 semi purificados y diluidos 1: 100. Para comprobar la especificidad de los anticuerpos, cada anticuerpo será pre-incubado con el péptido del epítipo utilizado para la preparación de los anticuerpos a 75 nmol/ml-1 durante 1 h a 25°C. Como anticuerpo secundario se utilizará un anticuerpo de conejo conjugado a la peroxidasa de rábano (1: 10.000 de dilución; GE Healthcare); y se utilizará ECL plus (GE Healthcare) para la detección por medio de quimioluminiscencia.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Silicio y estrés biótico

La resistencia de las plantas a plagas puede ser disminuida o aumentada por el efecto de la nutrición mineral sobre las estructuras anatómicas como por ejemplo células epidérmicas y cutículas más finas, pared celular con menor grado de suberización y lignificación. La nutrición puede afectar las propiedades bioquímicas como la reducción de compuestos fenólicos que actúan como inhibidores en el desarrollo de plagas (Castellanos *et al.*, 2015). El incremento de resistencia al ataque de insectos por efecto del silicio se ha atribuido a la polimerización del silicio en las paredes celulares, lo cual constituye una barrera mecánica, sin embargo, se ha demostrado que el tratamiento a plantas con silicio trae consigo cambios bioquímicos como la acumulación de compuestos fenólicos, lignina, fitoalexinas y taninos. En especies como la calabaza (*Cucurbita sp.*), la avena (*Avena sativa L.*) y el sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench*) se ha encontrado un aumento de síntesis de enzimas peroxidasa, polifenoloxidasa, glucanasa, quitinasas, fenilalanina amonio liasa; las cuales están relacionadas con el incremento de la producción de quinonas que tienen propiedades antibióticas, favorecen la lignificación, disminución de calidad nutricional y digestibilidad en la preferencia de los insectos a las plantas. Las larvas y pupas incrementan su mortalidad, las mandíbulas tienen un desgaste marcado en la región de los incisivos cuando entra en contacto con hojas de alto contenido de silicio (Castellanos *et al.*, 2015). Las especies como el arroz, caña de azúcar, maíz y otras gramíneas, solanáceas, cucurbitáceas, crucíferas, forestales y el cafeto ha tenido éxito en la resistencia de lepidóptera, hemíptera y thysanopteras; *Chilo suppressalis*, *Sogatella furcifera*, *Chilo supremain*, *Scirpophaga incertulas*, *Stenchaetothrips biformism*, *Metopolophium dirhodum*, *Sitobion avenae*, *Schizaphis graminum*, *Chrysoperla externa*, *Aphidius*

*colemanni* V., *Rhopalosiphum maidis* Fitch, *Diabrotica speciosa*, *Thrips palmi* Karny, *Tuta absoluta*, *Bemisia tabaci* biotipo B, *Enneothrips flavens* Moulton, *Plutella xylostella* (L.), *Diatraea saccharalis* la reducción de larvas y mortalidad de ninfas, está relacionado con el desgaste de la mandíbula, obstaculiza los hábitos alimenticios del insecto causando una elevada mortalidad (Castellanos *et al.*, 2015). Los daños que causa los insectos favorece indirectamente el daño por los hongos patógenos el exponer entradas en los tallos, hojas y frutos en cierto cultivo. El *Magnaporthe grisea* (Hebert) causa la enfermedad fúngica más destructiva en el cultivo de arroz. El patógeno infecta las partes inferiores de la planta, muy común en la hoja durante la etapa vegetativa o en los nódulos del cuello y las ramas de la panícula durante la etapa reproductiva. El papel del silicio en los fertilizantes ha sido muy efectivos en el control de este patógeno (Ma, 2004). El aumento de la concentración de Si aplicado de manera foliar en pepino disminuyó la incidencia de la enfermedad del mildiu y oídio en fresa, causada por *Sphaerotheca fuliginea*. También disminuye la aparición de la mancha marrón, podredumbre en el tallo, pudrición parda de las vainas, marchitez por fusarium y mancha de la hoja causada por *Corynespora cassiicola*, hay resistencia *Pythium ultimum* y *P. aphanidermatum* en las raíces de pepino. El efecto de polimerización da mayor resistencia en las paredes celulares dificultando la penetración los hongos hacia el tejido de la planta, así como para las larvas y pupas funcionan como una barrera mecánica (Vilela *et al.*, 2014de). La resistencia de a los insectos, representa una ventaja al no exponer indirectamente a los cultivos a la penetración por enfermedades fúngicas, los resultados que se han reportado sobre la resistencia a estrés biótico en solanáceas son alentadores para el cultivo de chile. El chile pertenece a la familia de las solanáceas al igual que el jitomate, este ha mostrado resultados exitosos en el suministro de silicio, mejorando su calidad en producción de antioxidantes al igual que en la resistencia a agentes bióticos, lo que sugeriría que el cultivo de chile también podría presentar resistencia a *Phytophthora capsici* L. en el suministro de silicio en etapa vegetativa a razón de 1.7 mM.

#### Silicio y estrés por déficit hídrico

El déficit hídrico se asocia a la acumulación de prolina; un aminoácido no proteico que se forma en los tejidos foliares de las plantas durante el estrés, y un aumento de la producción de enzimas antioxidantes como la peroxidasa, el cual está implicado en varias reacciones en la planta, como la unión de polisacáridos, oxidación del ácido indol-3-acético, conexiones de monómeros, lignificación, oxidación de fenoles (Mauad *et al.*, 2016). También conduce al cierre de las estomas y la consiguiente disminución de la tasa fotosintética. A medida que el Si se deposita bajo la cutícula de las hojas formando una doble capa de Si-cutícula, la transpiración a través de la cutícula puede disminuir, de esta forma contribuye a mitigar los efectos del estrés. El silicio puede reducir la tasa de transpiración en un 30% en el arroz. La aplicación de 350 kg ha<sup>-1</sup> de silicato de calcio y magnesio en cultivos de arroz durante el estrés por déficit de agua redujo los niveles de prolina y aumento el porcentaje de actividad de las peroxidases en la fase reproductiva, indicando una tolerancia al estrés. En especies como el garbanzo y girasol (*Helianthus annuus* L.) también se ha observado respuestas similares acompañados de una reducción en el daño oxidativo a las moléculas funcionales y las membranas y el mantenimiento de muchos factores fisiológicos como los procesos fotosintéticos (Mauad *et al.*, 2016).

#### Silicio y estrés salino

El crecimiento de las plantas depende en gran medida de la existencia de varios elementos existentes en el suelo. Los cuales pueden clasificarse en beneficiosos, esenciales y tóxicos para la planta. Los elementos tóxicos afectan de forma negativa el crecimiento, mientras que los esenciales desempeña

papeles críticos en las diferentes condiciones de crecimiento. Por otra parte los elementos beneficiosos son vitales para las especies de plantas que crecen bajo ciertas condiciones (Sahebi et al., 2015). La naturaleza hidrófila del silicio en las plantas pueden disminuir los efectos dañinos de los iones salinos y reducir el efecto osmótico (Sahebi et al., 2015). El aumento significativo en la captación de  $K^+$  y una disminución en la captación de  $Na^+$  en cebada bajo estrés salino sugieren que es debido al aumento de la actividad de  $H^+ -ATPase$  en la membrana plasmática. La absorción de silicio por las plantas conduce a un aumento de las actividades de las  $PPase$  y la  $ATPase$  en las vacuolas, lo que reduce la absorción de  $Na^+$  y mejora la captación de  $K^+$  por la membrana celular. La separación de los iones sal en las vacuolas y el aumento de la relación  $K^+ / Na^+$  en las células de las raíces y las hojas disminuyen la toxicidad de  $Na^+$  (Sahebi et al., 2015). Para cultivos de trigo, la unión de  $Si$  soluble con  $Na^+$  en las raíces, retarda su movimiento a las partes aéreas de la planta, lo que disminuye significativamente el contenido de  $Na^+$  en hojas de bandera y raíces de plantas de trigo (Anser et al., 2012). El pepino disminuye los daños oxidativos bajo estrés salino a través de las actividades de guaiacol peroxidasas, ascorbato peroxidasas, superóxido dismutasa, deshidroascorbato reductasa y glutatión reductasa, mientras que en hojas de tomate se disminuye con la mayor actividad de enzimas de catalasa y superóxido dismutasa, así como el aumento de proteínas en las hojas, disminución del ascorbato peroxidasas y la concentración de malondialdehído y  $H_2O_2$ . La producción de proteínas solubles en las hojas permite a las plantas superar el estrés sustituyendo la pérdida del contenido de proteínas solubles cuando estuvo en estrés (Sahebi et al., 2015). Los campos fertilizados con silicio  $150 \text{ mg kg}^{-1}$  de suelo, el cultivo de trigo disminuye la concentración de iones de  $Na^+$  acumulados, el silicio depositado en las plantas ayudo a mantener una absorción equilibrada y eficiente y la translocación de elementos minerales necesarios para un mejor crecimiento (Anser et al., 2012). La acumulación de silicio en las diferentes especies de plantas, desencadena una serie de procesos que obliga a la planta a aclimatarse de tal forma que le permita la homeostasis en las diferentes condiciones de estrés en las que se encuentre, dentro de la cual, los cambios producidos son inducidos a nivel gen, el nivel de expresión de ciertos genes está relacionada con la capacidad de la planta en la asimilación del silicio para mitigar o no los efectos del estrés tanto abiótico como biótico. Se sabe que las plantas dicotiledóneas, a excepción de algunos no suelen acumular silicio, pero, sin embargo, la familia de las solanáceas, se observado que el tomate si acumula silicio, por lo que se puede hipotétizar que el chile al pertenecer a la misma familia, acumularía silicio en sus tejidos, la acumulación de tal elemento, depende de los transportadores responsables de la absorción y translocación.

### **TRANSPORTE DE SILICIO**

La absorción de silicio por las plantas es muy variable dependiendo de la especie (Sahebi et al., 2015). El transporte de silicio del suelo a las a tejidos vegetales y filiales es mediado por diferentes transportadores en dicotiledóneas y monocotiledóneas, con diferentes patrones de expresión y localización celular en cada especie de plantas (Ma, et al., 2011). Para identificar los genes responsables de la absorción de silicio en arroz se aislaron los mutantes (designados  $Lsi1$  y  $Lsi2$ ), utilizando la tolerancia del germanio como un indicador, el  $Ge$  es un análogo del silicio, las raíces absorben  $Ge$  y  $Si$  de manera similar, donde la absorción de  $Si$  por el mutante  $Lsi1$  es mucho menor que el tipo silvestre, mediante el mutante se identificó el primer transportador de  $Si$ ;  $Lsi1$  mediante una técnica de clonación basada en mapas.  $Lsi1$  pertenece a un  $Nod26$ -como la principal proteína intrínseca (NIP) subfamilia de la acuaporinas-como proteína. El ADN complementario de  $Lsi1$  es  $1409 \text{ pb}$ , y la proteína deducida es de  $298$  amino larga. La secuencia de aminoácidos predicha tiene seis dominios transmembrana y dos

motivos Asn-Pro-Ala (NPA), que se conserva bien en acuaporinas. La expresión de *Lsi1* es mucho menor en la región de la punta de la raíz entre 0-10mm que en las regiones basales de la raíz (> 10mm), al igual que la captación de silicio en la región de la punta de la raíz 0-10 mm es menor que en las regiones basales (>10 mm de la punta de las raíces). Por lo tanto, determina que el sitio de absorción de Si se encuentra en las regiones maduras de las raíces y no en las puntas, incluyendo las raíces seminales, laterales y corona. la proteína *Lsi1* se localiza en la membrana plasmática tanto de la exodermis como de la endodermis, donde las bandas de caspari impide el transporte apoplástico en la estela de la raíz. Además, *Lsi1* muestra la localización polar en el lado distal de ambas células exodermis y endodermis. En otras especies, en cebada (*HvLsi1*), maíz (*ZmLsi1*) y calabaza (*CmLsi1*) se ha identificado los homólogos de *Lsi1*, el cual pertenece al arroz (*OsLsi1*). Sin embargo, los homólogos identificados en maíz y cebada difieren de la localización, estas se encuentran en las células epidérmicas, hipodérmicas y corticales. (Ma et al., 2011). *ZmLsi1* se expresa altamente en las raíces laterales y ligeramente en las raíces de la corona. (Sahebi et al., 2015). El segundo transportador de Si *Lsi2* también fue identificado por medio de la mutante como en el caso del primer transportador, pero diferente de *Lsi1*, *Lsi2* es un transportador de eflujo en arroz, el supuesto es que pertenece a un transportador de aniones. El patrón de expresión y localización es similar a *Lsi1*, pero en el lado proximal de las células de exodermis y endodermis, este transportador es impulsado por un gradiente de protones. La entrada de silicio en arroz, es absorbido en las células exodérmicas por *OsLsi1* y es liberado por *OsLsi2* al apoplasto y luego transportado a la estela por *OsLsi1* y *OsLsi2* de nuevo en las células endodérmicas (Ma et al., 2011).

Los homólogos de este transportador se han identificado también en cebada y maíz. pero difieren en la localización, *ZmLsi2* y *HvLsi2* se localizan en la endodermis de las raíces sin ninguna polaridad. El silicio es tomado de la solución externa es decir del suelo por *HvLsi1* /*ZmLsi1* en diferentes células desde las células de la epidérmicas, hipodermis y corticales, después de ser introducido el silicio en las células de la raíz es transportado a la endodermis por vía simplástica y liberado a la estela por *HvLsi2* / *ZmLsi2*.(Ma et al., 2011).

En un análisis de arroz transgénico con el promotor-GFP revelo que *Lsi2* se expresa en las raíz principal y lateral, pero no en pelos radiculares, se localiza en el lado proximal de exodermis y endodermis., *Lsi2* es un transportador de eflujo de Si, que transporta activamente el ácido silícico del simplástica al apoplástico hacia la xilema. La regulación de *Lsi2* está regulada por el suministro de silicio a 3 días en arroz, tanto *Lsi1* y *Lsi2* expresión fueron suprimidas a alrededor de un cuarto después de 1 mM Si suministro durante más de tres días. La alta acumulación de Si en el brote puede afectar la expresión de *Lsi2* a través de una señal desconocida de los brotes a las raíces (Yamaji & Ma, 2011).

La diferencia en la vía de transferencia de silicio en arroz con respecto a las vías de transporte en maíz, cebada y calabaza se puede atribuir a la estructura de la raíz, la zona radicular del arroz posee dos bandas de caspari uno en la exodermis y en la endodermis, mientras que en maíz y cebada generalmente es una sola banda de caspari la que está presente. Además de la anatomía de la raíz de arroz, posee una estructura distinta, un aerenquima altamente desarrollado. Entonces el silicio en las células de la exodermis transportado por *OsLsi1*, tiene que ser liberado por *OsLsi2* en el apoplasto a través del aerenquima. Tal estructura no existe en cebada ni maíz, además de la polaridad que desencadena el modo de localización de estos transportadores en arroz, son razones que influyen en las capacidades de las plantas en la captación de silicio (Ma et al., 2011).

El transporte de Si desde las raíces hasta los brotes o células foliares, es a través de un flujo transpiracional a través de la xilema. Aproximadamente el 90% de silicio absorbido en las raíces es translocado a los brotes, en el caso de arroz. La concentración de silicio en la savia se estima que puede ser de 20mM el cual se encuentra como ácido monosilícico. Al parecer el ácido silícico esta de forma transitoria en la savia, químicamente el ácido silícico se polimeriza en gel de sílice cuando la concentración excede de 2 Mm. El responsable de exportar el ácido silícico desde el xilema a otras células foliares es Lsi6, fue aislado como responsable de este proceso (Ma et al., 2011). Lsi6 es similar a Lsi1 y Lsi2 y consta de cinco exones y cuatro intrones con un marco de lectura abierta de 894 pb (ORF). Al igual que Lsi1, Lsi6 codifica una proteína de 298 aminoácidos. Lsi6 se expresan en las hojas, las vainas foliares. La proteína predicha de Lsi1 y Lsi6 consta de dos dominios NPA bien conservados (Asn-Pro-Ala) y cuatro dominios transmembrana (Sahebi et al., 2015). Se localiza en el lado adaxial de las células del parénquima del xilema en las vainas foliares y en las hojas. El knockout de *Lsi6* no afecta la absorción de Si por las raíces, pero afecta al patrón de deposición de sílice en las hojas y vainas. Lsi6 se localiza principalmente en las células de transferencia del xilema con la polaridad mirando hacia el vaso del xilema. Estas células están situadas en la región límite externa de los haces vasculares agrandados y se caracterizan por una gran superficie debido al crecimiento interno de la pared celular (Ma et al., 2011). La acumulación de silicio en las plantas de chile jalapeño, estará controlada por los transportadores de silicio, CaLSi1, CaLSi2 y CaLSi6, las cuales se diferenciará por la localización en los tejidos y la polaridad con respecto al arroz.

## CONCLUSIÓN

La acumulación de silicio en planta de chile, permitirá mitigar los efectos de los diferentes estreses a las que se expone, a pesar de ser una planta dicotiledónea, la familia de las solanáceas, acumulan cierto porcentaje de silicio en sus tejidos, la translocación de silicio en los tejidos foliares, brotes y tallos y raíz reduciría los efectos del estrés salino, estrés por déficit hídrico y marcaría una mayor resistencia a *Phytophthora capsici* L. la absorción y translocación de silicio para la mitigación de los diferentes estreses estarán controlados por los transportadores de silicio CaLSi1, CaLSi2 y CaLSi6 que se expresan marcadamente en condiciones de estrés.

## BIBLIOGRAFIA

Albacete A., Edmond G. M., Martinez-Andujar C., Acosta M., Sanchez-Bravo J., Martinez V., Lutts S., Dodd I. C. and Perez-Alfocea F. (2008) hormonal changes un relation to biomass partitioning and shoot growth impairment in salinized tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants. *Journal of Experimental Botany*. 59(15) pp. 4119-14131. doi:10.1093/jxb/ern251.

Aguilar, V., Corona, T., López, P., Latournerie, L., Ramírez, M., Villalón, H., & Aguilar, J. (2010). Los chiles de México y su distribución.

Anser A., Shahzad M.A. B., Safdar H., and Javaid I. (2012) increased growth and changes in wheat mineral composition through calcium silicate fertilization under normal and saline field conditions. *Chilean journal of agricultura research*. Vol. 72 (1) pp. 98-103.

Azofeifa, A. y Moreira, M. (2008). Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. Cv. hot) en Alajuela, *Costa Rica. Agron. Costarricense* 32(1): 19-29.

Caro E. M., Leyva M. C. y Rios S. J. (2014). Competitividad mundial de la producción de chile verde de México. *Revista de Economía*, XXXI(83): 95–128.

Castellanos G. I., de Mello P. R., y Silva C. C. N. (2015) el silicio en la resistencia de los cultivos a las plagas agrícolas. *Revista cultivos tropicales*, vol. 36 pp 16-24. ISSN: 0258-5936 Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193243640002>.

Costa, B. N. S., Dias, G. D. M. G., Costa, I. D. J. S., Assis, F. A. de, Silveira, F. A. da, & Pasqual, M. (2016) Effects of silicon on the growth and genetic stability of passion fruit. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 38(4): 503. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i4.30939>.

Datnoff, L. E., R. N. Raid, G. H. Snyder, D. B. Jones (1997) Evaluation of calcium silicate slag and nitrogen on brown spot, neck rot, and sheath blight development on rice. *Biological and Cultural Tests for Control of Plant Disease* 5:65.

Décima Oneto, C., Otegui, M. E., Baroli, I., Beznec, A., Faccio, P., Bossio, E., ... Lewi, D. (2016) Water deficit stress tolerance in maize conferred by expression of an isopentenyltransferase (IPT) gene driven by a stress- and maturation-induced promoter. *Journal of Biotechnology*, 220:66–77. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2016.01.014>.

Duan D. Y., W. Q. Li, X. J. Liu, H. Ouyang y P. An (2007) Seed Germination and Seedling Growth of Suaeda Salsa Under Salt Stress. *Ann BOT. Fennici*. 44(3):161-169.

Duan L., Dietrich D., Han N. C., Mei Y. C. P., Bhalerao R., J. Bennett M. J. and Dinnenya J. R. (2013) endodermal ABA signalig promotes lateral root quiescence during salt stress in Arabidopsis seedlings. *The plant cell*. 25 ppp 324-341. [www.plantcell.org/cgi/doi/10.1105/tpc.112.107227](http://www.plantcell.org/cgi/doi/10.1105/tpc.112.107227).

Hausbeck M.K., and K.H. Lamour (2004) *Phytophthora capsici* on vegetable Crops: Research Progress and Management Challenges. *Plant Disease*. 88:1292-1303.

Hausbeck, M. K., & Lamour, K. H. (2004). Research Progress and Management Challenges *Phytophthora capsici* on Vegetable Crops . 88(12).

Hernández, G. R. (2002) Nutrición mineral de las plantas. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de los Andes-Mérida, Venezuela (en línea). Disponible en [www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral/](http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral/).

Kim G. S., Khan Z., Jeon H. Y., and Kim H. Y. (2009) Inhibitory Effect of *Paenibacillus polymyxa* GBR-462 on *Phytophthora capsici* Causing *Phytophthora* Blight in Chili Pepper. *Journal Phytopathol*. 157 pp. 329–337. doi: 10.1111/j.1439-0434.2008.01490.x.

Kim S.G., Z. Khan, Y.H. Jeon, y.H. Kim (2009) Inhibitory effect of *Paenibacillus polymyxa* GBR- 462 on *Phytophthora capsici* causing *Phytophthora* blight in chili pepper. *Journal of Phytopathology* 157(6):329-337.

Ma, J. F. (2004). Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. *Soil Science and Plant Nutrition*, 50(1): 11–18. <https://doi.org/10.1080/00380768.2004.10408447>.

Ma, J. F., Yamaji, N., & Mitani-Ueno, N. (2011). Transport of silicon from roots to panicles in plants. *Proceedings of the Japan Academy. Series B, Physical and Biological Sciences*, 87(7):377–385. <https://doi.org/10.2183/pjab.87.377>.

Macías-Rodríguez, H., Muñoz-Villalobos, J. A., Velásquez-Valle, M. A., Potisek-Talavera, M. d., & Villa-Castorena, M. (2013). Habanero Pepper: Growing Description In The Yucatan Peninsula, *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, XII(2) 37-43. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsza.2012.06.028>.

Marodin, J. C., Resende, J. T., Morales, R. G., Faria, M. V, Trevisam, A. R., Figueiredo, A. S., ... Dias, D. M. (2016). Tomato post-harvest durability and physicochemical quality depending on silicon sources and doses. *Horticultura Brasileira*, 34(3), 361–366. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362016003009>.

Mauad, M., Alexandre, C., Crusciol, C., Nascente, S., Filho, H. G., Pace, G., & Lima, P. (2016). Effects of silicon and drought stress on biochemical characteristics of leaves of upland rice cultivars Características bioquímicas nas folhas de cultivares de arroz de terras altas em função de silício e estresse hídrico. *Revista Ciência Agronômica*, 47(3), 532–539. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160064>.

Neu, S., Schaller, J., & Dudel, E. G. (2016). Silicon availability modifies nutrient use efficiency and content, C:N:P stoichiometry, and productivity of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Nature Publishing Group*. <https://doi.org/10.1038/srep40829>.

Pospíšilová, H., Jiskrová, E., Vojta, P., Mrízová, K., Kokáš, F., Čudejková, M. M., ... Galuszka, P. (2015). Transgenic barley overexpressing a cytokinin dehydrogenase gene shows greater tolerance to drought stress. *New Biotechnology*, 33(5). <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2015.12.005>.

Pozo, O.; Montes S., Redondo E. (1991) Chile (*Capsicum spp.*) In: Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos de México. Ortega R., Palomino G., Castillo F., Gonzales V. A., Livera M. (eds.). Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C., Chapingo, México pp. 217-238.

Reddy, M. K., Srivastava, A., Kumar, S., Kumar, R., Chawda, N., & Vishwakarma, M. (2012). CHILLI (*Capsicum annum* L.) Breeding In India : An Overview, 46(2), 160–173.

SAGARPA (2012) Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Sahebi, M., Hanafi, M. M., Siti Nor Akmar, A., Rafii, M. Y., Azizi, P., Tengoua, F. F., Shabanimofrad, M. (2015). Importance of silicon and mechanisms of biosilica formation in plants. *BioMed Research International*. <https://doi.org/10.1155/2015/396010>.

SINAREFI (2016) Sistema Nacional de Recursos Fitogeneticos para la Alimentacion y la Agricultura

SIAP (2012) Servicio de Informacion Agroalimetaria y Pesquera.

Tao, Y., Wang, F., Jia, D., Li, J., Zhang, Y., Jia, C., ... Pan, H. (2014). Cloning and Functional Analysis of the Promoter of a Stress-inducible Gene (*ZmRXO1*) in Maize. *Plant Molecular Biology Reporter*, pp. 200–208. <https://doi.org/10.1007/s11105-014-0741-1>.

Vilela M., Moraes J. C., Alves E., Santos-Cividanes T. M. and Santos F. A. (2014) Induced resistance to *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) via silicon application in sugarcane. *Revista Colombiana de Entomología* 40 (1): 44-48.



Yamaji, N., & Ma, J. F. (2011). Further characterization of a rice silicon efflux transporter, Lsi2. *Soil Science and Plant Nutrition*, vol. 57: 259–264. <https://doi.org/10.1080/00380768.2011.565480>.

Yang M. M., Xu L.P., Xue Q.Y., Yang J.H., Xu Q., Liu H.X., Guo J.H. 2012. Screening potential bacterial biocontrol agents towards *Phytophthora capsici* in pepper. *European Journal of Plant Pathology* 134(4):811-820.

Yang, M., Xu, L., & Xue, Q. (2012) Screening Potential Bacterial Biocontrol Agents Towards *Phytophthora capsici* in Pepper Screening potential bacterial biocontrol agents towards, <https://doi.org/10.1007/s10658-012-0057-7>.

## **ANÁLISIS GENÓMICO A TRAVÉS DE HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS**

Jonathan Ramírez Rosas<sup>1</sup>; Roberto Aramburo Flores<sup>2</sup>; Cesáreo Hernández Alfaro <sup>3</sup>; Gabriel Ramirez Pimentel <sup>4</sup>; Blanca Cecilia López Ramírez<sup>5</sup>;

<sup>12</sup>Estudiante del Instituto Tecnológico de Roque

\*Correo electrónico: jony\_3031@hotmail.com<sup>1</sup>;

\*Correo electrónico: roberto\_aramburo@hotmail.com

<sup>34</sup>Profesor del Instituto Tecnológico de Roque

<sup>4</sup>Profesor investigador del Departamento de Semillas del Instituto Tecnológico de Roque

### **RESUMEN**

Actualmente el Departamento de Posgrado del Instituto Tecnológico de Roque (ITR) realiza proyectos de secuenciación de ADN (Ácido Desoxirribonucleico) de las plantas para mejorar su defensa contra patógenos aumentando o disminuyendo los elementos de regulación de expresión de genes con base en las secuencias obtenidas.

El objetivo de este proyecto es diseñar protocolos informáticos que faciliten la identificación y comparación de dos o más secuencias de ADN para resaltar una similitud en las secuencias obtenidas, que sirvan para generar acciones para controlar las defensas de las plantas.

Un protocolo informático es un conjunto de normas que permite la comunicación entre ordenadores, estableciendo la forma de transmisión de los datos y la forma en que la información debe procesarse.

Hoy en día ya existen protocolos informáticos pero contienen muchos módulos o herramientas, que lo hace ser muy robusto y por ende, que no sean lo que el departamento requiere debido a que el Departamento necesita módulos más específicos.

Para el desarrollo de estos protocolos informáticos se utilizará la Metodología en Cascada del área de ingeniería de software, la cual ayudará a encontrar actividades fundamentales para el desarrollo de estos protocolos informáticos.

**Palabras clave:** ADN, Protocolos informáticos, Metodología

## **CARACTERES AGRONOMICOS Y DE RENDIMIENTO EN MAÍCES CRIOLLOS MEJORADOS**

J. Guadalupe-López\*; Francisco Cervantes-Ortiz<sup>1</sup>; Enrique Andrio-Enríquez<sup>1</sup>; Mariano Mendoza-Elos<sup>1</sup>

\*Estudiante de posgrado, <sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Roque

### **RESUMEN**

El objetivo de la presente investigación fue determinar los caracteres agronómicos y de rendimiento en mestizos de maíz para la zona del Bajío de Guanajuato. El ensayo se estableció en el campo experimental del instituto tecnológico de Roque. Se utilizando ocho variedades criollas mejoradas incluida la Variedad Roque 1. El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repetido. Cada unidad experimental estuvo integrada por seis surcos de 10 m de largo, con una separación entre surcos de 0.76 m. Se registraron los siguientes caracteres agronómicos: Altura de planta y mazorca, hojas arriba y debajo de la mazorca, hojas totales y cobertura de mazorca, por otro lado, se evaluó el rendimiento y sus componentes. Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre genotipos para altura de planta y mazorca; con respecto al rendimiento y sus componentes, se expresó diferencias estadísticas en índice de prolificidad, rendimiento de campo, longitud de mazorca y granos por hilera; mientras que, el diámetro de mazorca y el número de hileras por mazorca no se afectaron por el genotipo. El rendimiento de campo varió de 4.1 a 7.4 t ha<sup>-1</sup>, donde el Mestizo 3 presentó el mayor rendimiento y el criollo Celaya presentó el peor comportamiento. Del mismo modo, el mestizo 3, sobresalió al generar el mayor porcentaje de mazorcas por planta y las mazorcas más largas.

**Palabras clave:** *Zea mays*, caracteres agronómicos, componentes de rendimiento.

## **EFFECTO DE LAS FECHAS DE SIEMBRA SOBRE EL RENDIMIENTO DE LA CHIA (*Salvia hispanica L*)**

Alberto Martínez López<sup>1</sup>; Juan Gabriel Ramírez Pimentel<sup>1</sup>; \*Salvador Montes Hernández<sup>2</sup>; Marco Antonio García Perea; Juan Carlos Raya Pérez<sup>1</sup>; José Manuel Escutia Ponce<sup>1</sup>; Alberto Calderón Ruiz<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Tecnologico Nacional de México Instituto Tecnológico de Roque; <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias- Campo Experimental Bajío; \*Autor por correspondencia.

### **RESUMEN**

Actualmente, en los sistemas productivos del mundo, es frecuente el resurgimiento o incorporación de cultivos alternativos a los clásicos en nuestro país, principalmente en la región bajío, el ingreso de la chía (*Salvia hispanica L*), el girasol (*Helianthus annuus*), la higuera (*Ricinus communis*) y el amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) constituyen un ejemplo de ellos. La chía es una de las especies cultivadas de grupo botánico de los géneros *Salvia*. Esta semilla contiene más proteína y aceite que otros granos, por lo que es una fuente de alimento para países en desarrollo, su aceite posee un alto contenido de ácido linolénico omega-3, esencial en la alimentación y efectivo para disminuir las afecciones cardiovasculares, por lo cual lo hace un cultivo promisorio para la agricultura local, con la desventaja de que se tiene poco conocimiento sobre su manejo agronómico lo que redundaría en una optimización deficiente para su cultivo, es por esta razón que esta investigación tiene como objetivo evaluar efecto de las fechas de siembra en cuanto al rendimiento de la semilla de chía (*S. hispanica*) utilizando dos variedades de chía para hacer esta evaluación, las cuales fueron: Chía Blanca y Chía Pinta Jalisco. El establecimiento del experimento en el campo se realizó bajo un diseño en parcelas divididas para evaluar las 4 diferentes fechas de siembra considerando que las labores culturales sean similares en el estudio.

Palabras clave: cultivos alternativos, manejo agronómico, ácido linolénico

### **SUMMARY**

Nowadays, in the productive systems of the world, there is frequent the reappearance or the incorporation of alternative crops to the classic ones in our country, principally in the region shoal, the revenue of the chía (*Salvia hispanica L*), the sunflower (*Helianthus annuus*), the Higuera (*Ricinus communis*) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) constitute an example of them. The chía is one of the cultivated species of the botanical group of the kinds Sage. This seed contains more protein and oil than other grains, for what it is a food source for the developing countries, his oil has a high place contained of linolenic acid omega 3, essential in the supply and diminishes the cardiovascular affections, for Which a promissory culture does it for the local agriculture, with the disadvantage of what has a bit of knowledge on his agronomic management what redounds to a deficient optimization for his culture, it is for this reason that this investigation takes as an aim evaluate effect of the Dates of sowing as for the performance of the seed of the chía (*S. Hispanic*) using two changed ones of chía to do this evaluation, which were: Chía Blanca and Chía Pinta Jalisco. The design of the experiment in the field was realized under design in plots divided to evaluate four dates different from sowing thinking that the cultural labors are similar in the study.

Keywords: alternative crops, agronomic management, linolenic acid

### **Introducción.**

En contraste con otros cultivos de pseudocereales de Mesoamérica, como *Amaranthus* y *Chenopodium*, pocas investigaciones se han realizado sobre *S. hispánica*, a pesar de la importancia que tuvo esta especie como una planta comestible y medicinal en el periodo Pre-Colombino. Se propusieron varias hipótesis relativas a los cambios en su uso a través del tiempo y su uso original; estas hipótesis se probaron con una colección de datos etnobotánicos obtenidos en las montañas del oeste de México y Guatemala. La pérdida progresiva del conocimiento de las poblaciones silvestres, asociada con la pérdida del hábitat en algunos sitios, ha provocado una degradación tanto de importantes recursos genéticos como del conocimiento de una especie con un gran potencial económico (Cahill, Joseph P, 2003).

La *S. hispánica* en la época prehispánica fue una planta importante y sus semillas, su harina o su aceite fueron apreciados por sus usos medicinales, alimenticios, artísticos y religiosos (Cahill, 2003).

La Chía es una planta anual de primavera verano, perteneciente a la familia de las Lamiaceae (Estrada, 1987), posee entrenudos de dos a ocho centímetros de longitud y numerosas ramas primarias y secundarias; esta especie no tolera heladas en ninguna etapa de su desarrollo y el rango de temperatura óptimo es de 11,3 y 35,20 C, donde la temperatura óptima es cercana a 20o C (Labouriau y Agudo, 1987). Es una especie alogama y principalmente entomófila, donde la autopolinización es impedida por la posición de sus órganos sexuales y por protandria (Hernández., J. 1987).

Los estudios en Chía, se han centrado en la composición nutricional de sus semillas (Weber et al. 1991), producción de aceite en semillas (Ayerza, 1995) y en hojas (Ting et al 1996) y polisacáridos en el mucilago de las semillas (Lin et al., 1994).

Su gran potencial está relacionado con la producción de un tipo de aceite a nivel de semillas, que posee el mayor porcentaje natural de ácido alfa linolénico (60 a 63% por g de semillas) en comparación a otras semillas vegetales y/o especies animales, este es esencialmente un tipo de ácido graso insaturado Omega 3. Estos ácidos son muy importantes para la nutrición humana y deben ser suplementados en la alimentación porque no son sintetizados en el organismo humano. Diversos estudios han demostrado que suplementos, a largo plazo, con Chía, han atenuado factores de riesgo cardiovascular más allá de la terapia convencional y mantiene un buen control glucémico y de lípidos. (Vuksan et al., 2007).

La mayor parte de los estudios llevados a cabo con esta especie están relacionados con la evaluación de genotipos y fechas de siembra bajo diferentes condiciones ambientales. Este hecho radica en la alta interacción existente entre genotipo y medio ambiente en esta especie, manifestándose en variaciones de rendimiento y calidad de grano (Ayerza y Coates, 2009a).

La fecha de siembra es uno de los factores que más modifican los productores en función de las condiciones climáticas, genotipo y posibilidad de habilitar los suelos para sus siembras. No obstante, en la medida que las plantas logran una mayor duración de su ciclo de crecimiento, logran acumular una mayor cantidad de materia seca, estando está directamente correlacionada con el rendimiento (Kooman et al., 1996).

El efecto de la fecha de siembra en Chía se puede dividir en tres periodos del cultivo.

**Germinación y establecimiento:** En esta etapa, la exigencia fisiológica principal es que el agua del suelo sea suficiente para la germinación de la semilla y el sostén de la plántula en desarrollo; la temperatura afecta la germinación y emergencia

**Crecimiento y desarrollo:** Durante esta etapa, la plántula joven se verá influida por la temperatura y la duración del día, incidiendo sobre su tasa de crecimiento y duración de los distintos estados de desarrollo.

**Maduración y cosecha:** En esta última etapa, la elección de la fecha de siembra también influye por las probables condiciones que afecten la maduración y pérdida de humedad del grano (Dennet, 1999).

## **Materiales y Métodos.**

### **Localización**

La investigación se llevó a cabo durante el ciclo Otoño-Invierno (OI) 2016 dentro de las instalaciones del CEBAJ-INIFAP en la ciudad de Celaya, cuya ubicación es, Carretera Celaya - San Miguel de Allende, Kilómetro 6.5, C.P. 38110 Celaya, Gto, en el lote marcado con el No. 27 que se localiza en las coordenadas 20° 35' 03.5" norte y 100° 49' 32.7" oeste a una elevación de 1763 metros sobre el nivel del mar (Ilustración 1).

### **Condiciones climáticas del lugar establecido**

La temperatura máxima es de 25.5°C y la mínima es de 16°C, la media anual es de 20.85°C, su clima oscila entre semiseco y semicálido, con una precipitación pluvial promedio de 575.3 mm anuales.

El municipio está localizado en su mayor parte dentro del "Bajío montañoso", su orografía comprende la Mesa del Sastre, Cerro Prieto, Potrero, Peña Colorada, Trojes, Juan Martín, Rincón de Tamayo, La Gavia, y Otero de ojo seco, cuyas alturas promedio se elevan a 2,000 metros sobre el nivel del mar. El suelo que predomina en el municipio es el Vertisol Pélico el cual cubre la planicie con capas de arcilla limosa que tiene como característica que es apto para la agricultura y la ganadería.

### **Diseño experimental**

Con el objetivo de evaluar diferentes fechas de siembra en respuesta sobre el rendimiento en distintas variedades de chía, el experimento se estableció bajo un diseño de parcelas divididas. Cada tratamiento constó de tres surcos de 0.75 m de ancho por 75 m de largo con cuatro repeticiones por variedad.

### **Manejo agronómico**

- Labores de preparación del terreno

Las labores de preparación del terreno que se realizaron en la parcela experimental fueron: un barbecho, un rastreo y la formación de surcos, así como una escarda cuando el cultivo se encontraba en pleno desarrollo.

- Siembra

Las siembras se establecieron los días:

- 28 de marzo 2016
- 03 de mayo 2016
- 02 de julio 2016
- 06 de agosto del 2016

Las cuales fueron de forma manual, esto fue debido a que por el diseño experimental utilizado no fue posible utilizar algún tipo de maquinaria agrícola.

- Fertilización

La fertilización total del experimento se dividió en dos fases: la primera aplicación fue al momento de la siembra y la segunda cuando el cultivo se encontraba en la etapa de formación de espiga. En la siembra se dividió acorde a los tratamientos establecidos aplicando 40 unidades de nitrógeno (N) y 40 unidades de fosforo (P), mientras que en la segunda aplicación o reabonada se aplicaron únicamente 40 unidades de nitrógeno (N) para completar la dosis óptima. Se trazó una "raya" con el uso de un azadón junto a la base de la planta de chíá donde posteriormente se colocó el fertilizante y fue tapado con tierra para asegurar la eficiencia de la aplicación.

- Control de malezas

Para el control de malezas se realizaron controles manuales y químicos. En el control químico se aplicaron herbicidas con el ingrediente activo glifosato tanto en preemergencia como en postemergencia; para el deshierbe manual se utilizaron hoces de raspa y azadones.

- Riegos

Se le aplico solo 1 riego, que fue el de emergencia de la planta, el cual fue por la mañana, fue mediante el método de rodado y el agua se extrajo del pozo por un tiempo aproximado de dos horas con una lámina de riego de 10 mm.

- Cosecha

La cosecha se realizó el día del 2016 de forma manual separando los diferentes tratamientos y variedades utilizadas por repeticiones, para lograr tener un mejor control de datos a la hora de realizar los cálculos necesarios.

El cálculo del rendimiento por hectárea se realizó mediante una estimación de cosecha, promediando las repeticiones de los tratamientos correspondientes a cada variedad establecida.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

**Tabla 1...** Cuadrados medios del análisis de varianza de los 2 genotipos bajo 4 fechas de siembra establecidas.

Fuente de variación	de GL	Altura	N° Espigas	Tamaño Espiga	Peso por Planta	Rendimiento	Plantas Totales
Fecha	3	16669.92**	318.025* *	7.5889 <sup>ns</sup>	11.8095 <sup>ns</sup>	457277.14**	8232.281*
Repetición	3	17.041 <sup>ns</sup>	41.980 <sup>ns</sup>	0.1063 <sup>ns</sup>	13.917 <sup>ns</sup>	52164.27 <sup>ns</sup>	664.364 <sup>ns</sup>
Genotipo	1	933.228*	132.397*	7.3440 <sup>ns</sup>	27.583 <sup>ns</sup>	192618.72*	6356.281*
Fecha x Gen	3	255.696 <sup>ns</sup>	132.397* *	0.0525 <sup>ns</sup>	32.613*	21213.08 <sup>ns</sup>	8023.947*
Var x Rep	3	137.299 <sup>ns</sup>	86.296*	8.041 <sup>ns</sup>	3.484 <sup>ns</sup>	16977.66 <sup>ns</sup>	593.531 <sup>ns</sup>

\*\*= altamente significativas; \*= Significativamente diferente; <sup>ns</sup>= No significativo.

De acuerdo al análisis estadístico se encontraron diferencias altamente significativas en las variables Altura, N° de espigas y rendimiento, mientras que en las variables plantas totales y peso por planta solo muestra diferencias significativas.

Con base en el análisis de varianza realizado en cada una de las variables cuantitativas utilizadas en este estudio, en las Fechas de siembra, se pueden observar diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), indicativo que las fechas tienen gran influencia en la respuesta del rendimiento obtenido Tabla 1.

También se registraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) en la comparación Variedad\*Rendimiento lo que significa que una variedad presenta una respuesta diferente a la otra valorada Tabla 1.

En cuanto a la variable altura de planta se encontraron diferencias altamente significativas en comparación con las diferentes fechas establecidas, lo que significa que las fechas de siembra influyen en demasía en cuanto al desarrollo fenológico del cultivo.



**Tabla 2...** Comparación de medias para las “Fuentes de Variación” evaluadas en función de los genotipos establecidas.

Fuente de Var.	Tukey Grouping *	Media	Genotipo
Altura	<b>A</b>	<b>160.429</b>	<b>Pinta</b>
	<b>B</b>	<b>149.629</b>	<b>Blanca</b>
N° Espigas	<b>A</b>	<b>21.569</b>	<b>Pinta</b>
	<b>B</b>	<b>17.501</b>	<b>Blanca</b>
Tamaño Espigas	<b>A</b>	<b>11.8813</b>	<b>Pinta</b>
	<b>A</b>	<b>10.9231</b>	<b>Blanca</b>
Peso por Planta	<b>A</b>	<b>8.243</b>	<b>Pinta</b>
	<b>A</b>	<b>6.386</b>	<b>Blanca</b>
Rendimiento	<b>A</b>	<b>968.78</b>	<b>Blanca</b>
	<b>B</b>	<b>813.61</b>	<b>Pinta</b>
Plantas Totales	<b>A</b>	<b>157.94</b>	<b>Blanca</b>
	<b>B</b>	<b>129.75</b>	<b>Pinta</b>

\*Significativo al 0.05 Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Observa los valores de la interacción de las diferentes fuentes de variación con base a los genotipos utilizados, lo cual nos indica que si existen separaciones entre los variables evaluadas, lo cual quiere decir que si existen diferencias significativas en cuanto a las interacciones “Fuente de variación-Genotipo” y se puede apreciar que el genotipo de Chia Pinta presentó un mejor comportamiento en cada una de las fuentes de variación evaluadas en comparación con la Chia Blanca, a excepción del rendimiento donde la chíá blanca obtuvo una mejor respuesta.

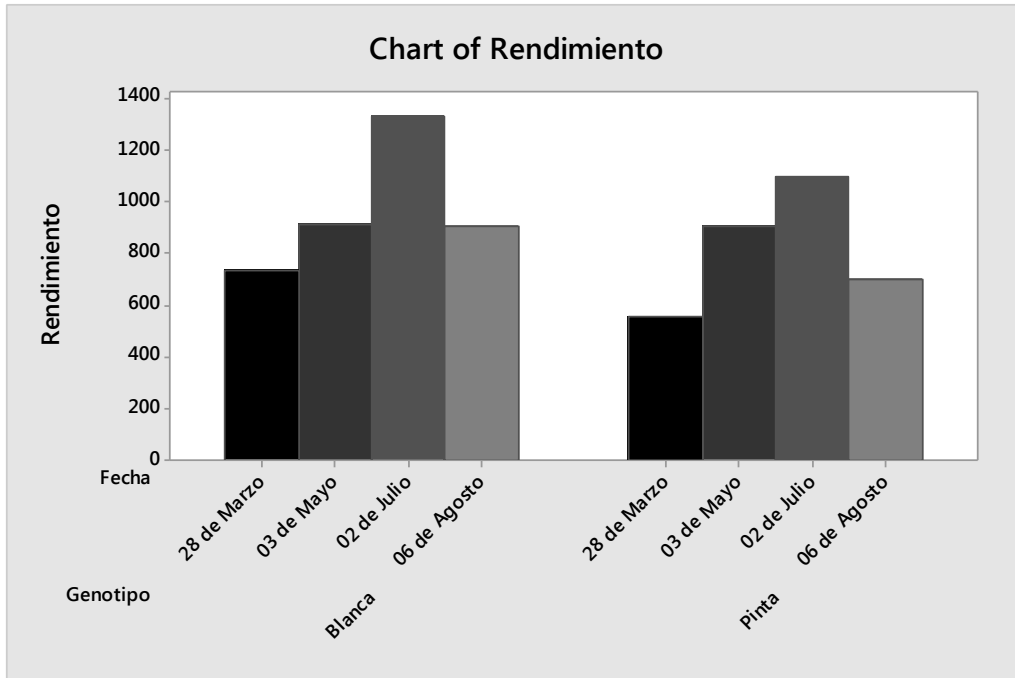
**Tabla 3...** Comparación de medias para las “Fuentes de Variación” en respuesta con cada fecha establecida.

Fuente de Var.	Tukey grouping	Media	Fecha de Siembra
Altura	<b>A</b>	<b>213.000</b>	<b>F3</b>
	<b>B</b>	<b>158.630</b>	<b>F2</b>
	<b>B</b>	<b>146.403</b>	<b>F1</b>
	<b>C</b>	<b>102.084</b>	<b>F4</b>
N° Espigas	<b>A</b>	<b>25.814</b>	<b>F1</b>
	<b>AB</b>	<b>22.188</b>	<b>F2</b>

	<b>B</b>	<b>19.125</b>	<b>F3</b>
	<b>C</b>	<b>11.013</b>	<b>F4</b>
	<b>A</b>	<b>12.725</b>	<b>F3</b>
Tamaño Espigas	<b>A</b>	<b>11.545</b>	<b>F2</b>
	<b>A</b>	<b>10.698</b>	<b>F4</b>
	<b>A</b>	<b>10.641</b>	<b>F1</b>
	<b>A</b>	<b>8.684</b>	<b>F1</b>
	<b>A</b>	<b>7.463</b>	<b>F2</b>
Peso por Planta	<b>A</b>	<b>7.388</b>	<b>F3</b>
	<b>A</b>	<b>5.725</b>	<b>F4</b>
	<b>A</b>	<b>1211.23</b>	<b>F3</b>
	<b>B</b>	<b>906.75</b>	<b>F2</b>
Rendimiento	<b>BC</b>	<b>802.50</b>	<b>F4</b>
	<b>C</b>	<b>644.31</b>	<b>F1</b>
	<b>A</b>	<b>166.00</b>	<b>F1</b>
Plantas Totales	<b>A</b>	<b>158.50</b>	<b>F4</b>
	<b>A</b>	<b>154.63</b>	<b>F2</b>
	<b>B</b>	<b>96.25</b>	<b>F3</b>

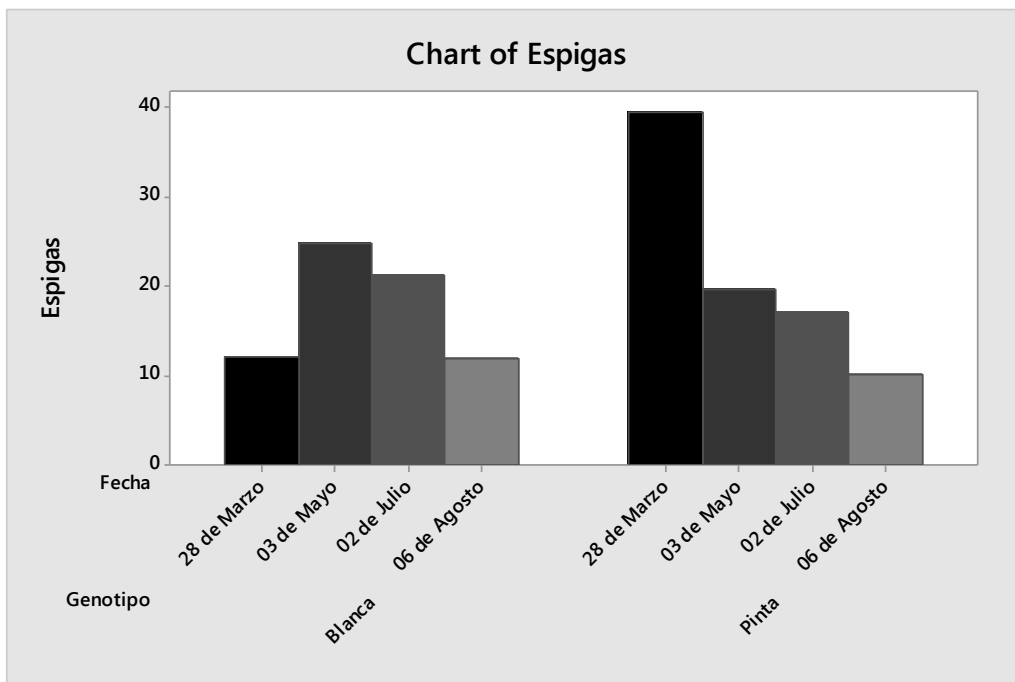
\*Significativo al 0.05 Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Se puede observar los valores de la interacción de las diferentes fuentes de variación con base a las distintas fechas de siembra establecidas, lo cual nos indica que si existen separaciones entre los variables evaluadas, lo cual quiere decir que si existen diferencias significativas en cuanto a las interacciones "Fuente de variación-Fechas de siembra" y se puede apreciar que la fecha de siembra 2 (F3 = 02 julio) presentó un mejor comportamiento en cuanto a la altura, tamaño de espiga y rendimiento a diferencia de las otras fechas evaluadas.



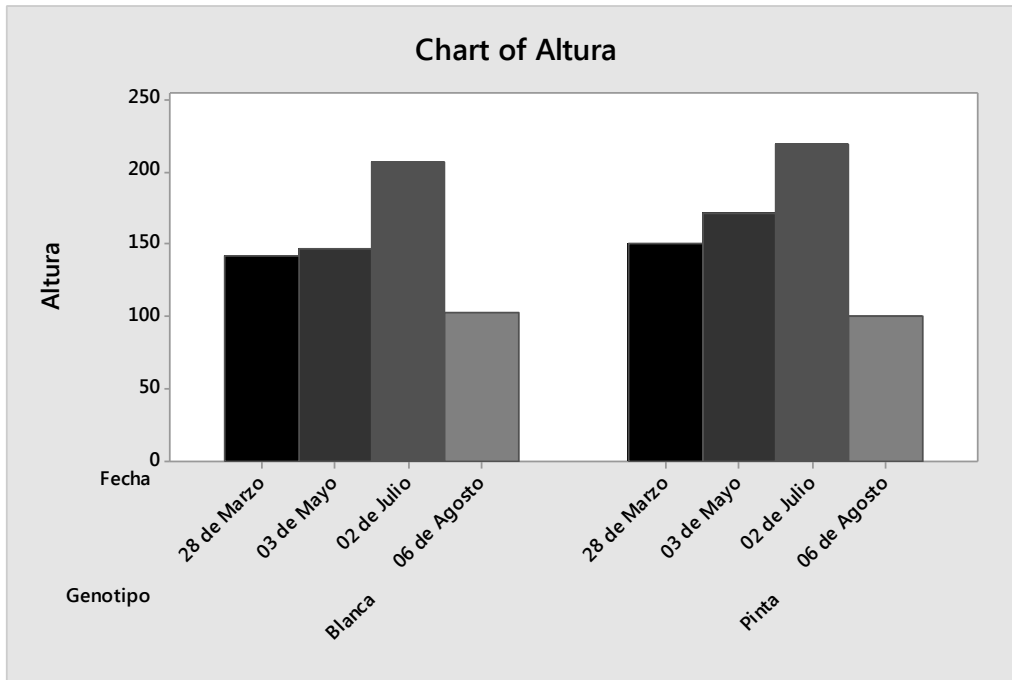
**Gráfica1...** Comparación del rendimiento obtenido en base a las diferentes fechas de siembra.

Se presenta una Comparación de los rendimientos obtenidos en respuesta a los genotipos y fechas establecidas, en el cual se logra observar que la fecha 3, obtuvo un rendimiento de mayor en ambos genotipos Gráfica 1.



**Gráfica 2...** Comparación del N° de espigas obtenido en base a las diferentes fechas de siembra.

Se presenta una Comparación de los N° de espigas obtenidas en respuesta a los genotipos y fechas establecidas, en el cual se logra observar que la fecha 1 y 2, obtuvieron un mayor N° de espigas en los genotipos de chíá pinta y blanca respectivamente Gráfica 2.



**Gráfica 3...** Comparación del N° de espigas obtenido en base a las diferentes fechas de siembra.

Se muestra una Comparación de las alturas obtenidas en respuesta a los genotipos y fechas establecidas, en el cual se logra observar que la fecha 3, obtuvo una mayor altura en ambos genotipos Gráfica 3.

Según Baginsky (2015), menciona que la respuesta del cultivo de chíá a las diferentes fuentes de Variación evaluadas está más relacionada a la interacción Genotipo-Ambiente ya que al ser una planta que se ajusta al fotoperiodo, en ella depende su etapa de madurez fisiológica cuando los días comiencen a acortarse y se comiencen a establecer las condiciones adecuadas para su óptimo desarrollo.

### CONCLUSIONES

Las distintas fechas de siembra modificaron el ambiente bajo el cual se desarrollaron las plantas de chia, siendo la fecha de julio donde las condiciones climáticas fueron más estables presentando una temperatura máximas de 27.9 °C y mínima de 14.1°C, óptimas para el cultivo, lo que generó una mayor estabilidad en el rendimiento.

Los más altos rendimientos obtenidos por las plantas de chíá, se asociaron a una mayor acumulación de biomasa, generada principalmente por la presencia de inflorescencias grandes y plantas de altura, es decir plantas que hicieron un mejor reparto de sus asimilados y por ende que presentan un mayor índice de cosecha. Este hecho adquiere gran importancia desde un punto de vista de manejo de la cosecha de esta especie.

### Referencias Bibliograficas

**Cahill, Joseph P (2003)** Economic Botany . Winter2003, Vol. 57 Issue 4, p604-618. 15p. 3 Black and White Photographs, 3 Charts, 2 Graphs.

**Cahill J P (2003)** Ethno botany of chia, *Salvia hispanica* L. Econ. Bot. 57:604-618.

**Hernandez., J. 1987.** Efecto de la fecha de siembra, densidad de poblacion y competencia, en el rendimiento de Chia (*Salvia hispánica* L.). Tesis Ingeniero Agronomo. Universidad Autonoma Chapingo, Mexico. 99 p.

**Lin, K.Y., J.R. Daniel, and R.L Whistler. 1994.** Structure of Chia polysaccharide exudates. Carbohydr. Polym. 23:13-18.

**Qadiri, G., F. Ul Hassan. And M. Azim Malik. 2007.** Growing degree days and yield relationship in sunflower (*Helianthus annuus* L.). International Journal of Agriculture&Biology 9 (4): 564-568.

**Ayerza, R. y W. Coates. 2009a.** Influence of environment on growing period and yield: protein, oil and alpha-linolenic content of three chia (*Salvia hispanica* L.) selections. Industrial Crops and Products 30:321-324.

**Kooman, P.L., M. Fahem, P. Tegera. and A.J. Haverkort. 1996.** Effects of climate on different potato genotypes 2. Dry matter allocation and duration of the growth cycle. European Journal of Agronomy 5 (3-4): 207-217.

**Dennet,M. 1999.** Effects of sowing date and the determination of optimum sowing date. pp. 123-133. In: E.H. Satorre y G.A. Slafer (Eds). Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination. The Haworth Press, Binghamton, NY. 503p.

**Baginsky, C.; Arenas, J., Escobar, H., Garrido, M., Valero, D., Tello, D., Pizarro, L., Morales, L., Silva, H. 2015.** Determinación de fecha de siembra óptima de chia en zonas de clima desértico y templado mediterráneo semiárido bajo condiciones de riego en Chile.

## **CARACTERÍSTICAS DE LINEAS DE TRIGO GENERADAS PARA RESISTENCIA A CALOR Y SEQUÍA**

Ledesma Ramírez Lourdes<sup>2\*</sup>, Solís Moya Ernesto<sup>1</sup>, Iturriaga de la Fuente<sup>2</sup>, Singh Sukhwinder<sup>3</sup>, Aguirre Mancilla Cesar Leobardo<sup>2</sup> y Ramírez Pimentel Juan Gabriel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Roque

<sup>3</sup>Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, Internacional

\*Autor por correspondencia (lulis\_amigui@hotmail.com)

### **Resumen**

En el ciclo OI 2015-2016 se evaluaron para porte de planta, biomasa, días a floración, días a madurez, altura de planta, % de daño a roya lineal amarilla y rendimiento de grano para 530 genotipos de trigo en tres localidades. Estos genotipos provienen de cruzas entre líneas elite y colectas de Criollos del Banco de Germoplasma de Cimmyt, testigos del noroeste y de bajío. El objetivo de este trabajo fue estudiar la variación de genotipos de trigo desarrollados entre cruzas con líneas elite y progenitores con características de tolerancia a calor y sequía. Existe una correlación negativa entre el % de daño por roya lineal amarilla con el rendimiento de grano. Para las variables de biomasa y de rendimiento de grano existe una relación positiva. De los 530 genotipos de trigo existe una gran variabilidad desde porte planta, biomasa, días a floración, días a madurez, % de daño por roya, altura de planta y de rendimiento.

### **Palabras clave**

Líneas elite, variación, cruzas.

### **Introducción**

En México el trigo ocupa el segundo lugar en importancia después del maíz, con una producción anual de 3.66 millones de toneladas (SIAP, 2015), mientras que las necesidades de consumo son cerca de 7 millones, la producción nacional no es suficiente para atender la demanda, por lo que para el año 2014 fue necesario importar 4.5 millones de toneladas. El reto en México es aumentar la producción de trigos

(CANIMOLT, 2014). La FAO recomienda que el 75% de los alimentos de un país se produzca localmente, mientras que en México, para el caso del trigo, es aproximadamente del 50% de su consumo nacional.

El reto de elevar la productividad en la agricultura se suma al de la adaptación de los cultivos al cambio climático (Reynolds *et al.*, 2009). Los rendimientos de trigo disminuyen 6% por cada grado Celsius que la temperatura aumenta (Asseng *et al.*, 2015), el calentamiento ya está limitando los aumentos del rendimiento en mega regiones productoras de trigo, como las del sur de Asia, que albergan a más de 300 millones de personas desnutridas y cuyos habitantes consumen más de 100 millones de toneladas de trigo anuales (Cimmyt, 2016).

El aumento del potencial de rendimiento de los cultivares puede contribuir a resolver los problemas del cambio climático y el aumento de la población mundial (Reynolds *et al.* 2009).

Las royas son enfermedades ampliamente distribuidas a nivel mundial y conocidas por el potencial destructivo en los cereales, éstas se presentan en casi todas las áreas trigueras del mundo (McIntosh, 1998). La roya lineal amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* Eriks.), es una de las principales enfermedades del trigo (*Triticum aestivum* L., y *Triticum durum* Desf.). Esta enfermedad ha incrementado su virulencia ya que las razas anteriores a 2014 como MEX 10.09 atacaban al trigo después del espigamiento, en cambio las razas nuevas CMEX14.25 y MEX14.141 lo atacan desde el amacollamiento si el ambiente es favorable. La roya lineal amarilla puede ocasionar pérdidas en rendimiento de 30% hasta 75% (Torabi y Nazari, 1998; Roelfs, 1978). Las royas se pueden controlar con aspersiones de fungicidas, pero aumentan los costos de cultivo y los daños al ambiente (Salazar-Gómez, 1992). El uso de la resistencia genética a las royas del trigo es la forma más económica y segura de control desde el punto de vista ambiental (Denissen, 1993). A través del mejoramiento genético es posible incorporar genes de resistencia de planta adulta que permitan mantener la resistencia a las royas por periodos largos de tiempo.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la variación de genotipos de trigo desarrollados entre cruzas con líneas elite y progenitores con características de tolerancia a calor y sequía.

### **Materiales y métodos**

Durante el ciclo otoño invierno 2015-16 se sembraron 530 genotipos de trigo harinero, dentro de este grupo se incluyeron como testigos variedades de Sonora y Bajío. Se prepararon tres experimentos, que se sembraron en el Parque Agrotecnológico Xonotli, en el INIFAP Campo Experimental Bajío (CEBAJ) y en la Barca Jalisco. El diseño para la siembra consistió de un alfa látice con dos repeticiones.

La parcela experimental fue dos surcos de dos hilos de dos metros, la densidad de siembra fue de 46 kg por hectárea. Se aplicó la dosis de fertilización 240-60-00 recomendado por el INIFAP. El calendario de riego utilizado fue de 5 riegos, a los 0, 35, 65, 85 y 100 días.

En las calles que separan las parcelas se sembró una variedad susceptible a las royas que es conocido como Moroco en forma de pequeños manojos que se conocen como golpes. Los golpes de Moroco se inocularon con una mezcla de urediniosporas para generar la epifitía.

Una vez que se observaron las primeras pústulas en el cultivo se tomaron cuatro lecturas de roya con intervalos de una semana. La severidad de la enfermedad se midió de acuerdo a la escala de modificada de Cobb, que incluye el grado de severidad media en porcentaje (1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100%).

Las variables a medir fueron:

- Porte de planta: escala de 1 al 5, donde 1 es erecto, 2 semierecto, 3 intermedio, 4 semiprostrado y 5 prostrado.
- Biomasa: escala de 1 al 5, donde 1 es muy poca biomasa, 2, poca biomasa, 3 intermedia, 4 mucha biomasa y 5 bastante biomasa.
- Días a floración
- Días a madurez
- Porcentaje de daño por roya lineal amarilla
- Altura de planta
- Rendimiento kg/ha

### **Resultados y discusión**

Los resultados del análisis de varianza (Cuadro 1) mostraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para localidades, genotipos y la interacción localidades por genotipos para las dos variables % de daño por roya lineal amarilla y para rendimiento de grano.



Cuadro 1. Cuadrados medios a través de localidades de las variables estudiadas de trigo de 530 genotipos evaluados en tres localidades en el ciclo OI 2015-16.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>CM DE ROYA</b>	<b>CM DE RENDIMIENTO</b>
<b>LOC</b>	2	38944 **	580798375 **
<b>REP(LOC)</b>	3	1445 **	4428863 **
<b>GEN</b>	529	558 **	3196022 **
<b>GEN*LOC</b>	1058	113 **	1688077 **
<b>Error</b>	1587	40.0321	879540
<b>Total corregido</b>	3179		
<b>CV</b>		56.09653	17.30478

FV = fuente de variación ; GL = grados de libertad; LOC = localidades; GEN = genotipos; REP = repeticiones; CM = Cuadrados medios, CV = coeficiente de variación.

En la localidad de Celaya para la variable de % de daño por roya fue la que presento mayor incidencia con un 18.217% de daño, siguiéndole la localidad de Xonotli con un 8.6085% y por último la localidad de Jalisco con un 7.0113% (Cuadro 2). La localidad de Xonotli para la variable de rendimiento de grano fue la que mostro tener rendimientos superiores con 6217 kg/ha casi una tonelada más que para la localidad de Celaya que obtuvo un rendimiento de 5286 kg/ha y la de menor rendimiento fue la localidad de Jalisco con un rendimiento 4754 kg/ha.

Cuadro 2. Comparaciones de medias entre localidades de los dos caracteres medidos en 530 genotipos de trigo evaluados en tres localidades en el ciclo OI 2015-16.

	<b>% DE DAÑO POR ROYA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>
CELAYA	18.217 a	5286 b
JALISCO	7.0113 c	4754 c
XONOTLI	8.6085 b	6217 a
MEDIA	11.28	5419.52
DMS	0.6447	95.565

### Análisis de componentes principales

Los valores propios de la matriz de correlaciones mostraron que las primeras dos componentes principales representan el 54.2 % de la variación total (PC1 31.8 % y PC2 22.4 %). Este valor se considera un porcentaje próximo al adecuado para representar confiablemente las relaciones entre los casos y las variables analizadas (Arroyo *et al.*, 2005). Los resultados de los vectores propios muestran que la primera componente principal (PC1) presenta asociación positiva con las variables originales DFLO, DMAD Y PORTE. La segunda componente (PC2) mostró asociación positiva con ROYA y negativa con las variables REND y BIOMASA (Cuadro 3).

Cuadro 3. Correlaciones de los autovectores con las variables originales de genotipos de trigo evaluados en tres localidades en el ciclo OI 2015-16.

	PC1	PC2
PORTE	0.497	0.003
BIOMASA	-0.106	-0.397
DFLO	0.582	-0.202
DMAD	0.521	-0.229
AP	0.227	-0.199
ROYA	0.166	0.546
REND	-0.230	-0.642

PORTE = Porte de planta; DFLO = días a floración; DMAD = Días a madurez; AP = Altura de planta; ROYA = % de daño por roya lineal amarilla; REND = Rendimiento kg/ha, PC1 = Componente principal 1; PC2 = Componente principal 2.

En la figura 1 se observa que la elipse de los testigos del noroeste de color verde, presentó mayor variación en el plano del CP2, esto es, el grupo tuvo variación alta entre genotipos en las variables ROYA, REND y BIOMASA. Y en el CP1 mostraron tener mayores ciclos a floración, madurez y porte de planta. Los genotipos de CIMMYT elipse de color rojo no tuvieron un comportamiento definido, concentrándose en su mayoría en el centro del biplot, aunque se observan algunos puntos extremos en el plano de ambos componentes. La elipse de los testigos del bajo de color azul, presentó mayor variación en el plano del CP2, esto es, el grupo tuvo variación alta entre genotipos en las variables ROYA, REND y BIOMASA. Mientras que para el CP1 mostraron tener menor ciclo a floración y a

madurez, al igual que el porte fueron menores. El ángulo de los vectores de las variables indicó que existe asociación alta entre el rendimiento con la biomasa; también indicó que existe una alta asociación entre porte de planta, días a floración, días a madurez y altura de planta y de menor magnitud con % de daño por roya lineal amarilla, rendimiento y biomasa. Diversos estudios (Shearman *et al.* 2005; Ebrahimnejad y Rameeh, 2016) han mostrado alta asociación entre rendimiento y biomasa en trigo y señalan que una mayor producción de biomasa podría ser la causa principal de incrementos en rendimiento en cultivares modernos. El ángulo aproximado de  $180^\circ$  entre los vectores de ROYA y REND junto con BIO indica una asociación negativa entre estos caracteres. El ángulo cercano a  $90^\circ$  entre ROYA y DMAD indica que no existe asociación entre estos caracteres.

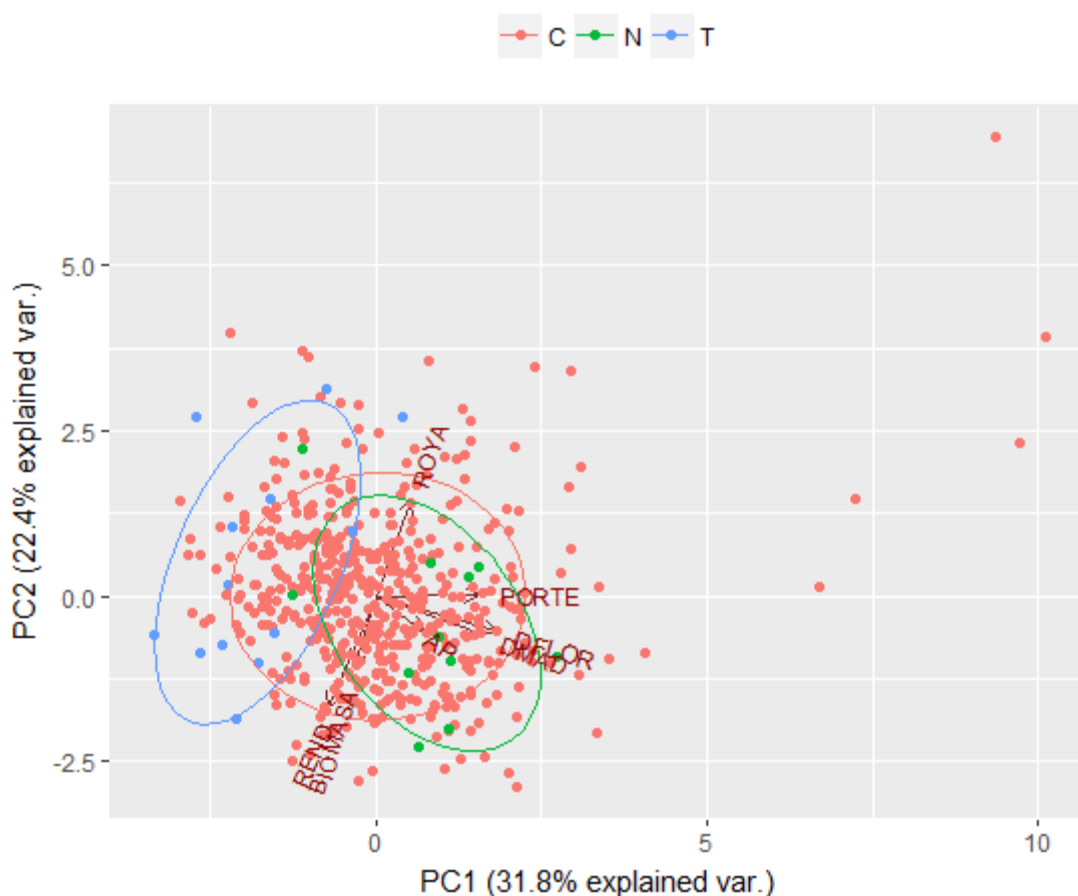


Figura 1. Biplot de las características agronómicas evaluadas en 530 genotipos de trigo evaluados en tres localidades en el ciclo otoño invierno 2015-16.



En la figura 3 se muestra la interacción de los genotipos con ambiente para la variable de porcentaje de daño por roya lineal amarilla, la mayoría de los genotipos mostraron estar cerca de la media, mientras que 103 genotipos fueron los que se mostraron ser mas resistentes con 0% de daño. Los genotipos 13, 16, 488, 515 y 529 mostraron ser los mas susceptibles con un daño de casi el 80%. Los genotipos más estables, con valores de CP1 bajos o cercanos a cero, la mayoría de los genotipos se comportaron de manera muy parecida. Los ambientes de Celaya, Xonotli y Jalisco presentaron entre ellos un ángulo menor de 90 grados por lo que clasifican a los genotipos de manera semejante, esto indica que se puede eliminar uno de ellos sin perder precisión en los resultados (Yan *et. al* 2000). La longitud de los vectores ambientales indicó que las tres localidades presentaron una gran variación entre genotipos. Las localidades de Xonotli y Jalisco mostraron tener daño por roya inferior a la media, no así para la localidad de Celaya donde se mostró tener más daño por la roya lineal amarilla.

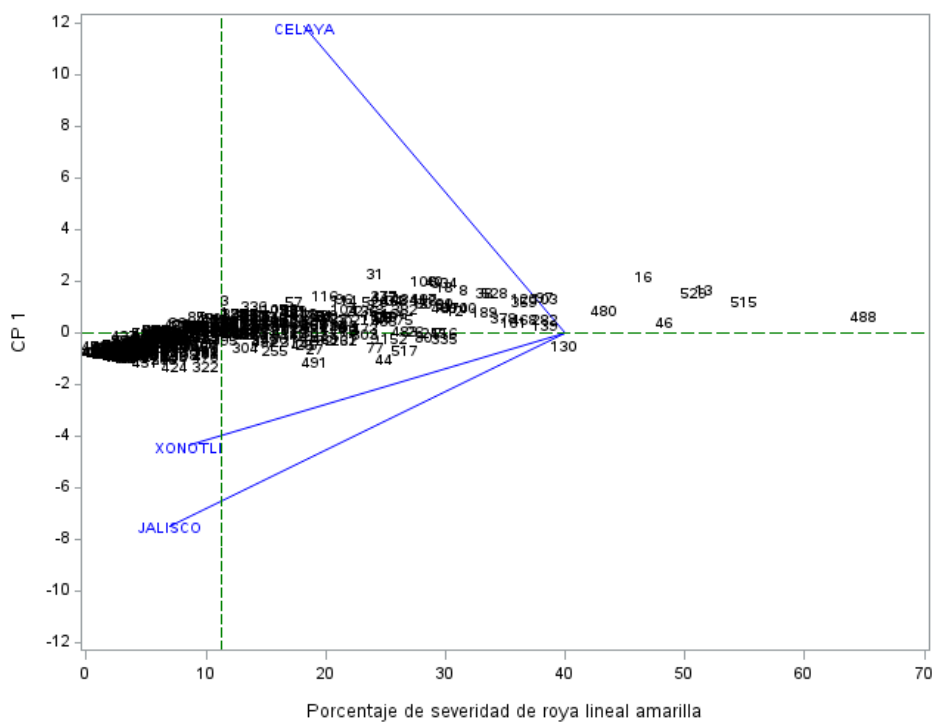


Figura 3. Biplot de la interacción genotipo ambiente de 530 genotipos de trigo evaluados en tres durante el ciclo otoño invierno 2015-16 en la variable porcentaje de severidad de roya lineal amarilla.

**Conclusiones:** Existe una correlación negativa entre el % de daño por roya lineal amarilla con el rendimiento de grano. Para las variables de biomasa y de rendimiento de grano existe una relación positiva. De los 530 genotipos de trigo existe una gran variabilidad desde porte planta, biomasa, días a floración, días a madurez, % de daño por roya, altura de planta y de rendimiento.

### Literatura citada

Arroyo, A., M. Balzarini, C. Bruno, J. Di Rienzo. 2005. Árboles de expansión mínimos: ayudas para una mejor interpretación de ordenaciones en bancos de germoplasma. *Interciencia*. Vol. 30 (9):550-554.

Asseng, S., F. Ewert, P. Martre, R. P. Rötter, D. B. Lobell, D. Cammarano. 2015. Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change* 5:143–147.

CANIMOLT, 2014. Disponible en línea <http://www.canimolt.org/>

Cimmyt. 2016. Identifican en trigos de México potencial genético de adaptación al cambio climático. Consultado en internet el 14/08/2016. [www.cimmyt.org](http://www.cimmyt.org) › Artículos especiales.

Denissen, C. J. M. 1993. Components of adult plant resistance to leaf rust in wheat. *Euphytica* 70:131-140.

Ebrahimnejad, S. and V. Rameeh. 2016. Correlation and factor analysis in spring bread wheat genotypes. *Cercetări Agronomice în Moldova* Vol. XLIX, No. 1 (165) / 2016: 5-15.

FAOSTAT, 2014. Food and agricultural commodities production. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> (consultado el 4 enero 2017).

McIntosh R. A., Wellings C. R, and Park R. F. 1995. *Wheat Rusts: An Atlas of Resistance Genes*. CSIRO Australia 200 p.

Reynolds, M., M. J. Foulkes, G. A. Slafer, P. Berry, M. A. J. Parry, J. W. Snape and W. J. Angus. 2009. Raising yield potential in wheat. *Journal of Experimental Botany*. 60: 1899-1918.

Roelfs, A. P. 1978. Estimated losses caused by rust in small grain cereals in the United States: 1918-1976. USDA. Mis. Pub. 1363. U.S. Gov. Print Office, Washington. D.C. pp: 1-85.

Salazar-Gómez, M. 1992. La red nacional de investigación en cereales de grano pequeño. Organización actual y planes futuros. In: I Conferencia Nacional sobre la Producción de Trigo en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Noroeste. Cd. Obregón, Sonora, México. pp. 35-47.

Shearman, V. J., R. Sylvester-Bradley, R. K. Scott, and M. J. Foulkes. 2005. Physiological processes associated with wheat yield progress in the UK. *Crop Science*. 45:175–185.

SIAP, 2015. Disponible en línea <http://www.gob.mx/siap/>

Torabi, M., and Nazari K. 1998. Seedling and adult plant resistance to yellow rust in Iranian bread wheats. *Euphytica* 100: 51-54.

Yan, W. L., A. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnic. 2000. Cultivars evaluation and mega-environment investigation based on GGE biplot. *Crop Science*. 40:597-605

## EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE HONGOS VESÍCULO ARBUSCULAR (HVA) SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN SORGO

Oscar A. Grageda Cabrera<sup>1</sup>; Manuel Jeronimo Arriaga<sup>1, 2</sup>; Sarahyt S. González Figueroa<sup>1, 2</sup>; Laura A. Ventura Araiza<sup>1, 2</sup>; Susana E. Preciado Ríos<sup>1, 2</sup>. Juan Carlos Raya Perez<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>C.E. Bajío-INIFAP, Km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Gto. C.P. 38010.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Roque. Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, C. P. 38110.

### RESUMEN

Se evaluó el efecto de 18 colectas de hongos vesículo arbusculares (HVA) en el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) variedad Fortuna. El experimento fue establecido en condiciones de invernadero con un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones, se evaluaron 20 tratamientos: dos testigos, uno 100% fertilizado y el otro 50% fertilizado y 18 colectas de HVA fertilizadas al 50%, teniendo 80 unidades experimentales con una densidad de siembra de 5 plantas por maceta. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, índice de clorofila, biomasa fresca y seca. En todas las variables evaluadas hubo tratamientos que igualaron estadísticamente al testigo 100% fertilizado y superaron al 50% fertilizado. En la variable de altura de planta, los tratamientos que mostraron este comportamiento fueron: Micorriza Pino, Micorriza Daniel, Multicepa Chiapas, *S. clavispora* TEMP-BCS y 28-Las Joyas; para índice de clorofila, 023/*Glomus mosseae*, 037/*Glomus intraradices*, 11 Amecameca, VER-17 R. intraradices y Micorriza INIFAPMR; para la variable biomasa fresca: Micorriza Pino, Multicepa Chiapas, 11 Amecameca, Multicepa CPD y 28-Las joyas. Y por último, para biomasa seca: Multicepa Chiapas, Micorriza Pino, Micorriza Daniel, 023/G. *mosseae*, 037/R. intraradices, 11 Amecameca, 30 Las joyas de Tejupilco, *S. clavispora* TEMP-BCS, Multicepa T, Multicepa CPD, 28-Las joyas. Por lo cual los tratamientos 28-Las joyas, Multicepa Chiapas y Micorriza Pino son colectas promisorias para proceder al incremento y hacer evaluaciones en campo.

**Palabras clave:** Micorriza, *Sorghum bicolor*, Biofertilizantes.

## SUMMARY

The effect of 18 collections of arbuscular vesicle fungi (HVA) on height, chlorophyll content and biomass production in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) was evaluated. The experiment was established under greenhouse conditions with a completely randomized experimental design with four replicates, 20 treatments were evaluated: two controls, one of them 100% fertilized and the other 50% fertilized and 18 HVA collections fertilized at 50%, having 80 experimental units with a planting density of 5 plants per pot. The evaluated variables were: plant height, chlorophyll index, dry and fresh biomass. In all the evaluated variables, there were treatments that statistically equated the 100% fertilized control and exceeded the 50% fertilized. In the plant height variable, the treatments that showed this behavior were: Micorriza Pino, Mycorrhiza Daniel, Multicepa Chiapas, *S. clavispora* TEMP-BCS and 28-Las Joyas; For chlorophyll index, 023 / *Glomus mosseae*, 037 / *Glomus intraradices*, 11 Amecameca, VER-17 R. intraradices and Mycorrhiza INIFAPMR; For the variable fresh biomass: Mycorrhiza Pino, Multicepa Chiapas, 11 Amecameca, Multicepa CPD and 28-Las Joyas and, finally, for dry biomass Multicepa Chiapas, Mycorrhiza Pino, Mycorrhiza Daniel, 023 / *G. Mosseae*, 037 / R. Intraradices, 11 Amecameca, 30 The jewels of Tejupilco, *S. clavispora* TEMP-BCS, Multicepa T, Multicepa CPD, 28-Las Joyas. Therefore, the treatments 28-Las Joyas, Multicepa Chiapas and Micorriza Pino are promising collections to proceed with the increase and make field evaluations.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha existido una mayor volatilidad de los precios de los alimentos; lo que afectó directamente a la seguridad alimentaria de 105 millones de personas (Friedrich, 2014), por lo que la tecnificación de la agricultura y el uso eficiente de las tierras es fundamental para alcanzar la seguridad alimentaria, reducir la pobreza y alcanzar un desarrollo integral sostenible.

El uso de fertilizantes ha sido un componente crítico para el mejoramiento de la productividad agrícola, en los suelos en los que la fertilización química ha contribuido con alrededor de un 30 a un 50% al incremento en la productividad de los cultivos (Pelletier *et al.*, 2011); sin embargo, estudios posteriores muestran los efectos detrimentales de estos productos químicos sobre el ambiente. A esta situación se le complementa el ineficiente aprovechamiento de los fertilizantes químicos por las plantas, a la reducción de las poblaciones microbianas y la microfauna; y al desbalance del estatus nutricional del suelo (Friedrich, 2014).

La estrategia de seguridad alimentaria y principal reto en la agricultura es producir más con menos, aprovechar y eficientar el uso de los recursos naturales, lo que ha conducido a la utilización de microorganismos que al ser inoculados pueden vivir asociados o en simbiosis con la plantas y le ayudan a su nutrición y protección (Jordan *et al.*, 2000; Martinez, 2009), por el desconocimiento de los productores, el manejo de biofertilizantes pasan desapercibidos en la agricultura (Terry *et al.*, 2005).

Por otro lado, la agricultura se encuentra enfocada en la siembra de cinco cereales que forman parte de la alimentación y tienen presencia en los cinco continentes (FAO, 2015), el sorgo es el quinto cereal más importante por el volumen de producción y la superficie cultivada y México tiene una cantidad de producción sobresaliente (USDA, 2016).



Los hongos micorrízicos arbusculares HVA son altamente compatibles con el cultivo de sorgo, lo que hace a los biofertilizantes micorrízicos una herramienta para mejorar los rendimientos y reducir los costos de producción (Pentón *et al.*, 2011). Por lo antes mencionado, el presente trabajo tiene por objetivo evaluar la efectividad biológica de colectas de HVA sobre la producción en el cultivo de sorgo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El experimento se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero, en el campo experimental Bajío (CEBAJ) del instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INFAP), Km 6.5 Carretera Celaya – San Miguel de Allende, Celaya Guanajuato México (20° 35' 22.7" N, 100° 49' 28.9 " O y 1755 msnm). El clima que predomina es semicálido (García, 1988); la temperatura media anual es de 18.2 °, con una precipitación pluvial media de 550 a 710 mm año<sup>-1</sup>.

La variedad evaluada fue Sorgo Fortuna, tipo forrajero.

### **Variables evaluadas**

#### **Altura de planta**

El monitoreo de altura de la planta se realizó cada 15 días después de la siembra (dds), con la ayuda de un flexómetro, se tomó la medida desde la base hasta la parte apical de la planta.

#### **Índice de clorofila**

La medición de clorofila se inició a los 30 dds y a partir de ahí cada 15 días, utilizando el monitor SPAD.

#### **Medición de biomasa fresca y biomasa seca**

Se pasó la parte aérea de la planta; para biomasa seca se puso la materia en una bolsa y se metió en un horno a una temperatura de 75°C durante 48 h, al terminar el tiempo se procedió a pesar.

#### **Diseño experimental**

Se utilizó un diseño experimental, completamente al azar con cuatro repeticiones, se evaluaron 20 tratamientos: 18 cepas de HVA fertilizados con 50% de la dosis recomendada y dos testigos: 100 % y 50% fertilizados. Para analizar la información se realizaron análisis de varianza (ANOVA). El análisis de la información se hizo en el programa SAS Institute (2014) versión 9.3. La comparación de medias se realizó por medio de la prueba de comparación múltiple de medias de Fisher (DMS) ( $\alpha \leq 0.05$ ).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La altura obtenida en los diferentes tratamientos se muestra en el Cuadro 1, Micorriza Pino, Multicepa Chiapas, 11 Amecameca, Multicepa CPD y 28-Las joyas fueron los que mostraron un comportamiento estadísticamente igual al del testigo 100% fertilizado y superaron al testigo 50% fertilizado. El biofertilizante ejerce una influencia sobre la planta, fundamentalmente a través de las raíces y raicillas, ello le atribuye una especial importancia para la supervivencia y el desarrollo de los cultivo durante la fase de establecimiento, debido a que las planta con raíces más desarrolladas, más finas, bien distribuidas y con mayor proporción de pelos absorbentes atraen más elementos nutricionales (Pentón *et al.*, 2011). La efectividad dependen del inóculo, Pentón *et al.*, (2011) evaluó dos biofertilizantes con

un testigo en sorgo resultando que los dos biofertilizantes no fueron diferentes en la altura entre sí, pero superiores al testigo. Tiradery y Roy (1999), encontraron que la forma en la colonización en la raíz, manifestado en el enraizamiento, tiene una correlación positiva con la longitud del tallo.

Cuadro1. Comparación de medias para la variable altura de sorgo fortuna.

Tratamiento	Altura (cm)
	120 dds
Micorriza Pino	59.80 abcd*
Micorriza Daniel	61.27 ab
Multicepa Chiapas	61.40 ab
023/ <i>G. mosseae</i>	58.57 bcde
037/ <i>R. intraradices</i>	58.60 bcde
043 <i>G. mosseae</i>	55.45 efgh
11 Amecameca	57.90 bcdef
30 Las joyas de Tejupilco	57.40 cdefg
<i>S. clavispora</i> TEMP-BCS	60.92 abc
VER-17 <i>R. intraradices</i>	51.35 i
Multicepa T	57.97 bcdef
Multicepa CPD	57.95 bcdef
Multicepa Nuevo León	52.12 hi
Multicepa Chile	56.45 defg
Multicepa Bajío	57.92 bcdef
28-Las joyas	62.45 a
San Marcos Otumba	51.47 i
Micorriza INIFAP <sup>MR</sup>	54.05 ghi
Testigo 100% Fertilización	59.87 abcd
Testigo 50% Fertilización	54.40 fgghi
DMS	3.84

\*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales DMS ( $p \leq 0.05$ )

El índice de clorofila se presenta en el Cuadro 2, se encontró que los valores más altos fueron obtenidos por 023/*Glomus mosseae*, 037/*Glomus intraradices*, 11 Amecameca, VER-17 *R. intraradices* y Micorriza INIFAP®, con un comportamiento estadísticamente igual al testigo 100% fertilizado y superando al testigo 50% fertilizado. Esto refleja como la eficiencia que realiza la cepa de algunas colectas de HVA con respecto a la asimilación del nitrógeno se ve reflejado en la capacidad de la absorción de la energía lumínica para la transformación en energía química que la misma planta utiliza para su desarrollo y en lo que es evidente la reducción de los insumos utilizados en fertilización con respecto a los HVA para la obtención de un producto final que conserva la misma calidad.

La clorofila es un pigmento fotosintético. El mayor papel de este pigmento es absorber y reaccionar con la luz visible en Fotosíntesis (Taiz y Zeiger, 2010). El contenido de clorofila por unidad de área foliar (densidad de clorofila) es utilizado como índice de capacidad fotosintética y crecimiento de muchas plantas de cultivo siendo muy importante parámetro de crecimiento de determinar el rendimiento de crecimiento en el cultivo (Bowyer y Leegood, 1997). Las tasas fotosintéticas de cultivares están positivamente correlacionados con concentraciones de clorofila en las hojas (Ruttanapraserit *et al.*, 2012), la inoculación de las plantas con los HVA realizan una estimulación en la tasa de transpiración y aumentan la tasa de fotosíntesis debido a las mejores relaciones hídricas de los HVA (Zhao *et al.*, 2015).

Cuadro 2. Comparación de medias para la variable índice de Clorofila para sorgo fortuna

Tratamiento	Índice de Clorofila (U.SPAD)
	75 dds
Micorriza Pino	30.44 bc*
Micorriza Daniel	30.22 c
Multicepa Chiapas	31.41 bc
023/ <i>G. mosseae</i>	32.70 abc
037/ <i>R. intraradices</i>	35.03 a
043 <i>G. mosseae</i>	32.13 bc
11 Amecameca	32.65 abc
30 Las joyas de Tejupilco	31.29 bc
<i>S. clavispora</i> TEMP-BCS	30.99 bc
VER-17 <i>R. intraradices</i>	33.05 a
Multicepa T	30.75 bc
Multicepa CPD	31.31 bc
Multicepa Nuevo León	31.53 bc

Multicepa Chile	30.35 bc
Multicepa Bajío	31.04 bc
28-Las joyas	30.12 c
San Marcos Otumba	30.83 bc
Micorriza INIFAP <sup>MR</sup>	32.89 abc
Testigo 100% Fertilización	35.20 a
Testigo 50% Fertilización	30.64 bc
DMS	2.77

\*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales DMS ( $p \leq 0.05$ )

La producción de biomasa fresca indica cómo la planta aprovecha los recursos del suelo y de la energía lumínica, para convertirlo en su expresión de reserva para su área foliar o para la generación de semilla y/o grano. Como se muestra el Cuadro 3, para la producción de biomasa fresca no todos los HVA mostraron el potencial para la generación de biomasa fresca, los tratamientos que destacaron fueron: Micorriza Pino, Multicepa Chiapas, 11 Amecameca, Multicepa CPD y 28-Las joyas, los cuales tuvieron un comportamiento estadísticamente igual al del testigo 100% fertilizado y superaron al testigo 50% fertilizado.

Cuadro 3. Comparación de medias para la variable biomasa fresca de sorgo fortuna.

Tratamiento	BF (g)
	134 dds
Micorriza Pino	218.68 abc*
Micorriza Daniel	227.53 ab
Multicepa Chiapas	232.05 a
023/ <i>G. mosseae</i>	195.23 cdef
037/ <i>R. intraradices</i>	185.43 defg
043 <i>G. mosseae</i>	167.68 fgh
11 Amecameca	213.53 abcd
30 Las joyas de Tejupilco	197.35 bcdef
<i>S. clavispora</i> TEMP-BCS	197.65 bcdef
VER-17 <i>R. intraradices</i>	116.83 j
Multicepa T	197.18 bcdef

Multicepa CPD	201.23 abcde
Multicepa Nuevo León	146.83 hij
Multicepa Chile	155.58 ghi
Multicepa Bajío	156.45 ghi
28-Las joyas	202.43 abcde
San Marcos Otumba	134.95 ij
Micorriza INIFAP <sup>MR</sup>	157.03 ghi
Testigo 100% Fertilización	213.63 abcd
Testigo 50% Fertilización	179.86 efg
DMS	31.49

\*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales DMS ( $p \leq 0.05$ ).

Con respecto a la evaluación de biomasa seca, se han reportado valores, dependiendo de la especie forrajera, incrementos entre 20 y 30% (Vargas-Rodríguez y Claudio Fabián, 2008); Elizondo, 2005; Müller *et al.*, 2005). En el presente ensayo, como se muestra en el Cuadro 4, los tratamientos Micorriza Pino, Micorriza Daniel, Multicepa Chiapas, 023/*G. mosseae*, 037/*R. intraradices*, 11 Amecameca, 30 Las joyas de Tejupilco, *S. clavispora* TEMP-BCS, Multicepa T, Multicepa CPD, 28-Las joyas, tuvieron un comportamiento estadísticamente igual que el testigo 100% fertilizado y superaron al testigo 50% fertilizado. Logrando incrementar hasta un 35% más con respecto al testigo. Las plantas micorrizadas incrementan la eficiencia en la absorción de nutrimentos.

Cuadro 4. Comparación de medias para la variable biomasa seca para sorgo fortuna.

Tratamiento	BS (g)
	134 dds
Micorriza Pino	82.72 a*
Micorriza Daniel	82.02 a
Multicepa Chiapas	83.70 a
023/ <i>G. mosseae</i>	72.60 abcd
037/ <i>R. intraradices</i>	79.30 ab
043 <i>G. mosseae</i>	58.57 defgh
11 Amecameca	75.85 abc
30 Las joyas de Tejupilco	68.50 abcdef
<i>S. clavispora</i> TEMP-BCS	70.52 abcde

---

VER-17 <i>R. intraradices</i>	36.52 i
Multicepa T	80.35 ab
Multicepa CPD	70.27 abcde
Multicepa Nuevo Leòn	48.65 jhi
Multicepa Chile	58.57 defgh
Multicepa Bajìo	52.75 fghi
28-Las joyas	68.20 abcdef
San Marcos Otumba	48.02 hi
Micorriza INIFAP <sup>MR</sup>	60.85 cdefgh
Testigo 100% Fertilización	70.50 abcde
Testigo 50% Fertilización	65.05 bcdefg
DMS	16.58

---

\*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales DMS ( $p \leq 0.05$ ).

## CONCLUSIONES

La inoculación con HVA en el cultivo de sorgo incrementó la altura, índice de clorofila y producción de biomasa en el cultivo de sorgo. Se incrementa la relación beneficio/costo al reducir las dosis de fertilización sin efecto del rendimiento. Los tratamientos micorriza Daniel, micorriza pino, multicepa Chiapas y 28-Las joyas, Multicepa son promisorios para utilizarse como biofertilizantes micorrízicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bowyer JR; Leegood RC. (1997). Photosynthesis. *In*: P.M. Dey, and J.B. Harbome, eds., Plant Biochemistry. Academic Press Inc., London, pp. 49–110.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). (1986). Ciclo lectivo sobre el tema técnicas de investigación en micorriza. Editorial CIDIA, Costa rica 48 p.

Elizondo J. (2005). Forraje verde hidropónico. Una alternativa para la alimentación animal. Revista ECAG informa (32): 36-39

FAO (Food and Agriculture Organization). (2015). Perspectivas por sectores principales. [Fecha de consulta: 6 de noviembre del 2016, disponible en: <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s08.htm>]

Friedrich T. (2014). Food security: current challenges. Cuban Journal Of Agricultural Science, 48(4), 319-322.

Müller L; Manfron P; Santos O; Medeiros S; Haut V; Dourado D; Binotto E; Bandeira A. (2005). Producción y composición bromatológica de forraje hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) con diferentes densidades de siembra y días de cosecha. *Brasil. Zootecnia Tropical* 23(2): 105-119.

Pelletier, N., Audsley, E., Brodt, S., Garnett, T., Henriksson, P., Kendall, A., Kramer, K.J., Murphy, D., Nemecek, T., and Troell, M. 2011. Energy intensity of agriculture and food systems. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 36:223-246.

Pentón G; Reynaldo I; Martín GJ; Rivera R; Oropesa K. 2011. Uso del EcoMic® y el producto bioactivo Pectimorf® en el establecimiento de dos especies forrajeras. *Pastos y Forrajes*, 34(3), 281-294. consultado en 15 de marzo de 2017.

Ruttanaprasert R; Jogloy S; Vorasoot N; Kesmala T; Kanwar RS; Holbrook CC; Patanothai A. 2012. Relationship between chlorophyll density and spad chlorophyll meter reading for jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *SABRAO Journal Of Breeding & Genetics*, 44(1), 149-162

Taiz L; Zeiger E. (2010). *Plant Physiology*, 5th ed. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

Tikader A; Roy BN. (1999). Correlation and path analysis studies in rooting parameters of exotic mulberry germoplasm accesions (*Morus* spp). *India J. of Forestry*. 22(4):357

USDA (United States Department of Agriculture). (2016). *Sorgo producción mundial 2016/2017*. [Fecha de consulta: 13 de septiembre del 2016, disponible en: <https://www.produccionmundialsorgo.com/>].

Vargas-Rodríguez C. F. (2008). Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. *Agronomía Mesoamericana*, Julio-Diciembre, 233-240.

Zhao RX; Guo W; Bi N; Guo J Y; Wang LX; Zhao J; Zhang J. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi affect the growth, nutrient uptake and water status of maize (*Zea mays* L.) grown in two types of coal mine spoils under drought stress. *Appl Soil Ecol* 88: 41–4

## **POBLACIONES MICROBIANAS EN DISTINTOS SISTEMAS DE LABRANZA Y ROTACIÓN DE CULTIVOS EN EL CUARTO CICLO DE SIEMBRA**

Sarahyt S. González Figueroa<sup>1,2</sup>; Oscar A. Grageda Cabrera<sup>1</sup>; Jorge Covarrubias Prieto<sup>2</sup>; Cesar L. Aguirre Mancilla<sup>2</sup>; Juan C. Raya Pérez<sup>2</sup>; José Cueto Wong<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> INIFAP-CEBAJ, Celaya, Guanajuato, México <sup>2</sup> Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato, México. Autor responsable: sarahytgonzalez@hotmail.com

### **RESUMEN**

El uso intensivo de prácticas agrícolas inadecuadas ha contribuido a la degradación microbiana del suelo. Debido a que los microorganismos son un indicador de la calidad del suelo, el presente trabajo tiene como objetivo cuantificar las poblaciones microbianas en los distintos sistemas de labranza y rotación de cultivos en la región de El Bajío para lo cual se instaló un ensayo que comprendió 6 ciclos de cultivo (dos por año), en el ciclo P-V se cultivó maíz y frijol, y en el O-I trigo y garbanzo. El presente trabajo comprende los trabajos realizados en el cuarto ciclo de cultivo (O-I). El diseño del experimento consistió en parcelas divididas en bloques al azar con cuatro repeticiones, donde las parcelas principales fueron los tipos de labranza (tradicional, tradicional con incorporación de residuos y de conservación) y las subparcelas fueron las rotaciones de cultivo (cereal-cereal, cereal-leguminosa y leguminosa-cereal). Se realizaron muestreos de suelo durante las etapas de siembra, floración y cosecha. En el laboratorio se cuantificaron las poblaciones de bacterias, actinomicetos, hongos y totales. Las poblaciones microbianas más altas por etapa de muestreo se observó en la siembra, por tipo de labranza fue en la de conservación, por rotación en leguminosa-cereal y el tipo de microorganismo que proliferó fueron los actinomicetos. En la interacción Etapa de muestreo-Labranza-Rotación, la población total más alta la observamos a la siembra en labranza de conservación con rotación leguminosa-cereal. Todos los tratamientos mostraron un decremento en las poblaciones microbianas en la cosecha esto puede deberse a la temperatura en el ciclo O-I, concluimos que existe una relación estrecha entre las actividades agrícolas y las poblaciones microbianas presentes en el suelo.

**Palabras clave:** microorganismos, ciclos biogeoquímicos, degradación, suelos.

### **SUMMARY**

The intensive use of inadequate agricultural practices has contributed to microbial soil degradation. Because microorganisms are a soil quality indicator, the present work aims to quantify the microbial populations in different systems of tillage and crop rotation in the Bajío region, for which an experiment was installed. It included 6 Crop cycles (two per year), in the Spring-Summer cycle, maize and beans were grown, and in Autumn-Winter, wheat and chickpea. The current assay includes the work done in the fourth crop cycle (A-W). The experimental design consisted in plots, divided in random blocks with four replications, where the main plots were the types of tillage (traditional, traditional with incorporation of residues and conservational) and the subplots were crop rotations (cereal-cereal, Cereal-legume and legume-cereal). Soil samples were collected during the sowing, flowering and harvesting stages. In the laboratory, the total populations of bacteria, actinomycetes and fungi were quantified. The highest microbial populations per sampling stage were observed in the sowing; the type of tillage, in the conservational; and the rotation in the legume-cereal and the type of microorganism that proliferated was the actinomycetes. In the interaction Stage Sampling-Tillage-Rotation, the highest



total population was observed when sowing in conservation tillage with legume-cereal rotation. All treatments showed a decrease in the microbial populations in the harvest. This may be due to the temperature in the A-W cycle. We conclude that there is a close connection between the agricultural activities and the microbial populations that are present in the soil.

**Key words:** microorganisms, biogeochemical cycles, degradation, soils.

## INTRODUCCIÓN

Se estima que para el año 2050 la población mundial alcanzará los 9,000 millones de habitantes, lo que significa que aumentará la demanda alimentaria de forma constante. Por lo cual será necesario duplicar los rendimientos de los cultivos para satisfacer la demanda de alimentos (Fernández, 2009), lo cual ha orillado a adoptar prácticas agrícolas como el monocultivo, la quema de los residuos de cosecha, el uso indiscriminado de pesticidas y la adición constante de fertilizantes (característico de la agricultura intensiva), las cuales contribuyen a la degradación de los suelos. Estas actividades, no solo provocan daños al suelo como el agotamiento de nutrientes, compactación, contaminación y erosión, sino que también origina otros problemas como lo es la inseguridad alimentaria o riesgos sanitarios, contaminación de agua y aire, liberación de gases de efecto invernadero, pérdida de cultivos por invasión de plagas, reducción de la biodiversidad y por ende la disminución de la materia orgánica (Aristizabal y Baquero, 1999; Ganduglia *et al.*, 2009; Gliessman, 2002; IICA, 1997; Sayre y Govaerts, 2012).

En México una de las regiones más importantes para la producción de cereales y hortalizas es la región de El Bajío, que comprende las zonas planas de Querétaro, Guanajuato, Michoacán y Jalisco (Solís y Rodríguez, 2014). Cuenta con aproximadamente 1,100,000 ha de suelos vertisoles, los cuales tienen un alto potencial para la producción agrícola; sin embargo, la agricultura intensiva ha provocado la pérdida de la fertilidad natural y por consiguiente a la necesidad de aplicar mayores dosis de fertilizantes químicos, lo que incrementa significativamente los costos de producción y afecta la rentabilidad (Grageda, 1999; Ongley, 1997; Puignau *et al.*, 1995).

Para afrontar esta problemática se ha difundido la importancia de utilizar un sistema de agricultura conservacionista y sustentable basado en tres principios fundamentales: la perturbación mínima del suelo, cobertura del suelo con residuos de cosecha y rotación de cultivos (IICA, 1997; Sayre y Govaerts, 2012), por lo cual los productores de El Bajío han empezado a adoptar prácticas de agricultura de conservación, lo cual constituye una opción viable para revertir la problemática. Este tipo de práctica tiene la ventaja de aumentar a mediano plazo el contenido de materia orgánica y actividad biológica, lo cual incide en las propiedades edáficas (MacEwan *et al.*, 1997).

La utilización de estas prácticas agrícolas traería consigo grandes beneficios a corto y largo plazo, por ejemplo: un aumento en el rendimiento, bajos costos de producción, salud alimentaria, bajo riesgo para las comunidades, mejor manejo de los recursos de suelo y agua, pocas probabilidades de erosión y compactación del suelo, reducción en la liberación de gases por el uso de combustibles, poca degradación de materia orgánica y alta diversidad de especies (Aristizabal y Baquero, 1999; FAO, 2002).

Actualmente, diversos estudios revelan que las prácticas agrícolas que se realizan en el suelo determinan la cantidad y tipo de microorganismos presentes en éste (García *et al.*, 2006; Kennedy y Smith, 1995). Dichos microorganismos son de interés ya que representan un indicador de la calidad del

suelo (Díaz y Rava, 2007; Ramos y Zúñiga, 2008). Por ello, surge la necesidad de describir el comportamiento de las cinéticas microbianas de distintos sistemas de labranza y rotación de cultivos en la región de El Bajío, para proponer prácticas agrícolas que garanticen un balance positivo de microorganismos, materia orgánica, nutrientes y el uso eficiente de los recursos del sistema suelo-planta (Grandy *et al.*, 2006). Para ello se cuantificaron las poblaciones de bacterias, actinomicetos y hongos presentes a distintas profundidades del suelo en diferentes sistemas de labranza y rotación de cultivos durante el cuarto ciclo otoño- invierno de un ensayo programado a seis ciclos de cultivo, con esto se identificó qué tipo de labranza y rotación de cultivo incrementa las poblaciones microbianas en el suelo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se diseñó un experimento factorial con arreglo de franjas divididas y cuatro repeticiones, donde los factores fueron los tipos de labranza (labranza tradicional, labranza tradicional con incorporación de residuos y labranza cero) y las rotaciones de cultivo: Cereal-Cereal (C-C) donde se sembró maíz en el ciclo P-V y trigo en el ciclo O-I; Leguminosa -Cereal (L-C) donde se sembró frijol en el ciclo P-V y trigo en el ciclo O-I; y Cereal-Leguminosa (C-L) donde se sembró maíz en el ciclo P-V y garbanzo en el ciclo O-I.

El diseño experimental en laboratorio fue un tetrafactorial con un arreglo completamente al azar con tres repeticiones. Donde los factores fueron: las etapas de muestreo, labranzas, rotaciones y tipo de microorganismos (bacterias, actinomicetos, hongos y población total).

El muestreo de suelo se llevo cabo en zig-zag de 12 puntos en cada una de las unidades experimentales. Se tomaron en tres etapas, durante la siembra, floración y cosecha.

SE cuantificaron las poblaciones de Bacterias, Actinomicetos y Hongos, utilizando la técnica de diluciones seriadas (Tortora *et al.*, 2007) y extensión en placa. Los medios de cultivo utilizados fueron: Medio Agar Dextrosa Papa (PDA) + Benlate (Bacterias); PDA + Estreptomina (Hongos) y Medio Selectivo Czapek modificado (Actinomicetos). Los tiempos de incubación fueron diferentes para cada tipo de microorganismo: en bacterias fue de 24 a 48 h, en actinomicetos de 2 a 3 días, mientras que en hongos fue de 5 días aproximadamente (MacFadin, 2003). Concluido el periodo de incubación se realizó el recuento de colonias en cada placa solo tomando aquellas que se encontraban en el rango de 30-300 y posteriormente el cálculo de UFC (Tortora *et al.*, 2007).

Los datos obtenidos fueron analizados utilizando el programa SAS (SAS, 2010), donde se realizó un análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba DMS con  $p \leq 0.05$ . Las variables independientes registradas fueron: las etapas (siembra, floración y cosecha), labranzas (tradicional, tradicional con incorporación de residuos y cero), rotaciones (C-C, C-L y L-C), profundidades (0-5, 5-15, 15-30 y 0-30 cm) y repeticiones (tres); mientras que las variables dependientes fueron las poblaciones de microorganismos (bacterias, actinomicetos, hongos y totales).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el análisis de varianza mostrado en el Cuadro 1 se puede observar que existen diferencias altamente significativas entre las fuentes de variación consideradas, como la etapa, labranza, rotación y profundidad, así como sus respectivas interacciones.

**Cuadro 1.** Cuadrados medios, grados de libertad y nivel de significancia de las poblaciones de microorganismos en diferentes etapas, sistemas de labranza, rotación de cultivos y profundidades de suelo evaluadas en campo. 4to. Ciclo O-I, INIFAP-CEBAJ.

Fuentes de variación	gl	Cuadrados Medios			
		Bacterias	Actinomicetos	Hongos	Total
Etapa	2	171.46**	1600.76**	1.04**	2915.03**
Labranza	2	164.07**	1690.02**	4.69**	3133.50**
Rotación	2	10.43**	909.49**	0.419**	1121.03**
Profundidad	2	64.33**	1035.06**	0.012**	1596.34**
Etapa*Labranza	4	177.94**	2451.15**	0.946**	4027.96**
Etapa*Rotación	4	19.11**	1703.19**	1.82**	2156.41**
Etapa*Profundidad	4	143.43**	2336.31**	1.39**	3717.39**
Labranza*Rotación	4	121.91**	2411.52**	0.526**	3398.97**
Labranza*Profundidad	4	161.97**	2431.87**	0.786**	3848.59**
Rotación*Profundidad	4	92.17**	2322.72**	1.25**	3356.77**
Etapa*Labranza*Rotación	8	212.05**	4122.89**	2.54**	5955.33**
Etapa*Labranza*Profundidad	8	311.69**	4717.17**	2.13**	7560.74**
Etapa*Rotación*Profundidad	8	155.93**	4358.37**	1.95**	6235.00**
Labranza*Rotación*Profundidad	8	116.94**	3828.25**	2.82**	5371.04**
Etapa*Labranza*Rotación*Profundidad	16	303.94**	8046.54**	7.91**	11711.15*
Error	160	0.034	0.071	0.002	0.142
C.V.	--	9.81	7.32	16.27	6.49

\*, \*\*= Significancia estadística al nivel 0.01; gl= Grados de libertad; C.V.= Coeficiente de Variación.

En el Cuadro 2 se observa que las etapas con mayor presencia de poblaciones microbianas fueron siembra y cosecha, siendo la etapa de floración aquella que presentó un descenso importante debido quizás a la producción de exudados por las raíces de los cultivos que en ocasiones puede inhibir el crecimiento de algunas poblaciones. Por otro lado, se sabe que las poblaciones de microorganismos son benéficas para las plantas, pero también las plantas benefician a los microorganismos depositando una gran variedad de compuestos orgánicos que pueden ser utilizados como sustrato para su crecimiento, a pesar de esto en ocasiones ambos se ven en la necesidad de competir por los

nutrimentos cuando no son suficientes, por lo que este puede ser otro factor por lo cual disminuyen las poblaciones microbianas en la etapa de floración y cosecha (Anaya, *et al.* 2001; Cano, 2011).

**Cuadro 2.** Comparación de medias para las poblaciones de microorganismos en diferentes etapas evaluadas en campo. 4to. Ciclo O-I, INIFAP-CEBAJ.

Etapa de muestreo	Poblaciones de microorganismos (UFC g <sup>-1</sup> de suelo)			
	Bacterias	Actinomicetos	Hongos	Total
Siembra	3.08 a*	7.23 a	0.359 a	10.67 a
Floración	1.33 b	1.38 c	0.208 c	2.92 c
Cosecha	1.28 b	2.29 b	0.239 b	3.81 b
DMS	0.058	0.083	0.014	0.117

\*Valores con la misma letra dentro de cada variable son estadísticamente iguales (DMS p≤0.05).

El Cuadro 3 se nos muestra que la labranza cero fue el sistema que incrementó notablemente el número de microorganismos totales, esto se debe a que es un sistema en el que no se remueve el suelo por lo que se crea una cobertura de materia vegetal que le brinda nutrientes, regula la temperatura, aumenta la aireación y mejora su estructura; permitiendo con ello una mejor retención y drenaje de agua, las cuales son condiciones favorables para el desarrollo de microorganismos. Por su parte, la labranza tradicional con incorporación de residuos fue la segunda con mayor número de poblaciones superando a la labranza tradicional, lo cual se debe a la adición de residuos vegetales, a pesar de que se basan en el mismo principio de remoción del suelo, ya que compensa la pérdida de materia orgánica, protege la superficie del suelo regulando la temperatura, permite una mayor infiltración del agua mejorando con ello la estructura del suelo y permitiendo el desarrollo de los microorganismos (Díaz, 2010; FAO, 2000).

**Cuadro 3.** Comparación de medias para las poblaciones de microorganismos en diferentes sistemas de labranza evaluadas en campo. 4to. Ciclo O-I, INIFAP-CEBAJ.

Tipos de labranza	Poblaciones de microorganismos (UFC g <sup>-1</sup> de suelo)			
	Bacterias	Actinomicetos	Hongos	Total
Tradicional	1.12 c*	1.44 c	0.174 b	2.74 c
Tradicional-Incorporación de Residuos	1.53 b	2.12 b	0.168 b	3.83 b
Cero	3.03 a	7.34 a	0.466 a	10.84 a
DMS	0.058	0.083	0.014	0.117

\*Valores con la misma letra dentro de cada variable son estadísticamente iguales (DMS p≤0.05).

En el Cuadro 4 se puede notar que tanto las bacterias como los actinomicetos y hongos presentaron mayor número de poblaciones en la rotación L-C continuando con la rotación C-L y finalizando con la rotación C-C, la cual resulto poco conveniente para el desarrollo microbiano. El incremento en la

rotación L-C se debe a que las leguminosas en rotación con cereales confieren un aporte de nitrógeno, controlan las malezas de gramíneas, interrumpen los ciclos de enfermedades, mejoran las condiciones físicas del suelo y con todo ello contribuyen al crecimiento de microorganismos (Mera y Rouanet, 2003).

**Cuadro 3.** Comparación de medias para las poblaciones de microorganismos en diferentes rotaciones de cultivo evaluados en campo. 4to. Ciclo O-I, INIFAP-CEBAJ.

Rotación de Cultivos	Poblaciones de microorganismos (UFC g <sup>-1</sup> de suelo)			
	Bacterias	Actinomicetos	Hongos	Total
C-C	1.62 c*	2.13 c	0.225 c	3.98 c
L-C	2.11 a	6.37 a	0.325 a	8.82 a
C-L	1.96 b	2.41 b	0.258 b	4.61 b
DMS	0.058	0.083	0.014	0.117

\*Valores con la misma letra dentro de cada variable son estadísticamente iguales (DMS  $p \leq 0.05$ ); donde C-C= cereal-cereal, L-C= leguminosa-cereal, C-L= cereal-leguminosa

## CONCLUSIONES

El sistema de LC incrementó drásticamente el número de poblaciones microbianas y la rotación con las mayores poblaciones de microorganismos fue la L-C, de acuerdo con algunas investigaciones esta aporta un mayor contenido de fósforo y nitrógeno, elementos más utilizados no solo por las plantas, sino también por los microorganismos del suelo.

Por su parte, la etapa que incrementó la actividad microbiana del suelo fue la siembra, ya que hay una mayor disponibilidad de nutrientes gracias a los residuos de las cosechas anteriores, mientras que las etapas de floración y cosecha se vieron afectadas por la competencia y la producción de exudados de las plantas que inhiben ciertas especies de microorganismos.

Los microorganismos que más prevalecieron en los diversos tratamientos fueron los actinomicetos, seguido por las bacterias y por último los hongos con una pequeña proporción. Lo cual indica que los actinomicetos tuvieron una mayor adaptabilidad al clima de El Bajío y a las temperaturas del ciclo otoño-invierno.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anaya A; Espinosa F; Cruz R. (2001). Relaciones químicas entre organismos. Aspectos básicos y perspectivas de su aplicación. Universidad Autónoma de México, Instituto de Ecología. Plaza y Valdés. México. pp. 100-102.

Aristizabal D; Baquero JE. (1999). Tecnologías conservacionistas para el manejo de suelos arroceros en la Orinoquia Colombia. Boletín Técnico No. 15. Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria. Cooperación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Villavicencio, Colombia. pp. 25-38.

Cano MA. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica. Vol. 14. Núm. 2: 15-3

Díaz R; Rava C. (2007). Aportes de la ciencia y la tecnología al manejo productivo y sustentable de los suelos del cono sur. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Montevideo, Uruguay. pp. 69-70.

Díaz F. (2010). Labranza Cero. Recuperado en: <http://www.abc.com.py/articulos/labranza-cero-56447.html>

FAO. (2000). Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y aguas Núm. 8. FAO. Roma, Italia. pp. 35-59.

FAO. (2002). Agricultura de conservación: Estudio de casos en América Latina y África. Boletín de suelos de la FAO Núm. 78. FAO. Roma, Italia. pp. 7-9.

Fernández AS. (2009). El mejoramiento genético y la crisis global de alimentos. Recuperado en: [http://www.en-gormix.com/el\\_mejoramiento\\_genetico\\_crisis\\_s\\_articulos\\_2587\\_AGR.htm](http://www.en-gormix.com/el_mejoramiento_genetico_crisis_s_articulos_2587_AGR.htm).

Ganduglia F; León J; Gasparini R; Rodríguez M; Huarte G; Estrada J; Filgueiras E. (2009). Manual de biocombustibles. Asociación Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural en Latinoamérica y el Caribe. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. S/L. pp. 167-168.

García I; Michelena R; Rodríguez A; Montemitoli I; Gatti S; Rorig M. (2006). Ocurrencia de micorrizas Vesículo Arbusculares en plantas de maíz, soja y trigo en sistemas de siembra directa. En Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Argentina. pp. 67-72.

Gliessman S. (2002). Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. pp. 3-10.

Grageda O. (1999). La fertilización nitrogenada en El Bajío guanajuatense como fuente potencial de contaminantes ambientales. Tesis de Doctorado. CINVESTAV-IPN. DF, México. pp. 145.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (1997). Agroforos. Hacia una agenda para la agricultura de las Américas. IICA. San José, Costa Rica. pp. 9-10.

Kennedy A; Smith K. 1995. Soil microbial diversity and sustainability of agricultural soils. In Plant and Soil. S/L. pp. 75-86.

MacEwan R; Gregorivh E; Carter M. (1997). Soil quality: indicators: pedological aspects. In Soil quality for crop production and ecosystem health. Development in Soil Science. Amsterdam, Netherlands. pp. 143-150.

Mera M; Rouanet J. (2003). Contribución de las leguminosas de grano en rotación con cereales. En Acevedo, E. Sustentabilidad de cultivos anuales: Cero labranza y manejo de rastrojos. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago. Serie de Ciencias Agronómicas Núm. 8. pp. 184.

Ongley, E. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estudio FAO riego y drenaje Núm.55. FAO. Roma, Italia. pp. 115.

Puignau J; Causarano H; Schwartzman J. (1995). Dialogo XLIV. Avances en siembra directa. Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur. Montevideo, Uruguay. pp. 167-169.

Ramos E; Zúñiga D. (2008). Efecto de la humedad, temperatura y pH del suelo en la actividad microbiana a nivel de laboratorio. En Ecología aplicada. Vol. 7 (1,2). Lima, Perú. pp. 123-124.

Sayre K; Govaerts B. (2012). Principios de la agricultura de conservación. En Reynolds, M., Pask, A., Mullan, D. y Chávez, P. (Eds.). Fitomejoramiento Fisiológico I. Enfoques Interdisciplinarios para mejorar la adaptación del cultivo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. DF, México. pp. 164-173.

SAS (Statistical Analysis System) Institute Inc. (2010). SAS/STAT. Version 9.3, Fourth edition. Cary, NC: SAS Institute.

Solís E; Rodríguez A. 2014. Tecnología para la producción sustentable de trigo de riego en El Bajío. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. DF, México. pp. 104-105.

Tortora G; Funke B; Case C. (2007). Introducción a la microbiología. Editorial medica panamericana. Buenos Aires, Argentina. pp. 170-178.

**DETERMINACIÓN DE LA DOSIS LETAL MEDIA (DL<sub>50</sub>) CON COBALTO<sup>60</sup> EN SEMILLAS DE CHILE  
JALAPEÑO (*Capsicum annuum* L.)**

Ana Eugenia Rangel Castillo<sup>1</sup>; Juan Manuel García Andrade<sup>2</sup>; Cesar Leobardo Aguirre Mancilla<sup>1</sup>; Juan Gabriel Ramírez Pimentel<sup>1</sup>; Gabriel Iturriaga de la Fuente<sup>1§</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Roque, Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Guanajuato, C. P. 38110.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, km. 36.5 de la Carretera México-Toluca s/n, La Marquesa municipio de Ocoyoacac, México; C.P. 52750

<sup>§</sup>Autor de correspondencia: gaiturriaga@itroque.edu.mx

## **RESUMEN**

El chile es un cultivo de gran importancia en México, juega un papel importante en la gastronomía mexicana desde tiempos prehispánicos. Por otro lado, el mejoramiento genético tradicional de dicho cultivo sigue caracterizándose por ser un proceso largo que conlleva a varias generaciones de plantas para poder obtener una variedad que esté lista para comercializarse. Otra alternativa viable es por medio de mutagénesis con agentes físicos, esta técnica permite inducir características deseadas en el cultivo de interés y reducir el tiempo de obtención de una variedad mejorada. En este estudio se determinó la dosis letal media (DL<sub>50</sub>) en el cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) a partir de siete dosis de radiación (100, 150, 200, 250, 300 350 y 450 Gy) y utilizando como fuente al Cobalto 60 (Co<sup>60</sup>). La DL<sub>50</sub> fue de 320 Gy. Se determinó el porcentaje de germinación el cual fue reduciéndose conforme aumentó la dosis de radiación y también se obtuvo el porcentaje de mortalidad en las plantas que sobrevivieron a los 35 días después de la germinación, el tratamiento de 300 Gy fue el que causó mayor mortandad en las plantas germinadas.

**Palabras clave:** Mutagénesis, Gray, DL<sub>50</sub>, Análisis Probit.

## **INTRODUCCIÓN**

El cultivo de chile tiene una antigua tradición cultural en México, muchos de sus usos prehispánicos continúan vigentes hasta nuestros días y otros más han comenzado a ser rescatados para sacar todo el potencial que el chile nos puede ofrecer. Junto con el maíz, el frijol y la calabaza, el chile ha formado parte de la dieta básica de nuestro país desde hace más 5000 años, se tienen registros que comprueban que para él año 3500 a. C. estos cultivos ya habían sido domesticados; formaban un complejo nutritivo que proporcionaban al mexicano los nutrimentos más importantes para su desarrollo Biológico (Richterich, 2011).



El mejoramiento genético tradicional aun cuando sigue dando resultados satisfactorios, constituye un proceso largo de desarrollo (8 a 20 generaciones). En contra parte, se estima que la vida útil en plenitud de un material mejorado es de cinco años. Sin embargo, los materiales mejorados han sido desarrollados en el extranjero e introducidos y distribuidos por las compañías semilleras de nuestro país (Lujan y Rodríguez, 2000; Luna y Vázquez, 1996).

La mutagénesis es una herramienta importante en el mejoramiento genético de los cultivos, ampliamente utilizada para generar variación genética y se utiliza para inducir mutaciones en loci que controlan rasgos económicamente importantes y/o elimina genes indeseables de líneas de mejoramiento élite. Además de que está libre de las restricciones y regulaciones impuestas a los organismos genéticamente modificados (Parry *et al.*, 2009; Shu y Lagoda, 2007; Waugh *et al.*, 2006). Las mutaciones pueden darse tanto en células germinales, heredada por las generaciones siguientes del organismo, como somáticas, perpetuada en un linaje celular por división celular. Para que la mutación se establezca, el daño en el ADN debe ser "fijado" y así, el cambio en la información genética se transmitirá a las siguientes generaciones (De la Peña *et al.*, 2012). Un mutágeno es aquel agente capaz de producir una mutación; en este grupo se incluyen agentes como la radiación, los agentes químicos y muchos carcinógenos. Dentro de mutágenos físicos se incluyen las radiaciones gamma, los rayos X, la luz ultravioleta y la radiación de partículas incluyendo neutrones rápidos y lentos, así como partículas alfa y beta. La radiación gamma es la más utilizada, debido a su aplicación sencilla, penetración elevada en el tejido, reproducibilidad y alta frecuencia de mutación, de ahí que se han empleado con éxito en los programas de fitomejoramiento de muchas especies de plantas (Ilyas y Naz, 2014, De la Peña *et al.*, 2012). El efecto de las radiaciones gamma es específico para las especies, el tiempo y las dosis (Udensi *et al.*, 2012). En este campo, los rayos gamma son considerados un tipo de radiación ionizante usualmente obtenidos por radioisótopos, con cobalto 60 ( $\text{Co}^{60}$ ) y cesio 137 ( $\text{Cs}^{137}$ ) como principales fuentes de radiación, siendo la unidad comúnmente utilizada para medir la cantidad de exposición a la radiación el Gray (Gy) o sus equivalentes, el rad (1 rad = 0.01 Gray) y/o el Krad (1 Krad = 1000 rad) (IAEA, 2005).

En la inducción de mutantes, los individuos mutantes presentan cambios negativos en una frecuencia creciente conforme aumenta la dosis de radiación, por lo que es importante conocer la dosis letal media ( $\text{DL}_{50}$ ). En el caso de semillas, la  $\text{DL}_{50}$  corresponde a la cantidad de radiación absorbida con la cual sobrevive 50 % de la población que ha sido expuesta, proporción que se considera como el rango donde se favorece la aparición de mutaciones útiles en los programas de mejoramiento genético (Morela *et al.*, 2002). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar la dosis letal media ( $\text{DL}_{50}$ ) en semillas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.), usando como fuente de radiación gamma al  $\text{Co}^{60}$ .

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento consistió en aplicar siete tratamientos de radiación gamma (100, 150, 200, 250, 300, 350 y 400 Gy). Se pesaron 5 g de semilla de chile jalapeño (700 semillas aproximadamente) por cada tratamiento; se almacenaron en sobres de papel y se enviaron al Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), ubicado en La Marquesa, Mpo. de Ocoyoacác, Edo. de México. El equipo utilizado para el estudio fue un "Irradiador de investigación LGI-01 Transelektro" y la fuente de radiación fue con  $\text{Co}^{60}$ .

La segunda parte del experimento se realizó en el Instituto Tecnológico de Roque, en el municipio de Celaya, Gto. Las semillas irradiadas se sembraron en charolas de germinación de 200 cavidades con sustrato vermiculita; además, se sembraron 200 semillas sin irradiar como control. Las charolas fueron colocadas en invernadero y estibadas hasta detectar las primeras plántulas emergidas. Se determinó el porcentaje de germinación, porcentaje de plantas muertas y para la determinación de la  $DL_{50}$  se hizo un análisis Probit ( $\alpha = 0.05$ ) con el programa SAS<sup>®</sup> V8 (Statistical Analysis Software).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las dosis de 100 a 250 Gy no afectaron de manera importante la germinación ya que fueron superiores al 80% de semillas germinadas, lo que se considera un porcentaje aceptable (Figura 1). En contraparte, el porcentaje de germinación comienza a mermar a partir de la aplicación de 300 Gy con un 70.86 %, y la dosis que afectó más a este factor fue la de 400 Gy con 14.57% (Figura 1).

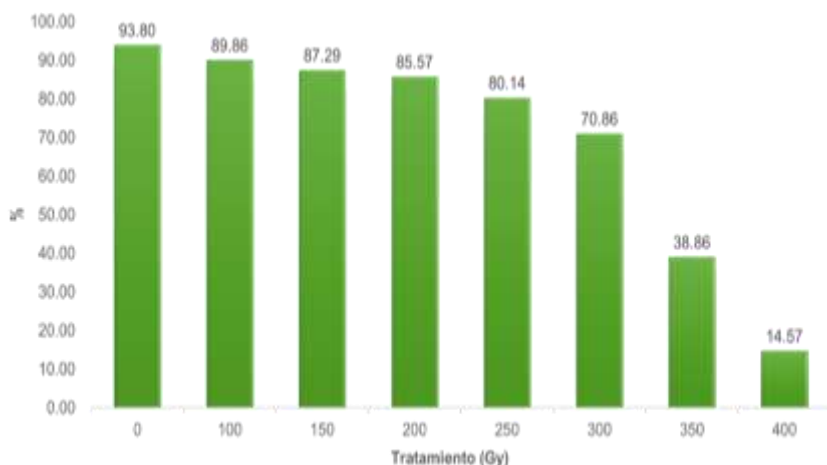


Figura 1. Porcentaje de germinación de la semilla de chile dependiendo de la dosis de radiación.

A las plantas germinadas se les siguieron observando los efectos de la radiación durante su desarrollo y el más importante se vio reflejado en la mortandad que se evaluó a los 35 días después de la germinación. En los tratamientos de 100, 150 y 200 Gy el porcentaje de mortalidad permaneció bajo con 2.62, 3.51 y 2.5 % respectivamente; a partir del tratamiento de 250 Gy es donde aumenta este porcentaje de manera marcada con un 22.98 % y continúa en aumento a los 300 Gy con 25.37 %, y en las dosis de 350 y 400 Gy fue de 15.69 y un 2.8 % respectivamente (Figura 2).

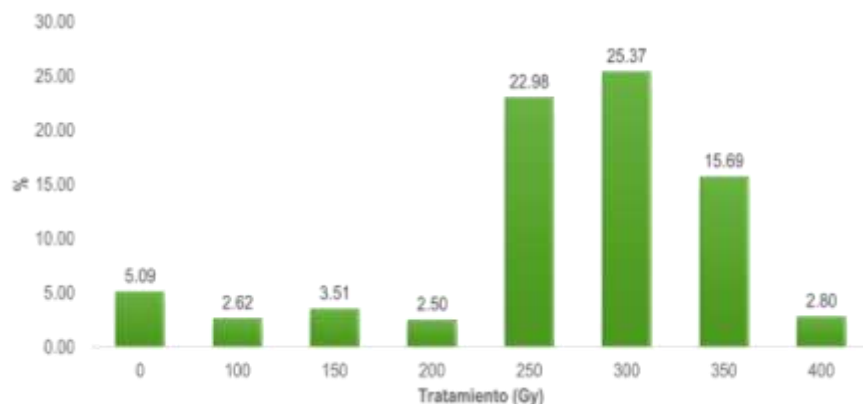


Figura 2. Porcentaje de plantas muertas con respecto al tratamiento aplicado a los 35 días después de la germinación.

El análisis Probit arrojó que la  $DL_{50}$  para semilla de chile jalapeño debe ser de 320 Gy, el rango de confiabilidad al 95 % en que puede variar la dosis puede ser de 311.57548 a 329.63551 Gy, para que el efecto sea el mismo. La dosis establecida como  $DL_{50}$  es aquella que producirá mutantes útiles para obtener variabilidad genética (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resultados del análisis Probit ( $\alpha= 0.05$ ) para determinar la  $DL_{50}$ .

Probabilidad	Dosis	Límites de confianza al 95 %	
0.03	100.67644	93.98920	107.01731
0.04	109.06574	102.33499	115.42819
0.05	116.40278	109.66149	122.76147
0.06	123.03532	116.30401	129.37502
0.07	129.16100	122.45343	135.47187
0.08	134.90416	128.23002	141.17965
0.09	140.34878	133.71504	146.58450
0.10	145.55458	138.96629	151.74769

---

0.15	169.24409	162.91712	175.21580
0.20	190.79237	184.71313	196.58980
0.25	211.45265	205.53257	217.19302
0.30	231.90607	225.98568	237.77710
0.35	252.62120	246.47418	258.87935
0.40	273.98627	267.33376	280.94422
0.45	296.37549	288.90568	304.38452
0.50	<del>320.19528</del>	<del>311.57548</del>	<del>329.63551</del>
0.55	345.92948	335.80321	357.21610
0.60	347.19766	362.16647	387.80407
0.65	405.84488	391.43534	422.34333

---

## CONCLUSIONES

Todas las dosis de radiación tuvieron un efecto sobre la germinación y el desarrollo de semillas y plantas de chile jalapeño. La dosis de 300 Gy fue la que más se acercó a la DL<sub>50</sub> (320 Gy) del análisis Probit, esta misma dosis fue la que produjo más mortalidad a nivel de planta. Si se desea profundizar más en estudios es recomendable utilizar 320 Gy.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

De la Peña, E., Herrero, O., García, P., Pérez, C. C., Gutiérrez, C., Ayala, F., Martínez, C., Sánchez, M. J., Barrueco, C. (2012). Mutagénesis y carcinogénesis química. Curso de Experto Internacional en Toxicología. Ilustre Colegio Oficial de Químicos. Sevilla. 13: 978-84-695-3142-6 pp.

Gilchrist, E.J., Haughn, G.W. (2005). TILLING without a plough: a new method with applications for Review genetics. *Plant Biology* 8:211-215 pp.

IAEA (International Atomic Energy Agency). (2005). Gamma irradiations for radiation processing. International Atomic Energy Agency. Vienna, Austria. 40 p.

Iyas S, Naz S. (2014) Effect of Gamma irradiation on morphological characteristics and isolation of curcuminoids and oleoresins of *Curcuma longa* l. *J Anim Plant Sci* 24(5): 1396-1404

Lippert, L.F., Bergh, B.O., Cook, A.A. (1964). Three variegated seedling mutants in the pepper. *J. Hered.* 55: 78-93 pp.

Luján, F. M., Rodríguez, M. R. (2000). Típico 1 y Típico 2 nuevas variedades de chile jalapeño en México. Folleto técnico no. 2. SAGARPA. Fundación Produce Chihuahua AC. 15 p.

Luna, R. J. de J., Vázquez, M. O. (1996). Perspectivas del mejoramiento genético y la propagación in vitro en el cultivo de chile *Capsicum spp.* Investigación y Ciencia. 17: 2-6 pp.

Morela F, V González, L Castro (2002) Efecto de la radiación Gamma sobre la diferenciación de plantas de caña de azúcar a partir de callos. Agron. Trop. 52:311-323.

Parry, M. A. J., Madgwick, P. J., Bayon, C., Tearall, K., Hernández-López, A., Baudo, M., Rakszegi, M., Hamada, W., Al-Yassin, A., Ouabbou, H., Labhilili, M., Phillips, A. L. (2009). Mutation discovery for crop improvement. Journal Experimental. Botani. 60:2817-2825 pp.

Piri, I.; Babayan, M.; Tavassoli, A.; y Javahen, M. (2011). The use of gamma irradiation in agriculture. *Afr. J. Microb. Res.* 5(32):5806 - 5811.

Richerich, K. (2011). El chile protagonista de la independencia y la Revolución. Fundación Herdez AC. México. 99 p.

Shu, Q. Y. y Lagoda, P. J. L. (2007). Mutation techniques for gene discovery and crop improvement. Mol. Plant Breed. 5:193-195.

Udensi O, Arong GA, Obu JA, Ikpeme EV, Ojobe TO (2012) Radio-Sensitivity of Some Selected landraces of pulses to gamma irradiation: indices for use as improvement and preservation techniques. American Journal of Experimental Agriculture 2(3): 320-335.

Waugh, R., Leader, D. J., McCallum, N. any Caldwell, D. (2006). Harvesting the potential of induced biological diversity. Trends Plant Sci. 11(2):71-79.

## ELABORACIÓN DE UNA PELÍCULA COMESTIBLE UTILIZANDO COMPLEJOS PROTEÍNA DE CHÍCHARO-QUITOSANO ENTRECruzADOS ENZIMÁTICAMENTE CON TRANSGLUTAMINASA

Cabrera-Becerra, M.K.V.; Di Pierro, P.<sup>2</sup>; García-Almendárez, B.E.<sup>1</sup>; Escamilla-García, M.<sup>1</sup>; Amaro-Reyes, A.<sup>1</sup>; Regalado-González, C.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>DIPA, PROPAC, Universidad Autónoma de Querétaro. Cerro de Las Campanas S/N, Las Campanas, 76010 Santiago de Querétaro, Qro.

<sup>2</sup> Universidad de Nápoles Federico II. Via Cintia 21, 80126, Nápoles, Italia.

### RESUMEN

Las películas comestibles de proteína de chícharo (PC) son delgadas con alta permeabilidad al vapor de agua, mientras que el quitosano (Q) forma películas fuertes y flexibles. Las mezclas de ambos polímeros pueden mejorar las características individuales de las películas al formar complejos dependientes del pH. La enzima transglutaminasa (mTGasa) cataliza la formación de enlaces covalentes que estabilizan los complejos PC-Q. El objetivo de este trabajo fue elaborar películas comestibles utilizando complejos PC-Q estabilizados enzimáticamente. Se determinó el pH de complejamiento (pHc) mediante titulaciones potenciométricas, evaluación de turbidez (400 y 600 nm) de diferentes relaciones de complejos PC-Q (0.375:1 hasta 6:1 p/p, respectivamente) a diferentes valores de pH. Se elaboraron diferentes películas del complejo PC-Q en presencia de la mTGasa (2 µg/mL) con y sin calentamiento de la suspensión filmogénica (SF); y se caracterizó las películas midiendo su espesor, contenido de agua, solubilidad y permeabilidad de vapor de agua. La relación 1.5:1 de PC-Q presentó un pHc de 6. Las películas de PC-Q (1.5:1), presentaron los mayores valores de espesor (142±0.11 µm, 1.5:1 con y sin calentamiento), contenido de agua (13.06±0.19 % p/p, con calentamiento), solubilidad (76.50±0.86 % p/p con calentamiento) y permeabilidad de vapor de agua (2.05x10<sup>-6</sup>±5.6x10<sup>-7</sup> p/p con calentamiento).

**Palabras clave:** proteína de chícharo, quitosano, películas comestibles, transglutaminasa

### ABSTRACT

Edible films produced from pea protein (PC) are thin, and show high water vapor permeability, while chitosan (Q) forms strong and flexible films. A mixture of both polymers may improve individual characteristics by forming pH dependent complexes. The enzyme transglutaminase (mTGase) catalyzes the formation of covalent bonds that may stabilize PC-Q complexes. The aim of this work was to design edible films using crosslinked PC-Q complexes. Complex formation was evaluated as a function of pH by means of potentiometric titrations, and turbidity (400 and 600 nm of different PC-Q ratios (0.375:1 to 6:1, w/w, respectively). Edible films were made from PC-Q complexes crosslinked by mTGase (2 µg/mL), with and without heating of filmogenic suspension (FS). Films were characterized by thickness, moisture content, solubility and water vapor permeability. The PC-Q complex at 1.5:1 ratio showed a pHc at 6.0. PC-Q films (1.5:1 ratio), showed the best values for thickness (142±0.11 µm with and without heating), moisture (13.06±0.19 % w/w with heating), solubility (76.50±0.86 % w/w with heat) and water vapor permeability (2.05x10<sup>-6</sup>±5.6x10<sup>-7</sup> with and without heating).

**Keywords:** pea protein, chitosan, edible films, transglutaminase.

## INTRODUCCIÓN

Las proteínas vegetales son ingredientes alimenticios derivados de fuentes vegetales que son ricas en diversos nutrientes, como cereales y legumbres (Kamaljit *et al.*, 2010). Las leguminosas pueden ser una fuente importante de proteína siendo uno de los más importantes el chícharo.

Las películas para alimentos son definidas como matrices continuas, delgadas que se estructuran alrededor del alimento (Perez *et al.*, 2016), la mayoría son fabricadas con distintos tipos de polímeros de tipo plástico, siendo esta una desventaja ya que no son biodegradable. Debido a esto se ha optado por desarrollo de empaques comestibles. Los recubrimientos comestibles a base de proteínas generalmente tienen buenas propiedades mecánicas y de barreras contra gases ( $O_2$  y  $CO_2$ ), compuestos aromáticos y lípidos, pero alta permeabilidad al vapor de agua. Por ser un polímero natural y aumentar el valor nutritivo en los alimentos representan una buena alternativa en la formación de películas. Por otro lado, le confiere al polímero un amplio rango de propiedades debido al potencial que tiene para formar enlaces intermoleculares (Bourtoom, 2009; Janjarasskul y Krochta, 2010). Se ha demostrado que la proteína de chícharo puede ser utilizada en la elaboración de películas comestibles por sus características físicas y su permeabilidad de vapor de agua, además de tener un costo menor en comparación a otros aislados proteicos (Choi y Han, 2002). La probabilidad de formar enlaces intermoleculares depende de la forma de la proteína y de las condiciones utilizadas durante en la elaboración de las películas (Tian *et al.*, 2011), para favorecer la formación de enlaces cruzados isopeptídicos entre los complejos de proteínas unidos electrostáticamente algunos estudios han comprado que la enzima transglutaminasa (TGasa) sirve como catalizador para la formación de estos enlaces (Rossi *et al.*, 2014; Kieliszek y Misiewicz., 2014).

## OBJETIVO

Elaborar una película comestible utilizando complejos proteína de chícharo-quitosano entrecruzados enzimáticamente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

Este proyecto se realizó en la Universidad Autónoma de Querétaro, en la ciudad de Santiago de Querétaro, en colaboración con la Universidad de Nápoles Federico II, Nápoles, Italia.

### Materiales

Se utilizó extracto proteico de chícharo proporcionado por la empresa Roquette® (Querétaro, México), quitosano (alto peso molecular, % de desacetilación  $\geq 75$  % y alto grado de pureza, Sigma-Aldrich, St. Louis MO. EUA) y la enzima transglutaminasa (Activa YG, Ajinomoto, Tokio, Japón).

### Metodología

### **Titulación potenciométrica y Turbidez**

Los complejos proteína-quitosano se sometieron a una valoración potenciométrica, se ajustó previamente el pH a  $2 \pm 0.1$  y se valoró hasta un pH de  $12.0 \pm 0.1$  (temperatura ambiente) utilizando un pH stat ( $\Omega$  Metrohm, AR, SUI, usando el software TIAMO versión 2.3). Por otro lado, la turbidez se determinó mediante un espectrofotómetro (UV Lambda 40, Perkin Elmer Instruments, Waltham, MA, EUA) y el software Lambda 40 (PerkinElmer, versión 2.85.4) ( $\lambda$ : 400 y 600 nm), utilizando como blanco agua destilada. El pH de complejación (pH<sub>c</sub>) se registró como el valor de pH correspondiente a un cambio en pendiente de las dos curvas obtenidas por los experimentos de potenciometría y turbidez (Di Pierro *et al.*, 2013).

### **Elaboración de películas de proteína de chícharo- quitosano**

Se elaboraron películas a base de dos diferentes relaciones de proteína de chícharo-quitosano a 1.5:1 y 0.6:1 respectivamente. La película 1.5:1 se preparó a partir de dos soluciones, una de aislado de proteína de chícharo al 1 % (p/v), equivalente a 0.15 % (p/v) de proteína de chícharo, y una de quitosano al 0.6 % (p/v). La película 0.6:1 se elaboró mediante una solución de aislado de chícharo al 0.5% (p/v) y una solución de quitosano al 0.8 % (p/v), todas las soluciones se ajustaron a un pH  $2.0 \pm 0.1$  con ácido láctico 85 % (Fermont, NL, MX); a las soluciones de quitosano se les agregó 1 % (p/v) de glicerol (J.T. Baker, MX) como plastificante y se dejaron en agitación suave a 50 °C durante toda la noche. Se realizó la mezcla de las soluciones de las relaciones correspondientes a cada relación ajustando a pH de  $6.0 \pm 0.1$  con NaOH 10 M. Ambas mezclas se sometieron a dos diferentes tratamientos uno con calentamiento a 80 °C durante 20 min y otro sin calentamiento.

Posteriormente se adicionó 2 mg de enzima transglutaminasa por cada gramo de proteína de chícharo y se incubó durante 4 h a temperatura ambiente. Pasado el periodo de incubación se desgasificó la suspensión formadora de película con ayuda de una bomba de vacío (Fisher Scientific Maxima, C Plus, Waltham, Mass, EUA). Las películas se secaron en estufa (48 h a 50 °C). Las películas se almacenaron a condiciones de humedad y temperatura constante (humedad relativa (HR)= 59.7 % T= 25 °C) hasta el momento de sus análisis.

### **Caracterización de películas**

#### **Espesor de las películas**

El espesor de la película se midió utilizando un micrómetro con una sensibilidad de  $\pm 2 \mu\text{m}$ . El espesor (mm) se determinó a partir de la media de las mediciones en cinco lugares (Di Pierro *et al.*, 2013; Giosafatto *et al.*, 2014).

#### **Contenido de agua**

Se determinó pesando pequeñas piezas de cada película, las cuales fueron secadas a 70°C por 24 h, las películas se volvieron a pesar para determinar el peso seco de la película (Porta *et al.*, 2015). El contenido de agua se reportó como el porcentaje del resultado de la diferencia de peso de la película entre el peso inicial de la película).

#### **Solubilidad de la película**



Las piezas de las películas (7.5 mm por 15 mm) fueron secadas a 70°C por 24 h y se registró su peso inicial. Cada pieza de película fue colocada en tubos de ensayos con tapa de rosca (150 mm por 15 mm) los cuales contenían 10 mL de 0.01% de sorbato de potasio. Los tubos se colocaron en un agitador durante 24 h a temperatura ambiente. La solución y las piezas de película restante se vertieron en papel filtro Whatman#1 y se enjuagó con 10 mL de agua destilada; se secó a 70°C por 24 h para obtener el peso final de la película (Di Pierro *et al.*, 2013). La solubilidad de la película se reportó como el porcentaje del resultado de la diferencia de peso de la película entre el peso inicial de la película.

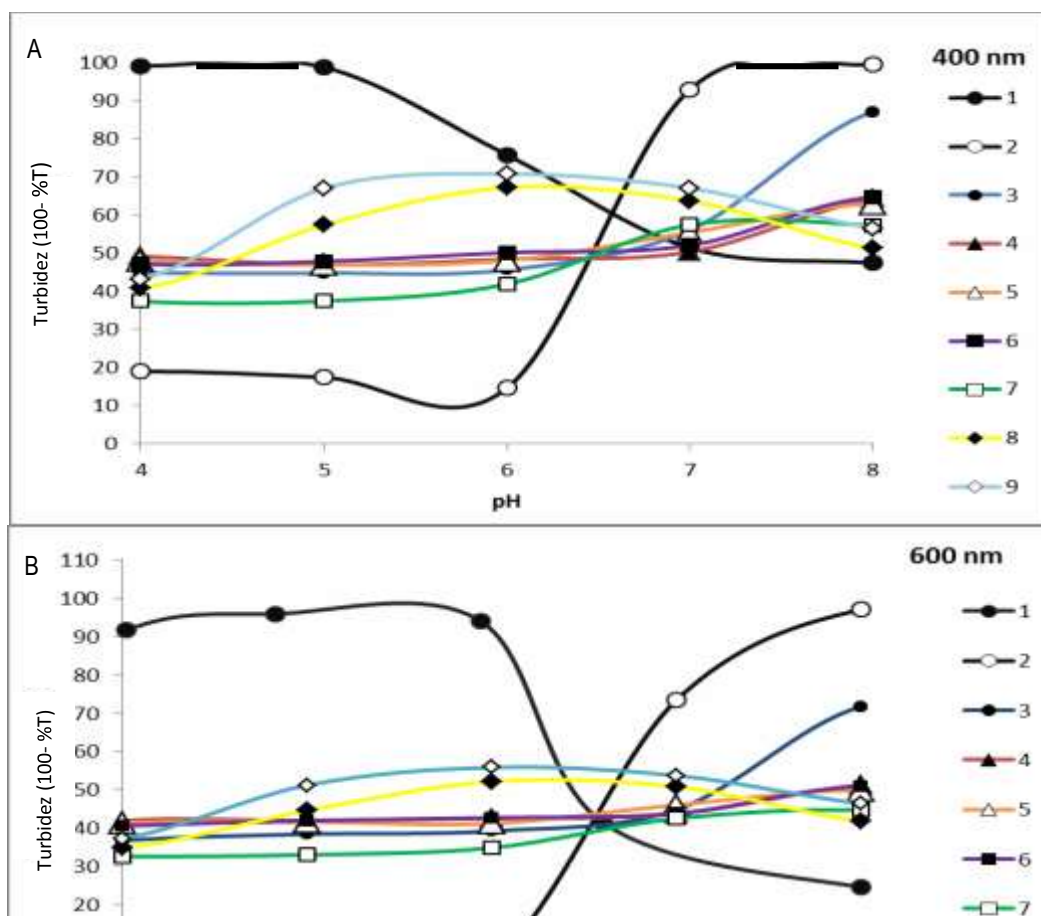
### Permeabilidad al vapor de agua

Se evaluó por una prueba gravimétrica de acuerdo con una variante de ASTM E96-80 (1989). Para esta prueba se usaron celdas de permeabilidad (Schott, GL45, USA), las cuales se llevan a peso constante utilizando un horno de secado (BINDER, WTC, TUT, GER). Dentro de las celdas de permeabilidad se colocaron 10 mL una solución saturada de KNO<sub>3</sub> (J.T. Baker,) (HR: 92.5%). Las muestras de películas, se colocaron en la parte superior de la taza y se sellaron por medio de un anillo. Las copas ensambladas se pesaron y después se colocaron en un desecador que contenía una solución de NaCl saturado (HR: 75%). El desecador se almacenó en incubadora a 25.0 ± 0.1 °C. Las celdas se pesaron hasta llegar al equilibrio; a permeabilidad de vapor de agua (WVP) se calculó de acuerdo a lo establecido por Bosquez-Molina *et al.*, 2003.

## RESULTADOS

### Titulación potenciométrica y medición de turbidez

Se realizaron varias relaciones de proteína de chícharo-quitosano (0.375:1, 0.6:1, 0.9:1, 1.2:1, 1.5:1, 3:1 y 6:1).



**Figura 1.** Turbidimetría de los diferentes complejos de proteína de chícharo:quitosano. 1) Proteína de chícharo, 2) quitosano, 3) complejo 0.375:1, 4) complejo 0.6:1, 5) complejo 0.9:1, 6) complejo 1.2:1, 7) complejo 1.5:1, 8) complejo 3:1, 9) complejo 6:1.

Klemmer *et al.* (2012) y Di Pierro *et al.* (2013), establecieron que el pH de complejación o pH<sub>c</sub>, que se define como el valor de pH correspondiente a un cambio en pendiente de las dos curvas obtenidas por los experimentos de potenciometría y turbidez, es el pH correspondiente al aumento detectable de laturbidez durante una titulación; esto es debido a la formación de un mayor número de complejos.

Se observó que el pH<sub>c</sub> inicia de 4 a 6, dependiendo del complejo de proteína de chícharo-quitosano (Figura 1). Los complejos de 6:1 y 3:1 presentaron pH<sub>c</sub> de 4, mientras que los complejos 1.2:1, 0.9:1, 0.6:1 y 0.375:1 tuvieron pH<sub>c</sub> de 7; sin embargo, el complejo 1.5:1 tuvo un pH<sub>c</sub> de 6.

Ye (2008), menciona que la formación de complejos en polisacáridos ocurre entre el pka de los polisacáridos y el punto isoeléctrico (pI) de la proteína; estando el rango de pka del quitosano entre 6.1 a 7 (Wang *et al.*, 2006). Además, Klemmer *et al.* (2012), mencionan que los agregados de proteína-proteína (ambas de chícharo) están asociados con la reducción de repulsión de cargas entre moléculas de proteína vecinas cercanas al punto isoeléctrico de la proteína: siendo el punto isoeléctrico de una proteína de chícharo es de 4.4.

### **Caracterización de la película**

#### **Espesor de la película**

Se realizó la medición del espesor a cada tratamiento realizado y se pudo observar que a mayor cantidad de proteína en la película (1.5:1) mayor es su espesor, en comparación con la relación 0.6:1. Sin embargo, para las películas que tienen la relación 1.5:1, el espesor es independiente de los tratamientos de calentamiento y sin calentamiento (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Espesor de películas comestibles de proteína de chícharo-quitosano

Relación proteína-quitosano	Tratamiento	Espesor (E) (µm)
0.6:1	Calentamiento	63±0.2b
0.6:1	Sin calentamiento	96±0.6b
1.5:1	Calentamiento	142±0.11a
1.5:1	Sin calentamiento	142±0.12a

Di Pierro, *et al.* (2007), reportaron un incremento del espesor de las películas de quitosano cuando se añadió proteína a su formulación. Sin embargo, observaron nuevamente una disminución del espesor de la película cuando fue entrecruzada por mTGasa. Este fenómeno puede suceder debido a la contracción de la matriz tridimensional de los componentes de la película, además de la dependencia de la cantidad y naturaleza de interacciones intermoleculares de las cadenas del material polimérico. Los investigadores observaron además interacciones físicas entre el quitosano y las moléculas de proteína entrecruzadas o no con la enzima mTGasa. Por otro lado, Di Pierro *et al.* (2013), obtuvieron datos donde observaron un aumento del espesor de las películas al añadir proteínas a su formulación, posteriormente se registró otro aumento del espesor de la película al ser entrecruzada enzimáticamente. Esto posiblemente se debe a la estructura trimérica de la proteína que puede ser usada como sustrato para la mTGasa por su contenido de residuos reactivos de lisina y glutamina.

#### Contenido de agua

El contenido de agua para las películas de es variable según la relación de proteína de chícharo-quitosano, así como del tratamiento. Se puede observar que las diferentes relaciones de proteína de chícharo-quitosano sometidas a calentamiento no varían en su contenido de humedad, siendo los tratamientos con calentamiento los que presentan el mayor contenido de agua (13.06 % p/p). Por otro lado, la relación 0.6:1 de proteína de chícharo-quitosano sin calentamiento fue el tratamiento con el menor contenido de agua (10.33 % p/p) (Cuadro 2). El tratamiento 0.6:1 sin calentamiento mostró significativamente menor contenido de humedad que el tratamiento 1.5:1 con calentamiento (Cuadro 2). Por otro lado, para la relación 1.5:1 (proteína de chícharo-quitosano) el tratamiento con calentamiento presentó significativamente mayor contenido de humedad que el tratamiento sin calentamiento.

**Cuadro 2.** Contenido de agua en películas comestibles de proteína de chícharo- quitosano

Relación proteína- quitosano	Tratamiento	Contenido de humedad (CA) (% p/p)
0.6:1	Calentamiento	13.06 ±0.19ab
0.6:1	Sin calentamiento	10.33±0.07b
1.5:1	Calentamiento	13.06±0.23a
1.5:1	Sin calentamiento	11.33±0.19b

Bugnicourt *et al.* (2016), especificaron que las películas a base de proteína son sensibles al agua debido a la naturaleza hidrofílica de las proteínas. Las películas de proteínas nativas y las desnaturalizadas por calor tienen diferentes estructuras moleculares. Las proteínas nativas son globulares, las cuales la mayoría son hidrofílicas, mientras que las desnaturalizadas se despliegan y dejan los grupos sulfhidrilos internos expuestos. Por otro lado, el quitosano aumenta la humedad de las películas, debido a su naturaleza hidrofílica, ya que los grupos hidroxilos del quitosano interactúan con el agua (Antoniou *et al.*, 2015).

### **Solubilidad de la película**

La solubilidad de las películas de proteína de chícharo-quitosano aumenta al igual que aumenta el contenido de proteína de chícharo en las películas; siendo la relación 1.5:1 de proteína de chícharo-quitosano con calentamiento presentó la mayor solubilidad de las películas (Cuadro 3). La película obtenida con la relación 0.6:1 proteína de chícharo-quitosano presentó una muy significativa disminución en la solubilidad, mientras que la relación 1.5:1 no presentó cambios en la solubilidad al ser tratada con o sin calentamiento.

**Cuadro 3.** Solubilidad de películas comestibles de proteína de chícharo-quitosano

<b>Relación proteína-quitosano</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Solubilidad (S) (%)</b>
<b>0.6:1</b>	Calentamiento	28.0415±1.31c
<b>0.6:1</b>	Sin calentamiento	57.6246±0.55b
<b>1.5:1</b>	Calentamiento	76.4952±0.86b
<b>1.5:1</b>	Sin calentamiento	64.5563±0.70ab

Esto es probablemente debido a que una fracción importante de la proteína de chícharo es una globulina, la cual es soluble en agua. Choi *et al.* (2002), demostraron que las películas comestibles de chícharo presentan una mayor solubilidad (> 20%) en comparación a la proteína de soya o de suero. La alta solubilidad de las películas de proteína de chícharo se debe a que tiene débiles interacciones intramoleculares en condiciones acuosas.

### **Permeabilidad al vapor de agua (PVA)**

Se pudo observar que a mayor concentración de proteína de chícharo en las películas de proteína de chícharo-quitosano (PCH-Q) es mayor la permeabilidad al vapor de agua. Para las películas de PCH-Q relación 1.5:1 no se observó diferencia de PVA entre los diferentes tratamientos; por otro lado, las películas de PCH-Q con relación 0.6:1 y tratamiento de calentamiento mostraron una menor PVA (Cuadro 4). Las películas 0.6:1 sin calentamiento tuvieron una significativamente menor PVA que las películas con relación 1.5:1.

**Cuadro 4.** Permeabilidad de vapor de agua de películas comestibles de proteína de chícharo-quitosano

Relación quitosano	proteína- Tratamiento	Permeabilidad al vapor de agua (PVA) (g/s·m·Pa)
0.6:1	Calentamiento	0.92E-06±1.2E-07 <sup>b</sup>
0.6:1	Sin calentamiento	1.49E-06±1.6E-07 <sup>ab</sup>
1.5:1	Calentamiento	2.05E-06±5.6E-07 <sup>a</sup>
1.5:1	Sin calentamiento	2.00E-06±0.56E-07 <sup>a</sup>

Di Pierro, *et al.* (2007), reportaron que el aumento de PVA de las películas depende del número de grupos polares disponibles ( $\bullet\text{OH}$ ,  $\bullet\text{COOH}$ ,  $\bullet\text{NH}_2$ ) correspondientes a la estructura polipeptídica. Los cambios en las propiedades hidrofílicas de las películas están asociadas a la desaparición de grupos amino primarios y amina, además de la formación de enlace de amina secundarias menos hidrófilas, contribuyendo a la baja PVA en presencia de la enzima. Bugnicourt *et al.* (2016) y Basiak *et al.* (2016), mencionan que las películas de proteína son pobres en vapor de agua; además de que el contenido de agua y la permeabilidad de vapor de agua aumenta al aumentar la relación de proteína.

## CONCLUSIONES

Las películas comestibles de proteína de chícharo-quitosano se prepararon a pH 6 debido a que a ese pH hay una mayor interacción electrostática entre la proteína de chícharo y el quitosano.

A mayor contenido de proteína de chícharo en las suspensiones proteína de chícharo:quitosano, y en presencia de mTGasa mayor fue el espesor, el contenido de humedad, la solubilidad y la permeabilidad de las películas comestibles de proteína de chícharo y quitosano.

## REFERENCIAS

Antoniou, J., Liu, F., Majeed, H., Zhong, F., 2015. Characterization of tara gum edible films incorporated with bulk chitosan and chitosan nanoparticles: A comparative study, *Food Hydrocolloids*, doi: 10.1016/j.foodhyd.2014.09.023.

Basiak, E., Lenart, A., Debeaufort, F. 2016. Effects of carbohydrate/protein ratio on the microstructure and the barrier and sorption properties of wheat starch– whey protein blend edible films. *Society of Chemical Industry*. DOI 10.1002/jsfa.7807.

Bosquez-Molina, E., Guerrero-Legarreta, I., Vernon-Carter, E.J. 2003. Moisture barrier properties and morphology of mesquite gum–candelilla wax based edible emulsion coatings. *Food Research International*, 36: 885–893.

- Bourtoom, T. 2009. Edible protein films: properties enhancement. *International Food Research Journal*, 16(1):1-9.
- Bugnicourt, E., Schmid, M., Kainz, D. M., Lafortune, P., Rodriguez-Turienzo, L., Cinelli, P. 2016. Simulation and experimental validation of the denaturation of a whey protein-based coating during convection and/or infrared drying on a plastic film and influence on its oxygen barrier properties. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, DOI: 10.1080/03602559.2016.1163603.
- Choi, W.S., Han, J.H., 2002. Film-forming mechanism and heat denaturation effects on the physical and chemical properties of pea-protein-isolate edible films. *Journal of Food Science*, 67: 1399–1406.
- Di Pierro, P., Chico, B., Villalonga, R., Mariniello, L., Masi, P., Porta, R. 2007. Transglutaminase-catalyzed preparation of chitosan–ovalbumin films. *Enzyme and Microbial Technology*, 40: 437–441.
- Di Pierro, Prospero; Rossi Marquez, Giovanna; Mariniello, Loredana; Sorrentino, Angela; Villalonga, Reynaldo and Porta Raffaele. 2013. Effect of transglutaminase on the mechanical and barrier properties of whey protein/pectin films prepared at complexation pH. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61: 4593–4598.
- Giosafatto, C.V.L., DiPierro, P., Gunning, P., Mackie, A., Porta, R., Mariniello, L. 2014 a. Characterization of Citrus pectin edible films containing transglutaminase-modified phaseolin. *Carbohydrate Polymers*, 106: 200–208.
- Janjarasskul, T., Krochta J.M. 2010. Edible packaging materials. *The Annual Review of Food Science and Technology*, 1: 415–448.
- Kamaljit, K., Baljeet, S., Amarjeet, K., 2010. Preparation of bakery products by incorporating pea flour as a functional ingredient. *American Journal of Food Technology*, 5(2): 130-135.
- Kieliszek, M. & Misiewicz, A., 2014. Microbial transglutaminase and its application in the food industry. A review. *Folia Microbiology*, 59:241–250.
- Klemmer, K.J.; Waldner, L.; Stone, A.; Low, N.H.; Nickerson, M.T., 2012. Complex coacervation of pea protein isolate and alginate polysaccharides. *Food Chemistry*, 130: 710–715.
- Perez, V.; Felix, M.; Romero, A.; Guerrero, A. 2016. Characterization of pea protein-based bioplastics processed by injection moulding. *Food and Bioproducts Processing*. 97: 100–108.
- Porta, R., Di Pierro, P., Rossi-Marquez, G., Mariniello, L., Kadivar, M., Arabestani, A. 2015. Microstructure and properties of bitter vetch (*Vicia ervilia*) protein films reinforced by microbial transglutaminase. *Food Hydrocolloids*, 50: 102- 107.
- Rossi Marquez G., Di Pierro P., Esposito M., Mariniello L., and Porta R. 2014. Application of transglutaminase-crosslinked whey protein/pectin films as water barrier coatings in fried and baked foods. *Food and Bioprocess Technology*, 7: 447.
- Tian, H., Xu, G., Yang, B. y Guo, G., 2011. Microstructure and mechanical properties of soy protein/agar blend films: effect of composition and processing methods. *Journal of Food Engineering*, 107: 21-26.

Wang, Q.Z.; Chen, X.G.; Liu, N.; Wang, S.X.; Liu, C.S.; Meng, X.H.; Liu C.G., 2006. Protonation constants of chitosan with different molecular weight and degree of deacetylation. *Carbohydrate Polymers*, 5: 194-201.

Ye, A., 2008. Complexation between milk proteins and polysaccharides via electrostatic interaction: Principles and applications – A review. *International Journal of Food Science and Technology*, 43: 406–415.

**SIMILITUD DE CARACTERES MORFOLÓGICOS EN PLANTAS CULTIVADAS Y SILVESTRES DE CHÍA  
(*Salvia hispanica* L.)**

Alberto Calderón-Ruíz<sup>1</sup>; Juan C. Raya-Pérez<sup>1</sup>; Marco A. García-Perea<sup>1</sup>; César L. Aguirre-Mancilla<sup>1</sup>; José M. Escutia-Ponce<sup>1</sup> y Salvador Montes-Hernández<sup>2</sup> \*

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Roque, 38110 carretera Celaya-Juventino Rosas km.8, Celaya, Gto. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Bajío. 38110 Carretera Celaya-San Miguel Allende km 6.5, Celaya, Gto. \*Autor por correspondencia: montes.salvador@inifap.gob.mx

**RESUMEN**

La Chía (*Salvia hispanica* L.), es una planta anual originaria de Mesoamerica, usada desde hace más de 5,500 años, cuya importancia recae en la semilla por proporcionar gran beneficio a la salud; actualmente la semilla ha sido descrita como una buena fuente de lípidos, proteínas, fibra dietética, y ácidos grasos poliinsaturados omega-3; gracias a esto se tiene un interés especial en su producción. En México se cuenta con pocas variedades comerciales y con una gran diversidad genética por ser centro de origen. Por lo anterior, se requiere valorar la diversidad existente y sobre todo conocer las características del germoplasma, para su posible integración en un programa de mejoramiento y posterior uso a la producción agrícola. En este estudio se hizo una caracterización morfológica de poblaciones cultivadas y silvestres de chía. Se evaluaron ocho materiales (cuatro silvestres y cuatro cultivados) en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones; para determinar las relaciones morfológicas entre ellos, se registraron 49 caracteres morfológicos; en el ciclo primavera-verano del año 2016. Por medio de un análisis multivariado de componentes principales, se encontró que el componente CP1, explicó el 48.51% del total de la variación y el CP2, explicó el 19.23% de la misma. Al utilizar el análisis de conglomerados se agruparon en cuatro grupos los materiales evaluados, se asociaron por similitud de la morfología. Dentro de un grupo específico se agrupan materiales tanto silvestres, como cultivadas. Con lo que se llega a comprobar que las chías silvestres figuran en un futuro programa de fitomejoramiento.

**Palabras claves:** *Salvia hispanica* L., Domesticación, Población Silvestres y Cultivadas, Caracterización morfológica.

**ABSTRACT**

Chia (*Salvia hispanica* L.) is an annual plant; Originally from Mesoamerica, used for more than 5,500 years, whose importance lies in the seed for providing great health benefits; currently the seed has been described as a good source of lipids, proteins, dietary fiber, and omega-3 polyunsaturated fatty acids; thanks to this, have a special interest in your production. In Mexico there are few commercial varieties and a great diversity, for being center of origin. From the above, it is necessary to evaluate the existing diversity and above all to know the characteristics of the germplasm, for its possible integration to the programs of improvement and later use to the agricultural production. In this study a morphological characterization of cultivated and wild populations of chia is made. Eight materials were evaluated in a randomized complete block design with three replicates; to determine the morphological relationships between the cultivated and wild materials, 49 morphological characters were registered; in the spring-summer cycle of 2016. By means of a multivariate analysis of principal



components, it was found that the CP1 component, explained 48.51% of the total variation and CP2, explained 19.23% of the same. when using the cluster analysis, the eight materials were grouped into four groups, associated with similarity of morphology. Within a specific group are grouped both wild and cultivated materials. In this way, we can verify that the wild Chia are included in a future plant breeding program.

**Key words:** *Salvia hispanica* L. ,Domestication, Wild and Cultivated Population, Morphological characterization

## INTRODUCCIÓN

Existe la evidencia que la Chía (*S. hispanica* L.) hace 5,500 años era usada en la alimentación humana en Mesoamérica (Sosa *et al.*, 2016), donde autores creen que es la región probablemente cuna de la agricultura y la domesticación de plantas (Hernández & Herrerias, 2004; Raya-Pérez *et al.*, 2010). La chía fue utilizada por civilizaciones precolombinas de Mesoamérica como alimento y medicina (Ayerza & Coates, 2004); a pesar de este rol el consumo se desplomó, luego de la llegada de los conquistadores españoles a América. Después de su desaparición de 500 años aproximadamente (Ayerza y Coates, 2006), la Chía ha suscitado un creciente interés debido al descubrimiento de múltiples usos y propiedades. El interés es tanto en consumidores, investigadores y productores (Valdivia & Tecante, 2015).

La investigación sobre chía es reciente comparada con otros cultivos bases para la alimentación, comienza en los 90's, siendo la composición química de la semilla el principal enfoque de los centros de investigación, en este sentido, la ciencia comenzó por determinar la estabilidad de la producción de aceite presente en el grano y su composición en general; gracias a esto; hoy la Chía, se considera una de las fuentes más importantes de los ácidos grasos poliinsaturados (AGPINs o PUFA's en inglés) Omegas-3, proteína, aceite y fibra, para el hombre (Baginsky *et al.*, 2016; De Souza *et al.*, 2015; Ullah *et al.*, 2017). El consumo de ácidos grasos Omegas-3 favorece a la deformación de los eritrocitos y disminuir la viscosidad de la sangre, este efecto proporciona mayor oxigenación en los tejidos, al igual que reduce el colesterol y los triglicéridos en la sangre; también reduce la presión arterial, que se asocia a la reducción de enfermedades cardiovasculares (Coelho & Salas, 2014). La semilla de Chía contiene entre 9 y 23 % de proteína, carbohidratos no fibrosos entre 26-41% y del 30 a 33% del peso total de la semilla es aceite; es por eso que se considera como un alimento funcional y de ahí su importancia en la actualidad (Oliveros & Paredes, 2013; Olivos-Lugo *et al.*, 2010).

Por lo anterior, el conocimiento de la biología de la Chía es escaso en comparación con otras oleaginosas de importancia económica, por lo que corresponde estudiar esos aspectos. Un estudio referente a la biología general sobre la especie *S. hispanica* L., es reportado por Di Sapio *et al.* (2012) mencionan que la chía posee hojas simples, opuestas, enteras, de láminas oval-elíptica, un ápice agudo, margen dentado-aserrado, pinnadas, nervaduras prominentes en el envés, pubescentes, con peciolo cortos. En cuanto a su tallo posee un diámetro de dos cm, es sufrútice, ramificado con tallos cuadrangulares y pubescentes, en tallos jóvenes se observan estomas sobre elevados cuyas células anexas poseen cutícula estriada. Por otro lado las flores se reúnen en grupos de seis o más verticilos

sobre el raquis de una inflorescencia llamada verticilastro, la flor pose pedúnculo; un cáliz persistente, pubescente y bilabiado; corola menopétala, bilabiada, de color morado o azul; el labio inferior se expande hacia afuera y hacia abajo, el superior es ascendente y se arquea en forma de gálea; con dos estambres que están unidos por un conectivo que se articula a filamentosos cortos que se insertan en la corola, el estilo glabro, glanduloso en la base y el estigma tiene dos ramificaciones, sus anteras y el estigma están cubiertos y protegidos por una capa en forma de gálea. El fruto es un carcérulo que produce uno a cuatro mericarpios indehiscentes denominadas semillas, estas se encuentran situadas en el cáliz. Para Hernández & Miranda (2008) las semillas son monoespermicas, obovoides, simétricas dorsiventralmente que pueden alcanzar un tamaño de 1,5 a 2 mm de longitud y 1 a 1.2 mm de diámetro, son de color pardo grisáceo, con abundantes manchas de contornos irregulares de color castaño oscuro y de menor porción se pueden observar de color blanquecino. (Cahill, 2005) afirma que los tamaños y colores difieren según el nivel de domesticación ya sea cultivado o silvestre.

También Cahill (2005), describe que existe una gran diversidad genética entre poblaciones silvestres de chía, esto sucede gracias a la capacidad de la planta para producir miles de semillas, tiene un ciclo de vida completo, y su sistema de polinización es autógamo con una alta heredabilidad de algunas características fenotípicas. Respecto a las características morfológicas y fenológicas que se han identificado en variedades domesticadas de las silvestres son: semillas de mayor tamaño, inflorescencia más compacta, cálices cerrados, flor más larga y dominancia apical, uniformidad en los periodos de floración y maduración. Probablemente las divergencias entre poblaciones se da gracias en que tiempos precolombinos, los seres humanos seleccionaron plantas únicas con frutos más grande y productivas, esa selección fue probablemente más directa y no intencionalmente en la domesticación temprana de la chía (Cahill, 2005). Sin embargo las especies se enfrentaron a nuevas fuerzas selectivas una vez que se establecieron en entornos agrícolas donde la competencia aumento por malas hierbas y una siembra más densa de semillas; Donde un tamaño de semilla más grande mejora la capacidad de competencia para el establecimiento de la planta en siembra densa y por ende las semillas más grandes son retenidas y seleccionadas (Turnbull *et al.*, 2004).

En la actualidad se reportan únicamente cuatro variedades comerciales registradas de chía (Sosa *et al.*, 2016) la primera desarrollada en Estados Unidos en el estado de Kentucky, obtenida por mutación con radiación gama (Hearthland, 2016; Jamboonsri *et al.*, 2012) y esta disponible en semilla blanca y negra; siendo Hearthland quien tiene el derecho de obtentor, de ahí que esta disponible para todo público (Hildebrand *et al.*, 2016). Los tres genotipos restantes fueron registrados en Argentina, los cuales llevan por nombre Sahi Alba 911 Sahi Alba 912 y Sahi Alba 914 (Bochicchio *et al.*, 2015). Los criterios que se usaron para la generación de las variedades antes mencionadas fueron; el color de semilla y precocidad en la floración. Actualmente México ya cuenta con una línea de alto rendimiento MS1SA12-MS2SA13-IS3PL294IS4A14 de la cual se tiene la primera variedad de chía blanca de alto rendimiento (Rovati *et al.*, 2012) pero aún no esta a la venta. Es preciso mencionar que para generar las cuatro variedades anteriores de chía; se uso como fuente genética una variedad de México denominada "Pinta" que proviene del estado de Jalisco, específicamente del municipio Acátic, la cual es una mezcla de semillas blancas y negras en una proporción 9:1 (Coates & Ayerza, 1998; Jamboonsri *et al.*, 2012; Sosa *et al.*, 2016). Con base en lo anterior el objetivo del presente trabajo es identificar los patrones de variación

morfológica entre poblaciones cultivadas y silvestres de (*S. hispanica* L.) y conocer el potencial agronomico de las poblaciones silvestres

## MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo de la investigación se llevo a cabo en condiciones de campo en el Campo Experimental Bajío, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el ciclo Primavera-Verano 2016. El acopio de los materiales fue por medio de recolección directa y adquisición con productores, se usaron 8 materiales los cuales se describen en la tabla 1.

**Tabla 1.** Procedencia y ubicación de los materiales

Población	Condición	Municipio	Estado
blanca634	Cultivada	Acatic	Jalisco
pinta635	Cultivada	Acatic	Jalisco
ptoluca636	Cultivada	Toluca	Edo.México
pXonotli637	Cultivada	Salamanca	Guanajuato
Mich1656	Silvestre	Temendao	Michoacán
Mich2659	Silvestre	Temendao	Michoacán
Oax661	Silvestre	-----	Oaxaca
Guer665	Silvestre	-----	Guerrero

Las semillas de las poblaciones estudiadas se sembraron en semilleros, con una mezcla de sustrato tipo turba y lombricomposta estandar en relacion de 50% V/V; sembradas el 10 de mayo del 2016, posteriormente el 24 de junio se transplanto en campo con un arreglo de un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones, siendo la parcela experimental un surco de 4 m de largo, y 80 cm entre surcos y una planta cada 20 cm. Se tomaron 10 plantas elegidas al azar entre las tres repeticiones. Durante el desarrollo vegetativo se registraron 47 variables (entre las cuales eran cuantitativas 17 y cualitativas 30) obtenidas de un descriptor varietal de género *Salvia* spp. Publicado por la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales primera versión (UPOV, 2013) además de dos datos agronómicos; el total de las variables se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2** Variables totales tomadas en las poblaciones de Chía en el ciclo 2016

Variables		
1. Altura	2. Rugosidad en la lámina	3. Longitud
4. Anchura	5. Brillo de la lámina	6. Color
7. Densidad de brotes	8. Incisiones en el margen de la lámina	9. Color

10. Coloración de antiocianina	11. Ondulación en el margen de la lámina	12. Color
13. Pubescencia	14. Longitud de inflorescencia	15. Pubes
16. Longitud del pecíolo	17. Longitud de entrenudo	18. Ancho
19. Longitud de la lámina	20. Número de floretes	21. Posici
22. Anchura de la lámina	23. Número de ramas laterales	24. Color
25. Relación ancho/largo de la lamina	26. Posición de la punta de la inflorescencia	27. Color
28. Posición de la parte más ancha de la lámina	29. Persistencia de la bráctea	30. Distri
31. Forma del ápice de la lámina	32. Longitud de la brácteaO)	33. Ondu
34. Forma de la base de la Lámina	35. Color pincipal del lado exterior de la bráctea	36. Color
37. Color principal en la parte superior de la lámina	38. Longitd del cáliz	39. Peso
40. Varigación en el color de la lámina	41. Color principal del lado exterior del cáliz	42. Tipo c
43. Distribución de la varigación de la lamina	44. Pubescencia del lado exterior del cáliz	45. Rend
46. Coloración de la varigación de la lámina	47. Longitud dela corola	48. Núme
49. Pubescencia en la parte superior de la lámina		

Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva (promedios, desviación estándar, coeficiente de variación) y análisis multivariable (análisis de correlación múltiple de conglomerados y componentes principales) mediante la herramienta de XLSTAT versión 17.01 en paquete de Excel 2011 versión 14.7; de los 49 caracteres medidos, se emplearon únicamente 27, los cuales representaron una mayor explicación en cuanto a la correlación de componentes principales; (en la tabla 3 se representan las correlaciones de las variables con respecto a las contribuciones a los componentes principales, y para una mejor representación se analizó su comunalidad de los valores por medio de cosenos cuadrados) permitiendo mejor asociación y agrupamiento de los materiales lo cual se muestra en tabla 3. Y los grupos formados por análisis de conglomerados se representan en la figura 1.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en el análisis de componentes principales se obtuvo que los dos primeros componentes explican el 68.39% de la variación total (CP1, 48.52% y CP2, 19.23) [tabla 3] se concentra la contribución de las variables a cada componente y las cuales son más influyentes. En comparación con el trabajo de Hernández & Colín (2008) la suma de los componentes obtenidos fue de 56%.

**Tabla 3** Comunalidad de las correlaciones y sus componentes principales de 27 variables en 8 poblaciones

VARIABLE	Contribución de las variables			Coseno al cuadrado		
	CP2	CP3	CP3	CP1	CP2	CP3
Altura	3.467	1.408	1.437	<b>0.45</b> 4	0.07 5	0.04 5
Densidad de brotes	1.359	5.922	1.623	0.17 8	<b>0.31</b> 4	0.05 1
Coloración de antiocianinas	5.392	0.002	3.079	<b>0.70</b> 6	0.00 0	0.09 7
Pubesciencia	5.794	0.446	0.039	<b>0.75</b> 9	0.02 4	0.00 1
Longitud del pecíolo	5.585	2.388	2.108	<b>0.73</b> 2	0.12 7	0.06 7
Longitud de la lámina	5.308	0.614	7.152	<b>0.69</b> 5	0.03 3	0.22 6
Anchura de la lámina	4.762	1.551	5.145	<b>0.62</b> 4	0.08 2	0.16 2
Color principal en la parte superior de la lámina	0.141	16.50 5	1.554	0.01 9	<b>0.87</b> 4	0.04 9
Rugosidad en la lámina	5.667	0.027	0.788	<b>0.74</b> 2	0.00 1	0.02 5
Brillo de la lámina	3.713	1.812	3.765	<b>0.48</b> 6	0.09 6	0.11 9
Incisiones en el margen de la lámina	1.930	5.746	6.375	0.25 3	<b>0.30</b> 4	0.20 1
Ondulación en el margen de la lámina	0.863	12.03 4	0.159	0.11 3	<b>0.63</b> 8	0.00 5
Longitud de inflorescencia	4.468	1.593	6.988	<b>0.58</b> 5	0.08 4	0.22 1
Longitud de entrenudo	3.581	0.080	9.526	<b>0.46</b> 9	0.00 4	0.30 1

4to Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología Agropecuaria  
3 y 4 de Abril de 2017 Roque, Celaya, Guanajuato ISSN: 2448-6620

Número de floretes	4.381	1.470	0.443	<b>0.57</b>	0.07	0.01
				<b>4</b>	8	4
Número de ramas laterales	0.781	7.213	3.269	0.10	<b>0.38</b>	0.10
				2	<b>2</b>	3
Longitud del cáliz	0.951	2.403	6.657	0.12	0.12	<b>0.21</b>
				5	7	<b>0</b>
Pubescencia del lado exterior del cáliz ALIZ	1.416	12.02	2.401	0.18	<b>0.63</b>	0.07
		6		5	<b>7</b>	6
Longitud de la corola	7.432	0.079	0.170	<b>0.97</b>	0.00	0.00
				<b>4</b>	4	5
Longitud del tubo corolar	5.590	0.189	3.913	<b>0.73</b>	0.01	0.12
				<b>2</b>	0	4
Color secundario de la cara exterior del labio superior	1.091	13.57	0.000	0.14	<b>0.71</b>	0.00
		4		3	<b>9</b>	0
Ancho del labio inferior	6.670	0.002	1.109	<b>0.87</b>	0.00	0.03
				<b>4</b>	0	5
Ondulación en el margen del labio superior	0.029	9.550	5.607	0.00	<b>0.50</b>	0.17
				4	<b>6</b>	7
Peso de 1000 semillas	6.973	0.369	0.065	<b>0.91</b>	0.02	0.00
				<b>3</b>	0	2
Tipo de cáliz	5.950	0.947	0.384	<b>0.77</b>	0.05	0.01
				<b>9</b>	0	2
Rendimiento por planta	6.566	0.111	1.624	<b>0.86</b>	0.00	0.05
				<b>0</b>	6	1
Número de inflorescencias	0.141	1.939	24.62	0.01	0.10	<b>0.77</b>
		0		9	3	<b>7</b>

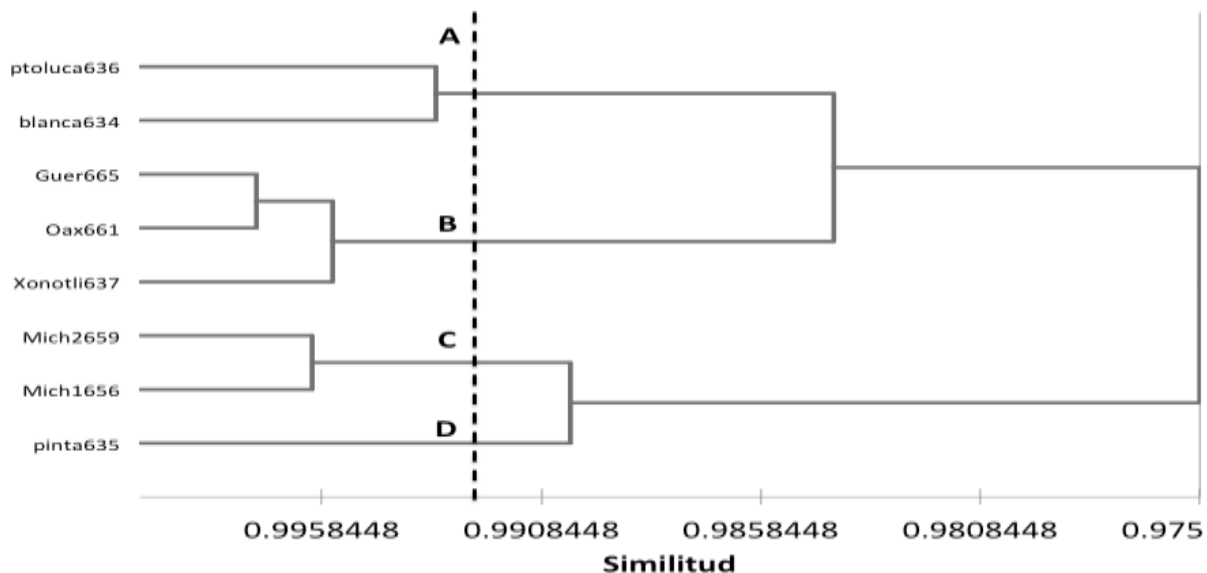
---

**ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES**

Valolor propio	13.099	5.298	3.158
Variabilidad %	48.51.6	19.23	5
% Acumulado	48.516	68.39	3

A comparación del trabajo de Hernández y Miranda (2008) las variables de este trabajo fueron tanto cuantitativas como cualitativas, para diferenciar poblaciones con respecto aspectos no tomados en cuenta anteriormente.

Adicionalmente el análisis de conglomerados, permitió distinguir cuatro grupos de las 8 poblaciones de chí, de las cuales se representan en la figura 1.



**Fig. 1** Dendrograma de 27 variables determinadas en 8 poblaciones de chí.

**Grupo A:** Esta comprendida por pToluca636 y blanca634, tienen como características una altura menor que el resto de los grupos, presentan una mayor longitud en el pecíolo y en el largo y ancho de la lámina, además una inflorescencia más grande, por lo cual presenta mayor rendimiento.

**Grupo B:** Lo comprende Guer665, Oax661 y Xonotli637, las cuales son dos silvestres y una cultivada respectivamente, de las diferencias encontradas en este grupo con respecto a los demás es, el tamaño de la inflorescencia similar al grupo A con una diferencia marcada en la longitud de entrenudo; pero con un mayor rendimiento por planta que el grupo C y el número de inflorescencias es superior al resto de los grupos.

**Grupo C:** se encuentran Mich 1659 y Mich2 1656, estas poblaciones presentan Cáliz abierto, y una altura promedio más alta que las del resto de los grupos, en cuanto al peso de 1000 semillas y rendimiento por planta es el menor comparado con los grupos.

**Grupo D:** Pinta635 esta población se presenta cáliz cerrado; como el resto de las poblaciones cultivadas, el peso de 1000 semillas es mayor de los grupos A, B, C. El rendimiento por planta es menor al grupo A; con menor número de inflorescencias además su inflorescencia es más compacta, contiene mayor

número de floretes, con un cáliz mas grande y además el peso de 1000 semillas es superior al resto de los grupos.

## CONCLUSIONES

La descripción morfológica nos muestra la existencia de cambios a este nivel entre las poblaciones de chíá silvestre y cultivada, al igual que características compartidas que muestra su parentesco; por lo que se llega a justificar que las chías silvestres figuran en un futuro programa de mejoramiento. Las características sobresalientes en las poblaciones cultivadas en comparación con las silvestres fueron inflorescencias de mayor longitud, cáliz de mayor tamaño, el numero de floretes y un mayor peso de la semilla, disimilitudes reportadas para plantas cultivadas y silvestres en la literatura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ayerza, R., & Coates, W. (2004). Composition of chia ( *Salvia hispanica*) grown in six tropical and subtropical ecosystems of South America. *Tropical Science*, 44(3), 131–135. <https://doi.org/10.1002/ts.154>
2. Ayerza y Coates. (2006). En su: Chíá, redescubriendo un olvidado alimento de los aztecas. In *El renacimiento de la chíá* (Del Nuevo, p. 205). Buenos Aires, Argentina.
3. Baginsky, C., Baginsky, C., Arenas, J., Escobar, H., Garrido, M., Valero, N., Hussain, S. (2016). Growth and yield of chia ( *Salvia hispanica* L .) in the Mediterranean and desert climates of Chile Growth and yield of chia ( *Salvia hispanica* L .) in the Mediterranean and desert climates of Chile. *Lipids in Health and Disease*, 16(1), 27. <https://doi.org/10.1186/s12944-017-0426-5>
4. Bochicchio, R., Philips, T., Lovelli, S., Labella, R., Galgano, F., Di Marisco, A., ... Amato, M. (2015). Innovative Crop Productions for Healthy Food: The Case of Chia (*Salvia hispanica* L.). In *The Sustainability of Agro-Food and Natural Resource Systems in the Mediterranean Basin* (pp. 29–45). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16357-4>
5. Cahill, J. (2004). Genetic diversity among varieties of Chia (*Salvia hispanica* L.). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 51(7), 773–781. <https://doi.org/10.1023/B:GRES.0000034583.20407.80>
6. Cahill, J. P. (2005). Human selection and domestication of Chia (*Salvia hispanica* L.). *Journal of Ethnobiology*, 25(2), 155–174. [https://doi.org/10.2993/0278-0771\(2005\)25](https://doi.org/10.2993/0278-0771(2005)25)
7. Coates, W., & Ayerza, R. (1998). Commercial production of chia in Northwestern Argentina. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75(10), 1417–1420. <https://doi.org/10.1007/s11746-998-0192-7>
8. Coelho, M. S., & Salas, M. M. de las M. (2014). Revisão : Composição química, propriedades funcionais e aplicações tecnológicas da semente de chia ( *Salvia hispanica* L ) em alimentos Review : Chemical composition, functional properties and technological applications. *Brazilian Journal of Food Technology*, 17(4), 259–268. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.1814>



9. de Souza, F. C., De Sousa Fomes, F., Espirito, G., Da Silva, S., & Rosa, G. (2015). Effect of chia seed (*Salvia hispanica* L.) consumption on cardiovascular risk factors in humans: a systematic review. *Nutrición Hospitalaria*, 32(5), 1909–1918. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.5.9394>
10. Di Sapio, O., Busilacchi, H., Quiroga, M., & Severin, C. (2012). Caracterización Morfoanatomica de Hoja, tallo , Fruto y Semilla de *Salvia hispanica* L. (Lmiaceae). *Boletín Latinoamericano Y Del Caribe de Plantas Medicinales Y Aromáticas*, 11(3), 249–268. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85622739007%0ACómo>
11. Hearthland. (2016). Chia Grown, harvested and processed in the USA for total identity preservation. <http://www.heartlandchia.com/>.
12. Hernandez, G. A., & Miranda, C. S. . (2008). Caracterización morfológica de chíá (*Salvia hispanica*). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(2), 105–113. <https://doi.org/0187-7380>
13. Hernández, G. R., & Herrerias, G. G. (2004). *Evolución de la tecnología hidro-agro-ecológica mesoamericana desde su origen prehistórico*. Tehuacán Puebla. México.
14. Hildebrand, D., Jamboonri, W., & Phillips, T. (2013). *Early Flowering Chíá and uses thereof* (University). Soil Sciences Faculty Patents. 13. Retrieved from [http://uknowledge.uky.edu/pss\\_patents/13](http://uknowledge.uky.edu/pss_patents/13)
15. Jamboonsri, W., Phillips, T. D., Geneve, R. L., Cahill, J. P., & Hildebrand, D. F. (2012). Extending the range of an ancient crop, *Salvia hispanica* L.-a new w3 source. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59(2), 171–178. <https://doi.org/10.1007/s10722-011-9673-x>
16. Oliveros, S. M. R., & Paredes, L. O. (2013). Isolation and characterization of proteins from chia seeds (*Salvia hispanica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(1), 193–201. <https://doi.org/10.1021/jf3034978>
17. Olivos-Lugo et al., 2010. (2010). Thermal and Physicochemical Properties and Nutritional Value of the Protein Fraction of Mexican Chia Seed (*Salvia hispanica* L.). *Food Science and Technology International*, 16(1), 89–96. <https://doi.org/10.1177/1082013209353087>
18. Raya-Pérez, J. C., Aguirre-Mancilla, C. L., Gil-Vega, K., & Simpson, J. (2010). La domesticación de plantas en México: comparación de la forma cultivada y silvestre de *Byrsonima crassifolia* (Malpighiaceae). *Polibotanica*, 30, 239–256. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62114250013%0ACómo>
19. Rovati, A., Escoba, E., & Prado, C. (2012). Particularidades de la semilla de chíá (*Salvia hispanica* L.). *Avance Agroindustrial*, 33, 39–43. [https://doi.org/10.1007/978-0-85729-323-7\\_1526](https://doi.org/10.1007/978-0-85729-323-7_1526)
20. Sosa, A., Ruiz, G., Rana, J., Gordillo, G., West, H., & Sharma, M. (2016). Chia Crop (*Salvia hispanica* L.): its History and Importance as a Source of Polyunsaturated Fatty Acids Omega-3 Around the wor Chia Crop (*Salvia hispanica* L.): its History and Importance as a Source of Polyunsaturated Fatty Acids Omega-3 Around the Wor. *Crop Research and Fertilizers Review Open*, 1, 1–9.

21. Turnbull, L. A., Coomes, D., Hector, A., & Rees, M. (2004). Seed mass and the competition /colonization trade-off: competitive interactions and spatial patterns in a guild of annual plants. *Journal of Ecology*, 92(92), 97–109. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2004.00856.x>
22. Ullah, R., Nadeem, M., & Imran, M. (2017). Omega-3 fatty acids and oxidative stability of ice cream supplemented with olein fraction of chia (*Salvia hispanica* L.) oil. *Lipids in Health and Disease*, 16(1), 34. <https://doi.org/10.1186/s12944-017-0420-y>
23. UPOV.(2013).International Union for the Protection of New Varieties of Plants (*SALVIA* L.),1,1–35. Retrieved from <http://www.upov.int/tools/es/gsearch.html?cx=016458537594905406506%3Asa0ovkspdxw&cof=FORID%3A11&q=SALVI>
24. Valdivia, L. M., & Tecante, A. (2015). Chia (*Salvia hispanica*): A Review of Native Mexican Seed and its Nutritional and Functional Properties. *Advances in Food and Nutrition Research*, 75, 53–75. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2015.06.002>

## **VIGOR INICIAL DE PLÁNTULA EN HÍBRIDOS NO CONVENCIONALES DE MAÍZ (*Zea mays*)**

Job Amigón Juárez<sup>1</sup>; Leticia Rodríguez Zárate<sup>1</sup>; Francisco Cervantes Ortiz<sup>1</sup>; Mariano Mendoza Elos<sup>1</sup>; J. Gpe García Rodríguez<sup>1</sup>; Enrique Andrio Enriquez<sup>1</sup>; Hugo C. Cisneros Lopez<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Estudiante de Maestría en Producción y Tecnología de semillas, Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto. <sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto. <sup>3</sup>Autor para correspondencia: [amigon\\_2603@outlook.com](mailto:amigon_2603@outlook.com)

### **RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo fue la formación de híbridos no convencionales de maíz (mestizos) y evaluar su vigor de la plántula. En el ciclo primavera-verano de 2016 se establecieron 8 poblaciones criollas y 3 líneas para realizar para formas estos híbridos; las poblaciones que se utilizaron fueron: Celaya, Jaral, Peña Colorada, San Miguel Octopan, Querétaro blanco, Mestizo (M1RC2) y Mestizo 2 (M2RC2) los cuales fueron utilizados como hembras y como machos fueron las líneas Promon, Caimán 87 y Caimán 106. Se determinó el peso de 100 semillas, porcentaje de emergencia, longitud de plántula, peso seco de vástago, peso frasco de vástago, velocidad de emergencia, índice de vigor I y II e índice de clorofila. La evaluación de hizo bajo condiciones de invernadero, utilizando un diseño completamente al azar con 50 semillas por 3 repeticiones. De acuerdo a los resultados el mestizo Jaral X Caimán 87 obtuvo mayor peso con respecto al peso de 100 semillas. Para porcentaje de emergencia, los mestizos y poblaciones presentaron altos porcentajes, con excepción de la población Jaral que presento un resultado pobre (76%). En longitud de plántula, las poblaciones originales superaron a las cruza y a las líneas. Pero en peso seco y fresco de vástago e índice de vigor I y II las cruza fueron las de mejor respuesta. Para el índice de clorofila los genotipos se comportaron de manera similar. Finalmente, la longitud de tallo de plántula se correlacionó con la velocidad de emergencia y el índice de vigor I y II.

**Palabras clave:** Híbrido no convencional, poblaciones, calidad de semillas, mestizos.

### **SUMMARY**

The objective of this work was the formation of non-conventional hybrids of corn (mestizos) and assess their seedling vigor. In the cycle spring-summer 2016 settled 8 Creole populations and 3 lines to make forms for these hybrids; populations that were used were: Celaya, Jaral, Peña Colorada, San Miguel Octopan, Queretaro white, Mestizo (M1RC2) and Mestizo 2 (M2RC2) which were used as females and males were Promon, 87 Cayman and Cayman 106 lines. The weight of 100 seeds, emergence percentage, length of seedling dry weight of stem, weight jar of stem, speed of emergency force I and II and index of chlorophyll was determined. Evaluation of made under greenhouse conditions, using a completely randomized design with 50 seeds for 3 repetitions. According to the results the mestizo Jaral X Cayman 87 obtained higher weight with respect to the weight of 100 seeds. For percentage of

emergency, mestizos and populations showed high percentages, with the exception of Jaral population presented a poor outcome (76%). In seedling length, original populations exceeded the crosses and lines. But in weight dry and fresh stem and vigor I and II index crosses were responsive. Chlorophyll index genotypes behaved similarly. Finally, the length of seedling stem correlated with the emergence rate and the rate of force I and II.

Key words: hybrid populations, non-conventional, quality of seeds, mestizos.

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*) es una especie gramíneas anual originaria y domesticado por los pueblos indígenas en el centro de México desde hace unos 10.000 años e introducida a Europa en el siglo XVII (Cabrera, 2012).

El maíz en un símbolo cultural de gran importancia histórica en México, y su enorme capacidad para adaptarse tiene que ver con las características fisiológicas de las planta, pero más tiene que ver con el interés, la sabiduría y la pasión de experimentadores agrícolas durante miles de años (SAGARPA, 2016).

Desde el punto de vista económico el maíz en México el maíz se siembra en más de 8 millones de hectáreas, que representan 39% de la superficie agrícola nacional y 63% de la superficie sembrada en granos y oleaginosas; contribuye con el 8% del producto interno de la agricultura. En el 2006 se importaron 8 millones de toneladas y en 2010 alrededor de 10 millones de toneladas, lo que refleja la importancia de este cereal en las importaciones agrícolas de México (González et al., 2008).

En este sentido, Márquez (1988) indica que las poblaciones regionales o adaptadas son de interés para los mejoradores de maíz, ya que a través de años de selección natural o inducida por los agricultores, se han concentrado alelos de interés económico, como resistencia a factores agronómicas que limitan su aprovechamiento, de ahí la importancia de su mejoramiento.

La buena producción de semilla depende también de factores genéticos y de la interacción que se establece con los factores del medio ambiente, tales como temperatura, luz, humedad de aire, condiciones de suelo y velocidad del aire, entre otros (Petrovich y Prokofeva, 1996). Al respecto, Besnier (1989) comenta que el éxito en la producción comercial de semillas depende de la calidad del producto terminal, la cual está determinada por un conjunto de atributos que la hacen deseable para su siembra, donde la calidad genética, física, sanitaria y fisiológica juegan un papel importante, manifestándose directamente en su vigor inicial y en la productividad de los cultivos.

La adopción de semilla mejorada es un proceso de cambio que permitiría alcanzar a México niveles competitivos en la producción. (Preciado et al., 2005) mencionan que una alternativa para aumentar el uso de semillas mejoradas es incrementar el potencial de rendimiento de los materiales genéticos mejorados, con la finalidad de que sea económicamente viable el costo de la semilla y como lo dicta la ley de la demanda que un menor precio de la semilla mejorada determinará una mayor cantidad aprovechada (García y Ramírez, 2014). En el año 2012, en México se sembraron aproximadamente 8.0 millones de hectáreas de maíz de la cuales se estima que 6.5 millones se sembraron con semilla criolla y solo 1.5 millones con semilla mejorada (SIAP, SAGARPA, 2011). Por ello los estados con mayor

consumo de semilla mejorada se encuentra Sinaloa, Sonora, Jalisco y Guanajuato, en los cuales la superficie sembrada con este tipo de insumos es mayor de 70% (Ortega Paczka, 2003).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó de Junio a Diciembre de 2016 en campo, en el laboratorio de semillas e invernadero del Instituto Tecnológico de Roque (ITR), ubicado en el Kilómetro 8 carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Gto, México. Para este trabajo se establecieron siete genotipos criollos: Celaya, Jaral, Querétaro blanco, Peña Colorada, San Miguel Octopan, M1RC2, M2RC2. Tres líneas Promon, Caimán 87 y Caimán 106. Además se usó la cruce entre un criollo de San Miguel Allende y un híbrido y de ahí se realizaron las cruces de poblaciones por líneas. Estos materiales se sembraron el 15 de abril de 2016, se aplicaron 2 riegos en emergencia y etapa de floración. Se aplicó una fertilización de 300 Kg ha<sup>-1</sup> de Nitrógeno, como fuente de fertilizante se empleó urea (46-00-00).

Se realizaron recorridos de campo para cubrir la floración femenina (jilote) con glacies con la finalidad de que no quedara expuesto el polen de materiales no deseados. Cuando la floración femenina de las 8 poblaciones utilizadas estaban receptivas para las cruces con las líneas seleccionadas, se cubrió la floración masculina con una bolsa de papel, esta actividad se realizó por la mañana antes de que la espiga libere polen, las bolsas se bajaron aproximadamente a las 10 am cuando el solo salía y el polen era liberado y se encontraba viable. . La cosecha se realizó a finales de septiembre manualmente identificando cada genotipo cosechado, se dio un lapso para que las mazorcas quedaran con el grado de humedad requerido (12%) para poder desgranarlos. Para el vigor inicial de la plántula se usaron tres repeticiones de 50 semillas se establecieron en camas de arena. Las semillas se colocaron a dos centímetros de profundidad y se registraron los siguientes caracteres; velocidad de emergencia (VE), realizando conteos diarios a partir del 4 día y hasta el día 10 después de la siembra (DDS), porcentaje de emergencia (PE), peso verde del vástago (PVV) y peso seco de vástago (PSV), longitud de plántula (LPL) e índice de clorofila (COLOR).

La velocidad de emergencia se determinó de acuerdo con Maguire (1962) usando la siguiente formula:

$$VE = \frac{N^{\circ} \text{ de plántulas normales } + \dots + N^{\circ} \text{ de plántulas normales}}{\text{Día del primero conteo} \quad \text{Día del conteo final}}$$

El porcentaje de emergencia se determinó contando el número de plántulas emergidas al décimo día y utilizando la siguiente expresión:

$$PE = (100) \left( \frac{N^{\circ} \text{ de plántulas emergidas al día 10 DDS}}{N^{\circ} \text{ total de semillas sembradas}} \right)$$

A los 16 días después de la siembra se obtuvo el peso verde de vástago y longitud de planta utilizando una muestra de diez plantas por genotipo y por unidad experimental. Las plantas fueron cortadas se metieron a la estufa a una temperatura de 60° por 48 horas, después se pesaron para obtener el peso seco del vástago. Con estos datos se calculó el índice de vigor I e índice de vigor II, multiplicando el porcentaje de emergencia X el peso seco de la parte aérea y el porcentaje de emergencia por longitud de la plántula. El índice de clorofila se tomó con el SPAD 502, las lecturas fueron tomadas de una hoja por planta, en 5 plantas por genotipo y por repetición se tomó una sola lectura a los 19 días después de la siembra. Los datos fueron capturados en un análisis de varianza utilizando el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS (SAS, 1999). La comparación múltiple de media se realizó de acuerdo a la prueba de Tukey 0.05%.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Con base a los resultados obtenidos en peso de semillas (PS) se puede observar que existen diferencias significativas entre genotipos, lo que indica que al menos una variedad presentó un peso diferente. Con un coeficiente de variación de 3.7% y se considera aceptable; con estos resultados se puede señalar que los genotipos son diferentes en la calidad física medida como peso de 100 semillas.

La comparación de medias para el peso de semilla (PS) en mestizos de maíz tiene una Diferencia Significativa Mínima (DMS) de 4.64 los mestizos y progenitores tienen numerosas agrupaciones, haciéndolos estadísticamente diferentes; el mejor mestizo que mejor peso registro fue la crusa Jaral X Caimán 87 con un peso de 61.84 gr en 100 semillas, seguido de Jaral X Promon con 60.85 gr y San Miguel Octopon X Caimán 87 con 53.46 gr. Los que menor peso registraron fueron Querétaro X Caimán 106 con 35.89 gr, Mestizo 1 X Caimán 87 con 36.64 gr. Se observa que los mestizos provenientes de la polinización de la línea utilizada como macho Promon registraron un peso mayor en comparación con sus progenitores macho y hembra.

De igual manera se observa que las poblaciones originales Jaral, San Miguel Octopan y Peña Colorada muestran las semillas más pesadas; por otro lado, las líneas Promon y Caimán 106 presentaron el peor comportamiento con pesos bajos. De acuerdo con los resultados obtenidos las cruzas presentaron mayor peso de semilla en comparación con las poblaciones originales, los genotipos utilizados como machos presentaron de forma general buenos resultados en la formación de cruzas; aunque la línea Promon fue la que mejor se expresó debido a que las cruzas superaron el peso de semilla de la población utilizada como hembra y macho.

En la tabla 1 se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza para porcentaje de emergencia (PE), longitud de plántula (LPL), peso seco de vástago (PSV) y peso fresco de vástago (PFV); donde se puede observar que existe diferencia significativa ( $P < 0.01$ ) para genotipos en PE, LPL, PFV y significativa ( $P < 0.05$ ) para PSV.

Tabla 1. Cuadrados medios y significancia estadística para vigor inicial de plántula en cama de arena en genotipos de maíz. Roque, Celaya, Gto. 2016.

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>PE (%)</i>	<i>LPL (cm)</i>	<i>PSV (gr)</i>	<i>PFV (gr)</i>
<i>Bloque</i>	2	23.62	277.81	1.10	240.09
<i>Genotipo</i>	31	72.03**	22.95**	0.31*	72.00**
<i>Error</i>	62	25.99	5.97	0.15	22.87
<i>CV (%)</i>	--	5.30	13.11	23.58	22.26

\*, \*\* Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad. PE: Porcentaje de Emergencia, LPL: Longitud de Planta, PSV: Peso Seco de Vástago, PFV: Peso Fresco de Vástago.

Las variables evaluadas en camas de arena, donde en el PE sobresalieron todos los mestizos y la mayoría de las poblaciones con valores superiores a 90%, sin embargo, la población Jaral y la línea Caimán 106 no alcanzaron el valor establecido por el SNICS (85%).

En LPL, los mestizos de la cruce San Miguel Octopan X Caimán 87) y la cruce de Mestizo 2 X Promon, registraron la mejor altura, al igual que las poblaciones Jaral, Mestizo 2 y Querétaro con valores superiores a 21 cm. La cruce Celaya X Promon registró los valores más bajo, de igual manera, lo hicieron las líneas Caimán 87 y Caimán 106 con valores inferiores a los 13 cm.

Para PSV se presentó que los mestizos San Miguel Octopan X Caimán 87 y Peña Colorada X Promon obtuvieron el valor más alto, del mismo modo lo hicieron las poblaciones Celaya, Jaral, San Miguel Octopan y Mestizo 1 con valores superiores a 2 gr.

En PFV, los mestizos Celaya X Caimán 87, San Miguel Octopan X Caimán 87, Querétaro X Caimán 87, Mestizo 1 X Caimán 106, Peña Colorada X Caimán 106, Peña Colorada X Promon, Jaral X Caimán 87, Jaral X Caimán 106 y Jaral X Promon registraron valores altos.

El vigor de las semillas ha sido definido como la sumatoria total de aquellas propiedades de las semillas que determinan el nivel de actividad y el comportamiento de las semillas o de un lote de semillas durante a germinación y emergencia de las plántulas. Las semillas que muestran un buen comportamiento son consideradas de alto vigor, y aquellas que presentan un pobre comportamiento son llamadas semillas de bajo vigor (International Seed Testing Association, 1995).

Los aspectos del comportamiento asociados con el vigor de las semillas incluyen: a) tasa y uniformidad de germinación de semillas y crecimiento de plántulas; b) comportamiento en el campo, incluyendo la tasa y uniformidad de la emergencia de las plántulas; c) comportamiento después del almacenamiento y transporte, particularmente la disminución de la capacidad de germinación.

En I tabla 2 se muestran los cuadrados medio del análisis de varianza para Velocidad de Emergencia (VE), índice de Vigor I (IV1), Índice de Vigor II (IV2) e índice de clorofila (SPAD), en él se puede observar que existe diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ) para VE, IV1, IV2 Y CLOR.

Tabla 2. Cuadrados medios y significancia estadística para materiales evaluados en cama de arena. Roque, Celaya, Gto. 2016.

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>VE</i>	<i>IV1</i>	<i>IV2</i>	<i>CLOR</i> ( <i>SPAD</i> )
<i>Bloque</i>	2	956.76	2785327	11340.18	0.957
<i>Genotipo</i>	31	82.59**	259401.14**	3194.01**	2.308**
<i>Error</i>	62	8.44	53405.54	1403.139	1.65
<i>CV (%)</i>	--	10.9071	12.892	23.0597	10.17

\*, \*\* Significativo al 0.05 y 0.01 altamente significativo. VE: Velocidad de Emergencia, IV1: Índice de Vigor 1, IV2: Índice de Vigor 2, CLOR: Clorofila.

En la prueba de medias para velocidad de emergencia, índice de vigor 1 (IV1), índice de vigor 2 (IV2) e índice de clorofila (CLOR), se muestra que en VE el mestizo Celaya X Promon y San Miguel Octopan X Caimán 106 presentaron el peor comportamiento (23 a 25 plantas por día); sin embargo, se observó que las poblaciones Celaya y San Miguel Octopan presentan los valores más altos (35 plantas por día).

En IV1 las líneas Promon y Caimán 87 registran el menor índice de vigor y en general todas las cruza tuvieron un comportamiento similar aceptable. Con respecto al IV2, el mestizo Peña Colorada X Promon y la población Mestizo 1 registran el mayor valor y las líneas Caimán 87 y Caimán 106 presentaron el índice más bajo. En índice de clorofila (CLOR) los mestizos, líneas y poblaciones registraron un valor promedio de 12 unidades SPAD en estado de plántula a los 16 DDS.

Las cruza mostraron un mayor crecimiento (peso seco y peso verde). En el caso de los genotipos Caiman 106 y Caimán 87 sus bajos valores se pueden atribuir que son líneas endogámicas; los resultados reportados coinciden con los reportados por Sánchez *et al.*, (2011) quien evaluó la calidad de semilla en criollos de maíz reportando diferencias significativas en vigor, peso seco, peso verde, velocidad de emergencia atribuyendo las diferencias a la condiciones de la semilla.

Con respecto a las correlaciones entre los caracteres registrados, se observa que la longitud de plántula (LPL) presentó una correlación alta y positiva con el peso seco de vástago (PSV), peso fresco de vástago (PFV), velocidad de emergencia (VE), índice de vigor 1 (IV1) e índice de vigor 2 (IV2). Por otro lado, la velocidad de emergencia (VE) se relacionó con IV1 e IV2 y finalmente, el IV1 con el IV2.

## CONCLUSIÓN

El análisis de varianza mostró efecto estadístico significativo entre genotipos para todos los caracteres registrados.



Los mestizos con mayor peso de semilla fueron Jaral X Promon, San Miguel Octopan X Caimán 87 y Jaral X Promon, mientras las líneas progenitoras presentan el peor comportamiento.

En el índice vigor I y II los mestizos presentan un comportamiento similar, expresando un alto vigor, y las líneas un bajo vigor; finalmente, la longitud de plántula se correlacionó con la velocidad de emergencia y el índice de vigor I y II. La velocidad de emergencia lo hizo con índice e vigor I y II y no hubo relación del peso de 100 semillas con los caracteres de vigor inicial de la plántula.

#### **LITERATURA CITADA**

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) 2016. Maíz blanco y amarillo, alimentación e industrias.

González, A., Islas, A., Espinoza, J.A., S. Wood. 2008. Impacto Económico del mejoramiento Genético del maíz en México. Publicación Especial No. 25. INIFAP. México: 88p.

Márquez, S, F, L Sahagun, J.A. Carrera, E. Barrera (2000) Retrocruza limitada para el mejoramiento de maíces criollos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 51p.

Preciado, O.R.E., Terrón, I. A. D., Gómez, M. N. O. y Robledo, G. E. I. 2005. Componentes genéticos en poblaciones heteróticamente contrastantes de maíz de origen tropical y subtropical. Rev. Agronómica Mesoamericana 16(2): 145-151.

Ortega-Paczka R. (2003) El maíz como cultivo II: In: Sin maíz no hay País. José Vicente Anaya (ed). CONACULTA. Pp: 123-154

Perry, D. A. 1983. El concepto de vigor de la semilla y su relevancia con respecto a las técnicas de producción de semilla. In: Producción Moderna de Semillas. Hebblethwaite, P. D; (ed). Tomo II. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. Pp: 693-702.

García S. J. A y Ramírez J.R. El mercado de la semilla mejorada de maíz (*Zea mays*) en México. 2014. Un análisis de saldo comercial por entidad federativa. Rev. Fitotecnia Mexicana. 37.

Benal, E. J. 1996. Producción manejo y calidad de semilla In: pasturas Tropicales. Memorias Correa, P. S (ed) Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) Medellín, Colombia 196 p.

Bewley, D. J. M. Black and P. Halmer. 2006. The encyclopedia of seeds, science, technology and uses. CAB International. London, UK. 828 p.

