

Morphological variability of native corn (*Zea mays* L.) in the Yucatan Peninsula, Mexico

Variabilidad morfológica de maíz nativo (*Zea mays* L.) en la Península de Yucatán, México

Villalobos-González, Antonio¹; López-Hernández, Mónica B.^{2*}; Valdivia-González, Noel A.²;
Arcocha-Gómez, Enrique²; Medina-Méndez, Juan¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Edzná. Carretera Campeche-Pocoyum, km 15.5. Mpio. Campeche, Camp., México. C.P. 24520. ²Instituto Tecnológico de Chiná, Chiná, Camp. México, C.P. 24529.

*Autor para correspondencia: mobel@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: to study the genetic variability of morphological characteristics of native maize (*Zea mays* L.) in the Yucatan Peninsula (PY), México.

Design/morphology/approach: Thirteen recognized native maize accessions were used in the PY under the name of Naál Xóy, Xnúc Naál Blanco, Yellow Rooster, Dzit Bacal, Mejeén Naál, Rosa San Juan, Cháck-Chóp, Teél Cháck, Sáck Teél, San Pableño, Ejú-Creole purple, Xmején Naál Tsitbacal and Clove Chiapas, when sown in June 2017 and 2018, under a randomized complete block design with three replicates.

Results: revealed differences ($p \leq 0.05$) in the morphological variables evaluated: Number of days to male flowering (FM) and female (FF) | present an instability of 12 days to FM and FF, with Naál Xóy and Ejú-Creole purple, and 15 days to physiological maturity with clove Chiapas. A differentiation of 98 and 126 cm in ear height and plant with Eju-Creole purple; 6 and 1.1 cm in ear length and diameter with Xnúc Naál white and Cháck-Chóp, and Yellow Rooster. A variation of four rows with Teél Cháck and 17 grains per row with San Pableño; 11 and 74 g in weight of 100 grains (Xmején Naál Tsitbacal, Rosa San Juan and San Pableño) and grains per ear (Naál Xóy); and a greater difference in performance with Naál Xóy and Dzit Bacal of 3105 kg ha⁻¹.

Limitations on study/implications: The thirteen accesions presented differences in grain yield (GY) and its components, for which it is necessary to evaluate the native germplasm to know and determine its agronomic value.

Findings/conclusions: The accesions presented variation for all the evaluated characteristics, this is important for breeding work.

Keyword: diversity, genetic resources, native species

RESUMEN

Objetivo: estudiar la variabilidad genética de características morfológicas de maíces nativos (*Zea mays* L.) en la Península de Yucatán (PY), México.

Diseño/metodología/aproximación: se utilizaron trece accesiones de maíz nativo reconocidas en la PY con el nombre de Naál Xóy, Xnúc Naál Blanco, Gallito Amarillo, Dzit Bacal, Mejeén Naál, Rosa San Juan, Cháck-Chóp, Teél Cháck, Sáck Teél, San Pableño, Ejú-Criollo Morado, Xmején Naál Tsitbacal y Clavo Chiapaneco, y se establecieron en campo en junio de 2017 y 2018, en la localidad de Poxiyaxum, Campeche, México, (19° 41' 58.4" N, 90° 21' 03.6" W y 30 m) bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones.

Resultados: Revelaron diferencias ($p \leq 0.05$) en las variables morfológicas evaluadas: número de días a floración masculina (FM) y femenina (FF) presentó una inestabilidad de 12 d a FM y FF, con Naál Xóy y Ejú-Criollo Morado, y 15 d a madurez fisiológica con Clavo Chiapaneco. Una diferenciación de 98 y 126 cm en altura de mazorca y planta con Eju-Criollo Morado; 6 y 1.1 cm en longitud y diámetro de mazorca con Xnúc Naál Blanco y Cháck-Chóp, y Gallito Amarillo. Una variación de cuatro hileras con Teél Cháck y 17 granos por hilera con San Pableño; 493 granos normales con San Pableño, Teél Cháck y Naál Xóy, y 83 granos abortados con Cháck-Chop; 11 y 74 g en peso de 100 granos (Xmején Naál Tsitbacal, Rosa San Juan y San Pableño) y granos por mazorca (Naál Xóy); y una diferencia mayor en rendimiento con Naál Xóy y Dzit Bacal de 3105 kg ha^{-1} .

Limitaciones del estudio/implicaciones: Las accesiones presentaron variación para todas las características evaluadas, esto es importante para trabajos de mejoramiento.

Palabras Clave: diversidad, recursos genéticos, especies nativas

de manera sustentable. Por ejemplo, en la Península de Yucatán (PY) se conservan in situ poblaciones de maíz que están constituidas de variación morfológica que van desde las formas precoces: Nal-Tel a las tardías: Tuxpeño y Dzit-Bacal (Burgos-May *et al.*, 2004). De acuerdo a lo anterior, en la PY la valoración de características morfológicas de maíces nativos aún es insuficiente y existe la necesidad de estudiar la variabilidad genética de características morfológicas de sus maíces nativos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios se realizaron en la comunidad de Pocyaxum, en Campeche, México ($19^\circ 41' 58.4'' \text{ N}$, $90^\circ 21' 03.6'' \text{ O}$, y 30 m). El experimento se desarrolló sobre los suelos llamados Luvisoles, que agrupo a trece accesiones de maíz reconocidas en la PY con el nombre de Naál Xóy, Xnúc Naál Blanco, Gallito Amarillo, Dzit Bacal, Mejeén Naál, Rosa San Juan, Cháck-Chóp, Teél Cháck, Sáck Teél, San Pableño, Ejú-Criollo Morado, Xmején Naál Tsitbacal y Clavo Chiapaneco. La siembra se hizo manual en julio 2017 y 2018. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental consistió de dos surcos de 5.0 m de longitud, separados a 0.80 m uno del otro y 20 cm entre planta. Antes de la emergencia se realizó la aplicación de Glyphosato y 2,4-D Amina en dosis de 2.0 L ha^{-1} . También se realizaron dos aplicaciones del insecticida Palgus® (Spinetoram) en dosis de 1.0 L ha^{-1} para gusano cogollero. Se fertilizó con la dosis 110N-46P-00K a los 30 d después de la siembra de forma manual. Las variables de estudio fueron: número de días (NDI) a floración masculina (FM) y femenina (FF); días desde la siembra hasta que 50% de las plantas en cada parcela

INTRODUCCIÓN

A nivel internacional y nacional, el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es uno de los componentes más importantes de la alimentación (Cázares *et al.*, 2015) y desarrollo de campesinos (Dzib-Aguilar *et al.*, 2016); que prácticamente utilizan el término "maíz criollo" para denotar un material nativo de la comunidad, región, estado o país, y que se diferencia de un material extranjero, un maíz híbrido o una variedad mejorada (Oreamuno y Monge, 2018). Los maíces nativos, son materiales que han sido mejorados por los agricultores durante años, mediante selección empírica, y los conservan y manejan año tras año en un complejo sistema de intercambio de semillas y con ello de genes (Sánchez-Hernández *et al.*, 2015). La variación morfológica y genética (Cervantes-Adame *et al.*, 2016) de maíz a través de un proceso evolutivo continuo, que involucra la selección consciente o inconsciente del hombre, como del ambiente, y el flujo genético, ha permitido la adaptación del maíz a todos los sistemas de producción que se realizan en las diversas condiciones ambientales de la república mexicana (Preciado y Montes, 2011); donde básicamente México representa 22.7% de la variación de la diversidad genética en el continente americano (Serratos-Hernández *et al.*, 2009). La diversidad de maíz se encuentra principalmente en donde imperan condiciones de temporal o seco y sistemas campesinos de producción (Herrera-Cabrera *et al.*, 2000), y los agricultores generalmente disponen de más de una variedad nativa adaptada a su ambiente (Aceves-Ruiz *et al.*, 2002). Algunas ventajas de los maíces nativos son la adaptación a condiciones climáticas locales, estabilidad a la variabilidad climática y resistencia a plagas y enfermedades (Fernández-Suárez *et al.*, 2013). Sin embargo, el germoplasma nativo presenta características desfavorables tales como, el alto nivel de acame, asincronía floral y bajos rendimientos (Nava-Peralta y Mejía-Contreras, 2002). No obstante, la diversidad en maíces nativos se está perdiendo debido a la erosión genética y cultural, uso de semilla mejorada, cambio de cultivo y catástrofes naturales (Eschholz *et al.*, 2010), situación que obliga a conservar (*ex situ* o *in situ*) y aprovechar este recurso vegetal

liberaron polen o emitieron estigmas en el jilote. NDI a madurez fisiológica (MF); se registró cuando la humedad del grano oscilaba entre 30-35%. Adicionalmente, en cada repetición se marcaron cuatro plantas con competencia completa, para medir la altura de planta (ALTP, cm) y mazorca (ALTM, cm). La ALTP, fue medida desde la base de la planta a la punta de la hoja más larga sobre la espiga. Este valor se registró al completar su crecimiento la hoja bandera. Altura de mazorca (ALTM, cm); medida desde la base de la planta, hasta el nudo de inserción de la mazorca (MAZ) inferior. Para la longitud de MAZ (LONM, cm) y diámetro de MAZ (DMAZ, mm), número de hileras por MAZ (NHPM), número de granos por hilera (NGPH), número de granos normales (NGNM), abortados (NGAM) y total (NGTM) por mazorca, peso de grano por MAZ (PESGM) y peso seco de 100 granos (PE100G) se cosecharon todas las MAZ por surco y repetición, que seguidamente se colocaron de menor a mayor tamaño y fueron seleccionadas las cinco MAZ centrales para el registro del dato. El dato se promedió y se registró como el dato promedio por MAZ. La LONM cm, se midió desde la base a la punta de la MAZ. El DMAZ mm, se midió con un vernier graduado en cm, se colocó en la parte media de cada MAZ. NHPM, se estimó contando las hileras de cada una de las cinco MAZ. NGPH, se contaron los granos de una hilera representativa de cada MAZ. NGNM, se obtuvo al contar el número de granos completamente formados o normales, después de desgranar las mazorcas. NGAM, se obtuvo al contar el número de

granos que no alcanzaron su desarrollo completo en la mazorca. NGTM, se estimó al sumar NGNM más NGAM. El PESGM gr, se obtuvo al desgranar y pesar el grano obtenido de cada MAZ en una balanza digital. PE100G, se obtuvo al obtener al azar 100 granos de cada MAZ y pesar el grano en una balanza digital. El rendimiento de grano (REND kg ha⁻¹), se estimó con el peso de las MAZ cosechadas por unidad experimental, cuyo contenido de humedad fue ajustado a 14%, multiplicado por el índice de desgrane y transformado a REND kg ha⁻¹. Cada variable se sometió a un análisis de varianza con el programa SAS para Windows Versión 9.1 (SAS, 2009) en forma individual. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de días a floración masculina y femenina, madurez fisiológica

El análisis de varianza detectó una inestabilidad para el número de días a floración masculina (FM) y femenina (FF); ya que osciló de 55 a 68 d a FM y FF. Este contraste se mostró con mayor variación entre Naál Xoy y Ejú-Criollo Morado; al observarse una diferenciación de 12 d a FM y Clavo Chiapaneco con 144 d a MF (Cuadro 1).

Estudios realizados en 215 poblaciones nativas de maíz, registraron amplia variabilidad fenológica en las accesiones evaluadas desde 50 hasta 90 d a floración (González et al., 2014). Granados y Sarabia (2013) señalan que la

Cuadro 1. Número promedio de días a floración masculina (DFM) y femenina (DFF), madurez fisiológica (DMF), altura de planta (ALTP) y mazorca (ALTM), longitud (LONM) y diámetro (DMAZ) de maíces nativos evaluados en el ciclo de primavera-verano 2017-2018 en temporal. Pocyaxum, Campeche, México.

Accesión	DFM	DFF	DMF	ALTP cm	ALTM cm	LONM cm	DMAZ mm
Clavo Chiapaneco	62abc	63abc	144a	303abc	141 ab	16 ab	38ab
Dzit Bacal	61abc	62abc	134cd	278 bc	149 ab	14 bcd	39ab
Rosa San Juan	64 ab	65 ab	138b	306abc	120 b	14 bcd	44a
Xmején Naál Tsitbacal	63abc	64abc	136bc	337 ab	169 ab	16 ab	46a
Teél Cháck	63abc	64abc	134cd	318abc	153 ab	15 ab	41a
San Pableño	64 ab	65 ab	134cd	340 ab	185 ab	16 ab	45a
Xnúc Naál Blanco	57 bc	57 bc	138b	310abc	175 ab	17 a	40a
Naál Xóy	55 c	56 c	131ef	323 ab	180 ab	16 ab	42a
Ejú-Criollo Morado	67 a	68 a	135bc	370 a	218 a	12 cd	38ab
Mejeén Naál	63abc	64abc	131def	299abc	187 ab	14 bc	38ab
Gallito Blanco	63abc	63abc	135bc	244 c	149 ab	11 d	38ab
Gallito Amarillo	60abc	62abc	129f	266 bc	133 b	12 cd	31b
Cháck-Chóp	66 a	67 a	133cde	336 ab	192 ab	17 a	40a
DMS ($p \leq 0.05$)	8.35	7.97	3.22	78.17	80.83	2.85	8.18

Medias con la misma letra (s) entre tratamientos son estadísticamente iguales con un $\alpha = 0.05$.

TEM y precipitación, muestran efectos negativos en el desarrollo fenológico de maíz de temporal, principalmente en la floración, reduciendo el rendimiento.

Altura de planta y mazorca

El maíz más tardío entre las accesiones fue Eju-Criollo Morado con la mayor altura de mazorca (ALTM) ($p \leq 0.05$) y planta (ALTP) con 218 y 370 cm; de igual modo, Gallito Blanco sobresalió con menor ($p \leq 0.05$) ALTP con 244 cm, seguido por Gallito Amarillo y Dzit Bacal con 266 y 278 cm (Cuadro 1). Lo anterior contrasta, con lo encontrado por Dzib *et al.* (2016), al reportar muestras típicas de Dzit Bacal con ALTP de 3 a 3.7 m. Autores como López-Romero *et al.* (2005) señalan que el maíz nativo tardío, tiende a presentar mayor ALTM y ALTP, como consecuencia de su ciclo.

Longitud y diámetro de mazorca

En Cuadro 1, muestra la amplia variabilidad ($p \leq 0.05$) en las dimensiones de la mazorca; al distinguirse Xnúc

Naál Blanco y Cháck-Chóp por presentar mayor extensión de LONM con 17 cm. La variación se hizo notar más en Gallito Blanco y Amarillo, al presentar el primero una menor LONM con 11 cm y el otro menor diámetro de mazorca (DMAZ) con 3.1 cm. Trabajos realizados por Moreno *et al.* (2006) en la PY, señalan que, en el proceso de selección de semilla de maíz para almacenar y conservar, el tamaño de mazorca es sustancial. Investigaciones realizadas en las razas Cónico, Chaqueño y Tuxpeño en condiciones de temporal, mostraron variabilidad entre las tres razas para el DMAZ al obtener 3.96 cm de DMAZ (Contreras-Molina *et al.*, 2016).

Número de hileras y granos por hilera en la mazorca

Varietades, criollos mejorados e híbridos, que dependen únicamente de lluvia; presentan variabilidad morfológica en el número de hileras por mazorca (NHPM) y número de granos por hileras (NGPH), al obtener de 13 a 16 hileras y de 23

a 29 granos por hilera en la mazorca (Zamudio-González *et al.*, 2015). Los estudios anteriores se asemejan a los del presente trabajo; al presentar diferencias ($p \leq 0.05$) Teél Cháck con cuatro hileras más sobre San Pableño, Naál Xóy, Xnúc Naál Blanco y Cháck-Chóp; aunque esto no ocurrió así en el NGPH al presentar en ese orden 17, 15, 13 y 12 granos menos (Cuadro 2).

Número de granos normales, abortados y total por mazorca

La accesión San Pableño, Teél Cháck y Naál Xóy sobresalieron con mayor ($p \leq 0.05$) número de granos normales por mazorca con 504, 496 y 480 granos, respectivamente. De esta forma, Xnúc Naál Blanco, Naál Xóy y Dzit Bacal generaron la menor ($p \leq 0.05$) cantidad de granos abortados por mazorca con 8, 5 y 4 granos. Mientras que Eju-Criollo Morado presentó el menor ($p \leq 0.05$) número de granos totales por mazorca con 375 granos. Estos datos concuerdan con los expuestos por Bänzinger *et al.* (2012), en el sentido

Cuadro 2. Número promedio de hileras por mazorca (NHPM) y granos por hilera (NGPH), número de granos completos (NGCM), abortados (NGAM) y total (NGTM) por mazorca de maíces nativos evaluados en el ciclo de primavera-verano 2017-2018 en temporal. Pocyaxum, Campeche, México.

Accesión	NHPM	NGPH	NGNM	NGAM	NGTM
Clavo Chiapaneco	14b	31abcd	434ab	48abcd	482abcd
Dzit Bacal	14b	29bcd	406ab	4d	410cd
Rosa San Juan	14b	25cd	350b	75ab	425cd
Xmején Naál Tsitbacal	14b	32abcd	448ab	36bcd	484abcd
Teél Cháck	16a	31abcd	496a	80ab	576a
San Pableño	12c	42a	504a	58abc	562ab
Xnúc Naál Blanco	12c	38abc	456ab	8d	464abcd
Naál Xóy	12c	40ab	480a	5d	485abcd
Ejú-Criollo Morado	14b	25d	350b	25cd	375d
Mejeén Naál	14b	33abcd	462ab	17cd	479abcd
Gallito Blanco	14b	28bcd	392ab	47abcd	439bcd
Gallito Amarillo	14b	29bcd	406ab	13cd	419cd
Cháck-Chóp	12c	37abcd	444ab	83a	527abc
DMS ($p \leq 0.05$)	1.65	12.75	127.4	45.11	135.48

Medias con la misma letra (s) entre tratamientos son estadísticamente iguales con un $\alpha = 0.05$.

de que la disminución en el rendimiento se debe en gran medida a una reducción en el NGNM, peso o tamaño de los granos, aborto de granos y mazorca al inicio del llenado de grano.

Peso de 100 granos y grano por mazorca

Los maíces nativos expresan un comportamiento agronómico heterogéneo entre sí (Oreamuno y Monge, 2018), e igual o superior al de las variedades mejoradas. De este, comportamiento irregular en nativos, se observa una variabilidad en el peso de 100 granos (PE100G) y peso grano por mazorca (PESGM) (Villalobos-González et al., 2016). Los estudios recientes muestran resultados equivalentes a los anteriores, al observarse una variabilidad morfológica, de tal manera que Naál Xóy y San Pableño presentaron una diferencia ($p \leq 0.05$) de 74 g en el PESGM; Xmején Naál Tsitbacal, Rosa San Juan y San Pableño en comparación con Gallito Blanco registraron una variación de 13, 11 y 10 g en el PE100G (Cuadro 3).

Rendimiento de grano

Los maíces nativos presentaron variabilidad en el rendimiento de grano por hectárea (REND kg ha⁻¹) en 2017-2018. El Cuadro 3, muestra que Naál Xóy y Dzit Bacal registraron mayor ($p \leq 0.05$) rendimiento de grano con 4751 y 4417 kg ha⁻¹; el cual represento una diferenciación de 69 y 66% más sobre la accesión denominada Gallito Blanco que registro la menor producción de grano con 1479 kg ha⁻¹. La variación del rendimiento en maíz en condiciones de temporal, se impulsa en gran parte por inestabilidad del clima (Martínez y Patiño, 2012), donde la TEM y la precipitación a menudo juegan el papel más importante en el crecimiento vegetativo y productivo de la planta de maíz (Matiu et al., 2017). A tal caso, que productores recurren al uso de maíces de ciclo corto para enfrentar temporales raquíticos (Munguia et al., 2015).

CONCLUSIONES

Las accesiones de maíz presentaron un contraste en relación a las características morfológicas. Al observar una variación de 12 d a floración masculina, 15 d a madurez fisiológica, 98 y 126 cm en altura de mazorca y planta, 6 y 1.1 cm en longitud y diámetro de mazorca, 4 hileras y

17 granos por hilera, 493 y 83 granos normales y abortados por mazorca, 11 y 74 g en peso de 100 granos y granos por mazorca, y una diferenciación en rendimiento de 3105 kg ha⁻¹ entre la accesión que sobresalió más en cada característica morfológica.

LITERATURA CITADA

- Aceves-Ruiz, E., Turrent-Fernández, A., Cortes-Flores, J.I., & Volke-Haller, V. (2002). Comportamiento agronómico del híbrido H-137 y materiales criollos de maíz en el Valle de Puebla. *Rev. Fitotec. Mex*, 25, 339-347.
- Bänziger, M., G.O. Edmeades, D. Beck y M. Bellon. (2012). Mejoramiento para aumentar la tolerancia a sequía y a deficiencia de nitrógeno en el maíz: De la teoría a la práctica. México, D.F.: CIMMYT. 61 p.
- Burgos-May, L. A., Chávez-Servia, J. L., & Ortiz-Cereceres, J. (2004). Variabilidad morfológica de maíces criollos de la península de Yucatán, México. *In: Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales*. Chávez-Servia, J.L., Tuxill, J. & Jarvis, D.I. (Eds). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (pp:58-66). Cali, Colombia.
- Cázares-Sánchez, E., Chávez-Servia, J.L., Salinas-Moreno, Y., Castillo-González, F., & Ramírez-Vallejo, P. (2015). Variación en la composición del grano entre poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) nativas de Yucatán, México. *Agrociencia*, 49, 15-30.
- Cervantes-Adame, Y.F., Castillo-Gutiérrez, A., Carapia-Ruiz, V.E., Andrade-Rodríguez M., Núñez-Valdéz. M.E., Villegas-Torres O.G., Perdomo-Roldán, F., Suárez-Rodríguez, F. R., & López-Santillán, J.A. (2016). Variabilidad genética y asociación morfológica entre poblaciones nativas de maíz y sus cruza F1 *Rev. Mex. Cienc. Agríc*, 7, 8, 1919-1931.
- Contreras-Molina, O., Gil-Muñoz, A., López, P.A., Reyes-López, D., & Guerrero-Rodríguez, J.D. (2016). Caracterización morfológica

Cuadro 3. Peso promedio de 100 granos (PE100G) y grano por mazorca (PESGM) y rendimiento de grano (REND kg ha⁻¹) de maíces nativos evaluados en el ciclo de primavera-verano 2017-2018 en temporal. Pocyaxum, Campeche, México.

Accesión	PE100G (g)	PESGM (g)	REND kg ha ⁻¹
Clavo Chiapaneco	26abc	97abc	2543ab
Dzit Bacal	27abc	93abc	4417a
Rosa San Juan	31a	105abc	2702ab
Xmején Naál Tsitbacal	33a	127ab	3681ab
Teél Cháck	26abc	103abc	3862ab
San Pableño	30a	61c	4017ab
Xnúc Naál Blanco	26abc	100abc	3964ab
Naál Xóy	29ab	135a	4751a
Ejú-Criollo Morado	26abc	94abc	3311ab
Mejeén Naál	24abc	73abc	3842ab
Gallito Blanco	20c	108abc	1479b
Gallito Amarillo	20bc	67bc	3298ab
Cháck-Chóp	26abc	84abc	3149ab
DMS ($p \leq 0.05$)	9.16	64.59	2901.6

Medias con la misma letra (s) entre tratamientos son estadísticamente iguales con un $\alpha = 0.05$.

- de maíces nativos de la Sierra Nororiental de Puebla, México. Rev. Mex. Cien. Agrí. Pub. especial (17), 3633-3647.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2017 y 2018. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional.
- Dzib-Aguilar, L. A., Ortega-Paczka, R., & Segura-Correa, J. C. (2016). Conservación in situ y mejoramiento de maíces criollos en la Península de Yucatán. Trop. and Subtrop. Agroecosyst, 19, 51-59.
- Eschholz, T.W., Stamp, P., Peter, R., Leipner, J., & Hum, A. (2010). Genetic structure and history of Swiss maize (*Zea mays* L.) landraces. Genet. Resour. Crop Evol, 57, 71-84.
- Fernández-Suárez, R., Morales-Chávez, L.A., & Gálvez-Mariscal, A. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional; una revisión indispensable. Rev. Fitotec. Mex, 36 (3-A), 275-283.
- González, M.J., López, S.J.A., Briones, E.F., Varela, F.S.E., Reyes, M.C.A., & Pecina M.J.A. (2014). Programa de manejo, conservación y mejoramiento de maíz nativo de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Investigación y Ciencia, 22, 76-83.
- Granados-Ramírez, R., & Sarabia-Rodríguez, A.A. (2013). Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca. Rev. Mex. Cien. Agrí, 4(3), 435-446.
- Herrera-Cabrera, B.E., Castillo-González, F., Sánchez-González, J.J., Ortega-Paczka, R., & Goodman, M.M. (2000). Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región: caso la raza Chalqueño. Rev. Fitotec. Mex, 23, 335-354.
- López- Romero, G., Santacruz-Valera, A., Muñoz-Orozco, A., Castillo-González, F., Córdova-Téllez, L., & Vaquera-Huerta, H. (2005). Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, México. Interciencia, 30(5), 284-290.
- Martínez, A.P.F. y Patiño, G.C. (2012). Effects of climate change on water availability in México. Water Technology and Sciences (in Spanish). Vol. III, No. 1. pp. 5-20.
- Matiu, M., Ankerst, D.P., Menzel, A. (2017). Interactions between temperature and drought in global and regional crop yield variability during 1961-2014. Plos One 12 (5): e0178339. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178339>
- Moreno, L.L., Tuxtill, J., Yupit, M.E., Arias, R.L., Cristobal, A.J., & Jarvis, D.I. (2006). Traditional maize storage methods of Mayan farmers in Yucatan, México: implications for seed selection and crop diversity. Biodivers Conserv, 15, 1771-1795. <https://doi.org/10.1007/s10531-004-6679-0>
- Munguía, A.J., Sánchez, P.F., Vizcarra, B.I., Rivas, G.M. (2015). Estrategias para la producción de maíz frente a los impactos del cambio climático. Cien. Soci. 21(4). 17 p.
- Nava-Peralta, F., & Mejía-Contreras, J.A. (2002). Evaluación de maíces precoces e intermedios en valles altos centrales de México. II. Divergencia genética. Rev. Fitotec. Mex, 25, 187-192.
- Oreamuno F. P., & Monge, P.J.E. (2018). Maíces nativos de Guanacaste, Costa Rica: caracterización de los granos. 2018. Research Journal, 10(2), 353-361.
- Preciado, O.R.E. & Montes, H.S. (2011). Reseña del libro "Amplitud, aprovechamiento y riesgos de la diversidad genética de maíz en México". Sociedad Mex. Fitogenética. Rev. Fitotec. Mex. 274 p.
- Sánchez-Hernández, E., De la Cruz-Lázara, E., & Sánchez-Hernández, R. (2015). Productividad y caracterización varietal de maíces nativos (*Zea mays* L.) colectados en Tabasco, México. Acta Agrícola y Pecuaria, 1(1), 7-15.
- Serratos-Hernández, J.A., Islas-Gutiérrez, F., Buendía-Rodríguez, E., & Berthaud, J. (2004). Gene flow scenarios with transgenic maize in Mexico. Environ. Biosafety Res. 3(3),149-157.
- SAS. 2009. The SAS System release 9.1 for Windows. Cary, North Carolina, United States: SAS Institute, Inc.
- Villalobos-González, A., López-Castañeda, C., Miranda-Colín, S., Aguilar-Rincón, V.H., & López-Hernández, M.B. (2016). Relaciones hídricas en maíces de Valles Altos de la Mesa Central de México en condiciones de sequía y fertilización nitrogenada. Rev. Mex. Cien. Agrí, 7(7), 1651-1665.
- Zamudio-González, B., Espinosa-Calderón, A., Tadeo-Robledo, M., Encastin-Dionicio, J.J., Martínez-Rodríguez, N., Félix-Reyes, A., Cárdenas-Marcelo, A.L., & Turrent-Fernández, A. (2015). Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a doble hilera. Rev. Mex. Cien. Agrí, 6(7), 1491-1505.

