

POTENCIAL AGRONÓMICO DE POBLACIONES SOBRESALIENTES DE LA RAZA RATÓN EVALUADAS EN CONDICIONES DE SECANO EN EL SUR DE TAMAULIPAS

AGRONOMIC POTENTIAL OF OUTSTANDING POPULATIONS OF THE MOUSE BREED EVALUATED UNDER RAINFED CONDITIONS IN SOUTH TAMAULIPAS

Castillo-Guillén, Mario Alberto¹; Toribio-Solis, Víctor Manuel²; Rocandio-Rodríguez, Mario^{2s}; Moreno-Ramírez, Yolanda del Rocío²; Joaquín-Cancino, Santiago¹

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas-Facultad de Ingeniería y Ciencias, Mariano Matamoros S/N, Zona Centro, CP 87000 Cd. Victoria, Tamps. México; ²Universidad Autónoma de Tamaulipas-Instituto de Ecología Aplicada, División del Golfo #356, Col. la Libertad, CP 87019, Cd. Victoria, Tamps, México. §Autor responsable:

mrocandio@docentes.uat.edu.mx

Recibido 14 julio 2022, aceptado 7 noviembre 2022

Artículo científico

RESUMEN

El reto de incrementar la producción sin ampliar la frontera agrícola involucra, entre otros, atender las características necesarias y/o deseables de los cultivos a través de la visión de los agricultores. La caracterización fenotípica e identificación de poblaciones sobresalientes en un previo paso, pero determinante para iniciar la mejora fitogenética participativa. En este sentido, el objetivo del presente estudio fue caracterizar y determinar el potencial de rendimiento y, sus componentes de poblaciones sobresalientes de maíz la raza Ratón. En el predio agrícola del productor cooperante bajo condiciones de temporal, se evaluaron fenotípica y agronómicamente 10 poblaciones nativas junto a dos poblaciones de agricultores cooperantes en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Los resultados y su ANOVA indicaron la existencia de diversidad fenológica, tamaño de la mazorca y de grano; es decir, características asociadas al rendimiento, a través de diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las poblaciones. Cinco de los maíces Ratón superaron los 2,500 kg ha⁻¹ de rendimiento y a las variedades de referencia esta respuesta positiva se relacionó con la adaptación a las condiciones de suelo y de clima de la región. Con base en el $\bar{X} + 1 S$ por rendimiento de grano (kg ha⁻¹) dos de las poblaciones de Ratón obtuvieron en promedio 3,015.2 kg ha⁻¹. La diversidad fenotípica y valor de rendimiento del maíz Ratón tiene potencial para constituir la base genética de materiales mejorados en un esquema de fitomejoramiento participativo y, por ende, ser una alternativa para el uso sustentable de la diversidad agrícola.

Palabras clave: Raza Ratón, producción sustentable, fitomejoramiento

SUMMARY

The challenge of increasing production without expanding the agricultural frontier involves, among others, addressing the necessary or desirable characteristics of crops through the farmers' vision. The phenotypic characterization and identification of special populations in a previous step but decisive to start the participatory plant genetic improvement. In this sense, the present study's objective was to characterize and determine the yield potential and its components of special populations of maize the Ratón race. In the agricultural farm of the cooperating producer under storm conditions, ten native populations were evaluated phenotypically and agronomically together with two populations of cooperating farmers in a randomized block design with three replications. The results and their ANOVA indicated the existence of phenological diversity, ear size, and grain; that is, characteristics associated with performance, through significant differences ($p \leq 0.05$) between the populations.

Five of the Ratón maize surpassed 2,500 kg ha⁻¹ of yield, and to the reference varieties, this positive response was related to the adaptation to the soil and climate conditions of the region. Based on the $\bar{X} + 1 S$ per grain yield (kg ha⁻¹), two of the Ratón populations obtained an average of 3,015.2 kg ha⁻¹. The phenotypic diversity and yield value of Ratón maize has the potential to constitute the genetic base of improved materials in a participatory plant breeding scheme and, therefore, to be an alternative for the sustainable use of agricultural diversity.

Key words: Ratón race, sustainable production, plant breeding

INTRODUCCIÓN

La raza Ratón de maíz se caracteriza por presentar porte bajo de ciclo precoz y tolerancia a condiciones adversas de precipitación y altas temperaturas, lo que les confiere una buena adaptabilidad a diferentes nichos ecológicos. En la agricultura de subsistencia, los ciclos de producción de maíz se establecen con maíces nativos, cruza desarrolladas de maíces nativos × mejorados, así como maíces mejorados de generaciones avanzadas. Al utilizar su propia semilla, el productor reduce costos de producción, pero, además, incorpora variantes fenotípicas particulares. El uso de esta diversidad abre la oportunidad de fortalecer las variedades del productor con métodos de fitomejoramiento y así, realizar de manera participativa un plan de mejora genética, sobre todo en los sistemas de producción de semilla a nivel de región como los que prevalecen en su mayoría en la región centro-sur de Tamaulipas.

Si bien, maíz es uno de los cultivos con mayor cantidad y versatilidad de estudios requiere de incorporar perspectivas nacionales y estatales en las que se atiendan e integren patrones varietales así como la integración de la diversidad morfo-agronómica, ya que, a través de estos, se puede identificar áreas prioritarias de producción y conservación *in situ* con base en la identificación, uso y aprovechamiento del germoplasma nativo por fitomejoramiento a nivel de nicho ecológico (Perales y Golicher, 2014). La agricultura de subsistencia se caracteriza por desarrollarse con técnicas agrícolas mixtas, en las que seleccionan y siembran las semillas de sus propias cosechas, en suelos pobres y con recursos limitados, estas condiciones han incidido para que las variedades de maíz sigan evolucionando con base en adaptaciones a su entorno. La selección del agricultor es determinante y sus observaciones corresponden a necesidades específicas y distintivas incluso en una misma región de producción (Vernooy, 2003) este elemento aumenta la diversidad entre poblaciones o variedades de los productores, así como la resistencia a factores adversos asociada a la variabilidad genética existente. Dicha heterogeneidad puede ser utilizada como fuente genética para la obtención de variedades resistentes a través de la identificación de poblaciones sobresalientes.

En áreas rurales del sur de Tamaulipas, el cultivo de maíz a través de poblaciones nativas de maíz refleja las prácticas culturales y selección empírica en torno a su producción. La implementación, de la mejora participativa de las poblaciones nativas de maíz es una alternativa para incrementar el potencial no solo de la producción de grano, también características agronómicas requeridas por los productores, por ejemplo, menor tamaño de planta para evitar el acame. El uso sustentable de la diversidad atiende además la conservación y utilización de cultivos nativos frente a retos de la producción alimenticia y sostenible para generar alternativas a reproducirse en distintas regiones aprovechando la heterogeneidad ecológica de Tamaulipas. Bajo el contexto anterior, el objetivo del presente estudio fue caracterizar y determinar el potencial de rendimiento y sus componentes de diez poblaciones nativas de maíz de la raza Ratón obtenidas durante cuatro ciclos de selección masal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Genético

Se utilizaron 10 poblaciones nativas de la raza Ratón seleccionadas a través de cuatro años de selección masal visual estratificada en campo por investigadores del Instituto Ecología Aplicada y calificadas como sobresalientes por su alta tolerancia a condiciones de escasa precipitación y altas temperaturas, además, se utilizaron como testigos regionales dos poblaciones de maíz nativo de agricultores cooperantes en cada una de sus parcelas, estos fueron referentes de producción con los genotipos de la raza Ratón (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos y procedencia de 10 poblaciones sobresalientes de maíz de la raza Ratón, y dos poblaciones de maíz nativo de agricultores cooperantes evaluados en Ocampo, Tamaulipas, ciclo agrícola O-I de 2020.

Raza	Origen	Localidad
Ratón × Tuxpeño Norteño	Ocampo	Ricardo Flores Magón
Ratón × Tuxpeño Norteño	Hidalgo	La Trinidad
Ratón × Olotillo	Tula	Congregación Cienegilla
Ratón × Tuxpeño	Tula	Terrones Benítez
Ratón × Olotillo	Tula	Lucio Vazquez el Charquito
Ratón × Olotillo	Tula	Adolfo Lopez Mateos
Ratón × Olotillo	Tula	Mamalion
Ratón	Jaumave	El Carrizo
Ratón	Hidalgo	Ignacio Allende
Ratón	Cd. Victoria	Ejido la Presita
test_Ezq	Ocampo	Ejido San Isidro
test_Vic	Ocampo	Ejido San Isidro

test_Ezq: cultivo de la región del agricultor cooperante Sr. Ezequiel; test_Vic: cultivo de la región del agricultor cooperante Sr. Víctor.

Ubicación Geográfica del Área de Estudio y Descripción Climática

La evaluación se estableció en el ciclo agrícola otoño-invierno (O-I) en terreno agrícola del agricultor cooperante, ubicado en el Ejido San Isidro, municipio de Ocampo, el cual se localiza en las coordenadas, 20°54'58.43''N - 99°27'08.97''O) con una altitud de 465 msnm. La temperatura media anual para las condiciones de ciclo agrícola de O-I son de 23.2 °C, y durante la evaluación oscilaron entre 29 a 35 °C, y la menor correspondió a 29 °C. La precipitación anual se registró en 1,417.9 mm. Las variables climáticas se obtuvieron mediante el programa Eric® III V.3.2 (SMN, 2013).

Establecimiento y Manejo Agronómico

La siembra se realizó el 4 de julio de 2020, se depositaron tres semillas a una distancia de 0.50 m entre matas y 0.80 m entre surcos. Se realizó un aclareo dejando dos plantas por mata. La evaluación se mantuvo en condiciones de temporal y no se aplicaron riegos de auxilio. Para controlar el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* L.) se realizaron dos aplicaciones con insecticida Denim® 19CE (ingrediente activo Benzoato de emamectina: Benzoato 4-epimetilamino-4-desoxiavemectina B1a), la primera el 23 de julio y la segunda el 1 de octubre de 2020. La cosecha se efectuó el 18 de octubre de 2020.

Variables Evaluadas

Se determinaron los días a floración masculina (DFM) y femenina (DFF), contados a partir de la siembra hasta el momento en que 50 % de las plantas liberaron polen y 50 % de los estigmas estaban expuestos; altura de planta (APt) y altura de mazorca (AMz), medidos en cm desde el nivel del suelo hasta la punta de la espiga y hasta el nudo de inserción de la primera mazorca, respectivamente. Al momento de la cosecha se seleccionaron ocho mazorcas para medir en cada una: longitud (LMz) y el diámetro medio (DMz) de la mazorca en cm; número de hileras (NHilmz) de granos por mazorca y número de granos por hilera (GHilmz); de las ocho mazorcas seleccionadas de cada parcela experimental fueron desgranadas, y se tomaron 10 granos de cada una para medirles en mm la longitud (LGr), anchura (AGr) y espesor (EGr), y se registró el promedio de los 10 granos. Se formó una muestra con 100 granos de las ocho mazorcas y se obtuvo su peso (P100Gr); los mismos 100 granos se colocaron en una probeta y se midió el volumen (V100Gr) en cm³; el porcentaje de grano (PorcGMz) se obtuvo

del cociente peso total del grano de la mazorca/peso total de la mazorca $\times 100$. El rendimiento de grano (REND) se determinó en kg ha^{-1} , calculado con la fórmula: **Rendimiento** = $(\text{PC} \% \times \text{MS} \% \times \text{G} \times \text{FC})/8600$.

Donde: PC = peso de mazorcas cosechadas (kg) en la unidad experimental, % MS = por ciento de materia seca de una muestra de grano de Ocho mazorcas recién cosechadas, % G = por ciento de grano estimado a partir de ocho mazorcas, FC = factor de conversión para obtener el rendimiento de grano por ha, siendo el cociente de dividir 10,000 m^2 entre el tamaño de la parcela útil en m^2 y 8600 = es una constante para estimar el rendimiento de grano comercial con humedad del 14 %

Diseño y Unidad Experimental

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones, dando un total de 30 unidades experimentales. Cada unidad experimental consistió en cuatro surcos de cinco metros de longitud por 0.8 metros de ancho. Con una población final de 88 plantas, que corresponden a una densidad de población de 55 mil plantas ha^{-1} .

Análisis Estadístico:

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para cada variable y la prueba de Tukey para la comparación de medias al 0.05 de probabilidad, con el programa SAS v. 9.0. (SAS Institute, 2002). Para identificar a las poblaciones que mostraron los mayores rendimientos y las mejores características asociadas al rendimiento fueron aquellos que superaron el valor de la media más el error estándar ($\bar{x} + S$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ANOVA mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las poblaciones para los caracteres: DFF, NHilMz, DMz, LGr y AGr (Cuadro 2). Esta variación indica la existencia de diversidad en la fenología, tamaño de la mazorca y de grano; caracteres que componen el rendimiento.

Cuadro 2. Cuadros medios del análisis de varianza de una vía del rendimiento y sus componentes en 10 poblaciones sobresalientes de maíz nativo de la raza Ratón y dos cultivos de agricultores cooperantes de la región, Ocampo, Tamps., 0-I 2020.

Variable	Población	C.V	R cuadrada	Promedio
REND	951900.87 ns	36.13	0.44	22.85.10
DFM	12.77 ns	4.66	0.50	56.63
DFF	18.96 *	4.75	0.54	60.43
APt	383.11 ns	6.17	0.55	234.52
AMz	211.22 ns	10.12	0.52	100.39
NHilMz	1.23 **	4.62	0.70	11.14
Ghil	17.46 ns	9.21	0.45	35.59
LMz	2.46 ns	8.43	0.44	15.02
DMz	0.12 **	4.75	0.64	3.90
PorcGMz	0.002 ns	5.53	0.45	0.78
LGr	42.60 **	3.43	0.59	122.01
AGr	23.92 **	2.94	0.67	90.44
EGr	4.29 ns	3.85	0.53	38.25
P100Gr	11.40 ns	8.54	0.51	28.04
V100Gr	19.55 ns	7.99	0.53	40.10

* : $p \leq 0.05$; ** : $p \leq 0.01$; ns : no significativo; REND: rendimiento de grano; DFM: días a floración masculina; DFF: días a floración femenina; APt: altura de planta; AMz: altura de la mazorca; NHilMz: número de hileras de la mazorca; GHilMz: granos por hilera de la mazorca; LMz: longitud de la mazorca; DMz: diámetro de la mazorca;

PorcGMz: porcentaje de grano de la mazorca; LGr: longitud de grano; AGr: anchura de grano; EGr: espesor de grano; P100Gr: peso de cien granos; V100Gr: volumen de cien granos; C.V: coeficiente de variación.

La respuesta genética de las poblaciones establecidas respecto a las variables evaluadas fue significativa, respecto al REND, las poblaciones 10Rat_Vic y 4Rat_Tux_Tula superaron los 2,800 kg ha⁻¹ de rendimiento y por ende fueron los más productivos (Cuadro 3). La buena expresión que presentaron estas poblaciones puede ser asociada a la adaptabilidad a condiciones climáticas de escasa precipitación y altas temperaturas, que son los atributos por los que se seleccionaron de forma masal, de tal manera que estas poblaciones de Ratón han acumulado genes favorables para condiciones ambientales peculiares de la zona sur de Tamaulipas (Castro et al., 2011).

El valor más alto para APt que supero la media y su correspondiente error estándar fue la población 2Rat_Tux_Hida con 247.7 cm, valor que fue superior a los reportados por Pecina et al. (2009). Sin embargo, esta característica es un atributo indeseable, ya que se asocia directamente con acame de la planta. No obstante, la caída o inclinación de la planta en un ángulo de 45° o menos respecto al suelo no se observó en el presente estudio. Para NHilMz las poblaciones sobresalientes fueron las poblaciones 3Rat_Olo_Tula y 4Rat_Tux_Tula que mayor número de hileras presentaron, dicho valor fue superior al reportado en colectas de poblaciones nativas de Tamaulipas (Pecina et al., 2009). Para LMz la población test_Ezq que correspondió al cultivo originario de la región mostró mazorcas de mayor longitud por ser de la raza Olotillo, misma que se caracterizada por producir mazorcas largas, de igual forma el DMz mostro a las poblaciones: 3Rat_Olo_Tula, 4Rat_Tux_Tula, 7Rat_Olo_Tula y 9Rat_Hida con los promedios más elevados, valores similares a los obtenidos por Pecina et al. (2013), quienes señalan a este carácter como un atributo distintivo de las razas Olotillo y Tuxpeño, raza que está asociada de forma secundaria (Cuadro 1) en las poblaciones que sobresalieron para esta variable.

Cuadro 3. Comparación de medias de 10 poblaciones sobresalientes de maíz nativo de la raza Ratón y dos cultivos de la región, Ocampo, Tamps., 0-I 2020.

TRATAMIENTO	REND	DFM	DFF	APt	AMz	NHilMz	GHilMz	LMz
10Rat_Vic	3179.5*	53.7	57.00	237.5	101.3	10.5	37.9	14.96
1Rat_Tux_Ocam	1474.4	60.3*	65.67**	238.4	103.5	10.9	36.1	15.75
2Rat_Tux_Hida	2689.8	57.3	61.33	247.7*	114.5*	10.7	39.1	16.46
3Rat_Olo_Tula	1743.0	56.3	60.67	226.0	95.4	12.0*	34.3	15.13
4Rat_Tux_Tula	2851.0*	57.3	60.67	245.8	106.5	12.2*	35.4	16.00
5Rat_Olo_Tula	2095.8	54.3	58.00	213.0	89.3	10.8	33.1	13.92
6Rat_Olo_Tula	2635.1	55.3	59.00	239.2	103.3	10.3	37.4	15.48
7Rat_Olo_Tula	2215.3	55.3	58.33	234.6	89.4	11.6	31.3	13.77
8Rat_Jaum	1612.3	59.0*	62.33*	220.4	93.0	10.8	34.1	14.22
9Rat_Hida	2354.7	57.3	61.33	242.7	107.7	11.6	37.3	14.60
test_Ezq	2146.2	.	.	.	.	10.0	44.2*	17.58*
test_Vic	2134.8	.	.	.	.	10.0	52.3	20.17
S	512.6	2.1	2.5	11.3	8.4	0.73	5.6	1.793
\bar{X}	2261.0	56.6	60.4	234.5	100.3	10.95	37.7	15.67

*mayor que $\bar{X} + 1 S$; ** mayor que $\bar{X} + 2 S$; REND: rendimiento de grano; DFM: días a floración masculina; DFF: días a floración femenina; APt: altura de planta; AMz: altura de la mazorca; NHilMz: número de hileras de la mazorca; GHilMz: granos por hilera de la mazorca; LMz: longitud de la mazorca; test_Ezq: cultivo de la región del agricultor cooperante Sr. Ezequiel; test_Vic: cultivo de la región del agricultor cooperante Sr. Víctor.

Cuadro 3 (Continuación). Comparación de medias de 10 poblaciones sobresalientes de maíz nativo de la raza Ratón y dos cultivos de la región, Ocampo, Tamps., 0-I 2020.

TRATAMIENTO	DMz	PorcGMz	LGr	AGr	EGr	P100Gr	V100Gr
-------------	-----	---------	-----	-----	-----	--------	--------

10Rat_Vic	3.90	84.1	115.6	93.9	37.2	30.3*	43.7*
1Rat_Tux_Ocam	3.76	74.1	106.6	89.3	39.6	26.3	39.3
2Rat_Tux_Hida	3.65	75.7	110.9	91.0	38.8	27.2	39.3
3Rat_Olo_Tula	4.00*	79.3	109.0	86.9	38.5	26.1	37.7
4Rat_Tux_Tula	4.34**	78.5	117.1*	90.0	40.0*	28.1	38.0
5Rat_Olo_Tula	3.65	80.2*	107.5	87.3	37.5	26.1	37.0
6Rat_Olo_Tula	3.92	80.0*	111.9	96.3*	38.8	32.0*	44.7*
7Rat_Olo_Tula	4.01*	78.5	115.2	90.0	38.9	29.0	41.7
8Rat_Jaum	3.81	73.9	110.2	90.2	36.9	27.2	39.0
9Rat_Hida	4.00*	76.3	116.1	89.4	36.4	28.4	40.7
test_Ezq	3.62	80.60*	112.6	91.1	33.8	20.9	34.0
test_Vic	3.87	69.20	118.2*	99.3	32.8	28.4	45.0*
S	0.2	3.9	3.8	3.6	2.2	2.7	3.3
\bar{X}	3.8	77.5	112.5	91.2	37.4	27.4	40.0

*mayor que $\bar{X} + 1 S$; ** mayor que $\bar{X} + 2 S$; DMz: diámetro de la mazorca; PorcGMz: porcentaje de grano de la mazorca; LGr: longitud de grano; AGr: anchura de grano; EGr: espesor de grano; P100Gr: peso de cien granos; V100Gr: volumen de cien granos; test_Ezq: cultivo de la región del agricultor cooperante Sr. Ezequiel; test_Vic: cultivo de la región del agricultor cooperante Sr. Víctor.

Las poblaciones se graficaron con base en su rendimiento promedio (Figura 2) como el principal componente, así mismo, se observó que las poblaciones 10Rat_Vic, 4Rat_Tux_Tula, 6Rat_Olo_Tula y 2Rat_Tux_Hida superaron los 2,500 kg ha⁻¹ de rendimiento, estas poblaciones superaron a los testigos (cultivos propios de la región), lo cual denota adaptación de estas poblaciones a las condiciones de suelo y de clima de la región de estudio. De acuerdo con la Figura 2, los rendimientos de grano de las 10 poblaciones superaron el rendimiento promedio estatal general reportado para siembras de temporal y de riego, que es de 1.350 t ha⁻¹ (SIAP, 2018), lo que demuestra que existen poblaciones con rendimiento sobresaliente, aunque todas ellas pertenecen al estrato precoz. La selección por rendimiento, bajo las condiciones ambientales de la región de Ocampo, Tamps., puede permitir el mejoramiento de ésta y otras características de carácter poligénico presentes en las poblaciones locales de maíz en la región, como ha sido establecido por otros autores (Hallauer *et al.*, 2010; Ali *et al.*, 2015).

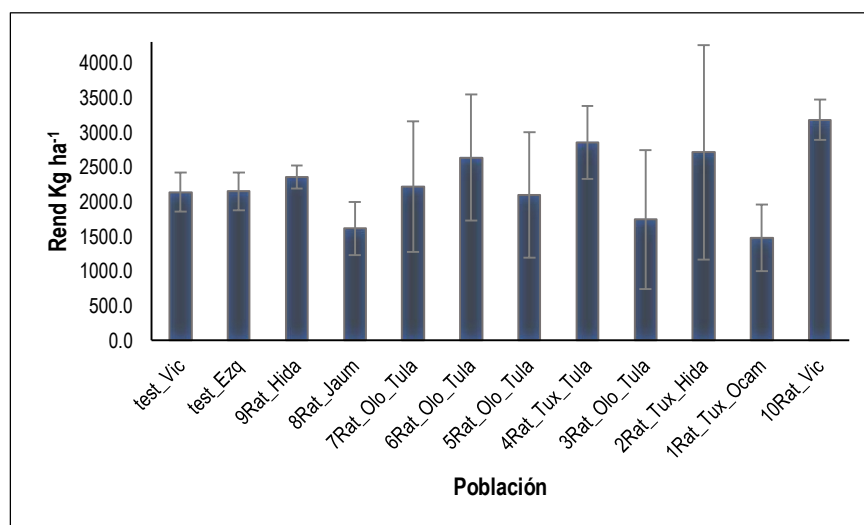


Figura 1. Rendimiento de diez poblaciones sobresalientes de la raza Ratón y dos poblaciones de agricultores de la región evaluados en Ocampo, Tamps.

CONCLUSIONES

Se identificó una amplia variación en rendimiento y sus componentes entre las poblaciones de la raza Ratón evaluadas. Las poblaciones de la raza Ratón superaron en rendimiento de grano a las poblaciones locales de los agricultores de la región. Las cuatro poblaciones que sobresalieron con base a $\bar{X} + 1 S$ por rendimiento de grano (kg ha^{-1}) fueron: 10Rat_Vic ($3,179.5 \text{ kg ha}^{-1}$) y 4Rat_Tux_Tula ($2,851.0 \text{ kg ha}^{-1}$) por tanto, pueden constituir la base genética para iniciar un programa de mejoramiento participativo.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma de Tamaulipas por el apoyo económico otorgado a través del proyecto de Investigación (UATINVES20): "Mejoramiento participativo y conservación in situ de maíz nativo en áreas rurales de Tamaulipas".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali F; Kanwal N; Ahsan M; Ali Q; Niazi KN (2015). Crop improvement through conventional and non-conventional breeding approaches for grain yield and quality traits in *Zea mays*. Life Sci. J. 12(4s): 38-50.
- Castro NS; Ramos OVH; Reyes MCA; Briones EF; López SJA (2011). Preliminary field screening of maize landrace germplasm from Northeastern Mexico under high temperatures. Maydica. 56(4):77-82.
- Hallauer ARMJ; Carena; Miranda FJB (2010). Quantitative Genetics in Maize Breeding. Springer New York Dordrecht Heidelberg London. 663 p.
- Pecina MJA; Mendoza CMC; López SJA; Castillo GF; Mendoza RM; Reyes, MCA (2013) Genetic potential of S¹ lines derived from native maize populations of Tamaulipas, México. Maydica. 58:127-134.
- Pecina MJA; Mendoza CMC; López SJA; Castillo GF; Mendoza RM (2009). Respuesta morfológica y fenológica de maíces nativos de Tamaulipas a ambientes contrastantes de México. Agrociencia. 43(7):681-694.
- Perales H; Golicher D (2014). Mapping the Diversity of Maize Races in Mexico. PLoS ONE 9(12): e114657.
- SAS Institute (2002) SAS/STAT User's Guide, Software version 9.0. Cary, N.C., USA. 4424 p.
- SIAP, Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera (2018). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. (febrero, 2021).
- SMN, Servicio Meteorológico Nacional (2013). ERIC® III. Extractor Rápido de Información Climatológica Base CLICOM. V. 3.2. Servicio Meteorológico Nacional. CD Rom. México.
- Vernooy R (2003). En foco. Semillas generosas. Mejoramiento participativo de plantas. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Título original en inglés: Seeds that give: participatory plant breeding. Ottawa, ON, Canadá. pp 103