

Comportamiento de mestizos de maíz en tres localidades del centro de México

Gustavo Adrián Velázquez-Cardelas^{1§}
Andrés González-Huerta²
Delfina de Jesús Pérez-López²
Fernando Castillo-González³

¹Programa de maestría y doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales-Universidad Autónoma del Estado de México. *Campus* Universitario 'El Cerrillo'. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, México. CP. 50200. Tel. 01(722) 2965574. (pcarn@uaemex.mx). ²Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento-Facultad de Ciencias Agrícolas. AP. 435. Tel. 01(722) 2965518, ext. 148. ³Colegio de Postgraduados-*Campus* Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP. 56230. Tel. 01(55) 58045900, ext. 1510. (agonzalezh@uaemex.mx; djperezl@uaemex.mx; fcastill@colpos.mx).

§Autor para correspondencia: gvecar@yahoo.com.

Resumen

Para saber si existen alelos útiles en maíces nativos para su utilización en un nuevo programa por hibridación se evaluaron 52 mestizos formados con 26 colectas del Estado de México y Tlaxcala y dos cruza simples del CIMMYT (CML246xCML242) y (CML457xCML459). Se incluyeron como testigos a H-40, tres híbridos experimentales y ambos probadores. El material genético fue evaluado en campo en una serie de experimentos en bloques completos al azar con dos repeticiones por sitio. Se registró rendimiento de grano (REND), vigor inicial (VIG), floraciones masculinas (DFM) y femenina (DFF), alturas de planta (ALP) y mazorca (ALM), aspectos de planta (ASP) y mazorca (ASM) y porcentajes de acame (PACA), ahijamiento (PHI), pudrición de mazorca (PMP) y plantas cuatas (PPC). Para tratamientos se determinaron diferencias altamente significativas en todas las variables. Entre hembras probadoras hubo diferencias altamente significativas para la mayoría de las variables, indicando que el comportamiento medio de cada mestizo se debió al aporte genético de una u otra de éstas. Entre criollos existieron diferencias altamente significativas en todas las variables, excepto en ASP y PACA, por lo que los maíces nativos tuvieron un comportamiento diferente en sus respectivos mestizos y existe diversidad genética entre ellos que puede aprovecharse en un nuevo programa de fitomejoramiento basado en hibridación. Los maíces nativos que formaron los mestizos con mayor rendimiento de grano fueron 22, 21, 9, 14, 20 y 26. Otras características importantes fueron porcentajes de acame y de pudrición de mazorca.

Palabras clave: *Zea mays* L., cruza línea x probador, maíces nativos, Meseta Central Mexicana, mestizos sobresalientes.

Recibido: julio de 2018

Aceptado: septiembre de 2018

Introducción

México es considerado centro de origen y diversificación del maíz (*Zea mays* L.) (Sánchez *et al.*, 2000; Márquez, 2008; Kato *et al.*, 2009). Como parte de los trabajos sobre clasificación taxonómica iniciados por Wellhausen *et al.* (1951) y continuados por Ortega *et al.* (1991); Sánchez *et al.* (2000), se han definido 59 razas. Los indígenas mexicanos a partir del teocintle (*Zea mays* spp. *mexicana*) comenzaron la selección de las plantas que ofrecían características de grano aprovechables como alimento (Márquez, 2008).

Al formar razas y recombinarlas ellos diversificaron el reservorio de genes que han dado origen a millones de variedades criollas. No obstante, pocas razas han sido empleadas en los programas de mejoramiento por hibridación (Ramírez *et al.*, 2015), tal vez debido a que su utilización es compleja y está determinada por múltiples factores, como genéticos, ambientales, de manejo agronómico, de paquetes tecnológicos y de sus interacciones y asociaciones que dan lugar a que cada raza adquiriera características propias que se diferencian de otras cuando se estiman sus medias, varianzas y aptitud combinatoria, entre otras. En contraparte, la mayoría de los maíces nativos presentan características indeseables, como alturas de planta y mazorca excesiva, alta susceptibilidad al acame, susceptibilidad a plagas y pudrición de mazorca.

En producción de grano los cultivares precoces rinden menos que los tardíos. En el país en 2013, se sembraron 7 487 399 ha y se cosecharon 7 095 629 ha, con una producción de 22 663 953 t (3.1 t ha⁻¹). En riego el rendimiento de grano fue de 7.5 t ha⁻¹ y en temporal de 2.2 t ha⁻¹, pero sólo 25% se siembra con semilla mejorada, en Valles Altos (más de 2 100 sólo se utiliza 6% (Tadeo *et al.*, 2015).

Las variedades mejoradas podrían tener un mayor potencial productivo y más rentabilidad en áreas favorables; su menor utilización podría atribuirse a: a) pobre adaptación a los numerosos agroecosistemas; b) mayor costo, deficiente distribución, paquetes tecnológicos que exigen más insumos; y c) la percepción de mayor riesgo económico. Todos estos factores son más evidentes en las regiones de secano o temporal, pues son áreas poco atractivas para las empresas semilleras (Trejo *et al.*, 2004). Por lo tanto, el maíz ha sido seleccionado por el medio y por el hombre, resultando en diferencias genéticas que se muestran a nivel de los sistemas de cultivo locales, como resultado de la presión de cuatro factores: 1) presión ecológica: clima, suelo y probablemente calidad y cantidad de luz; 2) presión fisiológica: el periodo de crecimiento de las variedades tiene especial importancia para los agricultores; 3) preferencia por ciertas características culinarias; y 4) selección en base a conceptos metafísicos (Gil, 1995).

Los maíces criollos son por tanto de carácter patrimonial y estratégico, reconociéndolos como sistemas genéticos regionales vivientes, o comunidades biocenóticas como las milpas, en ininterrumpida reproducción, que han sido y son recreados en cada ciclo agrícola y acompañados de diversas especies de interés económico y social. Desde el punto de vista genético desde hace algunos años se han realizado trabajos enfocados hacia el estudio y conocimiento de la enorme diversidad genética existente y la posible heterosis que existe entre razas (Bucio, 1959; Paterniani y Lonquist, 1963; Crossa *et al.*, 1990; Barrera *et al.*, 2005; Esquivel, 2011).

Algunos esfuerzos recientes para el mejoramiento de maíces nativos son los propuestos por Márquez (1990) con el método de retrocruza limitada; el cual fue utilizado para mejorar 50 razas de maíz (Márquez *et al.*, 1999). Barrera *et al.* (2005) al estudiar cruza dialélicas de 10 razas mejoradas por el método de retrocruza limitada encontraron una reducción en la aptitud combinatoria, los tipos de mazorca tuvieron más similitud con el donador que al tipo racial debido a la selección por porte bajo. Romero *et al.* (2005); Esquivel *et al.* (2011) encontraron que dentro de la raza Chalqueño existe diversidad y heterosis.

Navas *et al.* (1992); Carrera y Cervantes (2006) identificaron cruza interracial tropicales adaptadas a los Valles Altos con rendimiento similar al de los híbridos comerciales. En el caso del programa de mejoramiento genético de maíz de Valles Altos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), no se ha probado la utilidad de los maíces nativos locales como fuente de nuevos alelos en el mejoramiento genético. El presente trabajo tuvo como objetivo principal analizar 26 variedades colectados en el Estado de México y Tlaxcala, usados como machos en la formación de mestizos, considerando su rendimiento de grano y otras características agronómicas.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

Esta investigación se realizó en primavera-verano de 2014 en temporal y punta de riego en tres localidades del centro de México (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los sitios.

Localidad y estado	Localización	Clima-lluvia	Suelo
Coatlinchán, México (Santa Lucía)	19° 49' 05'' LN 99° 06' 39'' LO 2 262 msnm	media= 15.7 °C min= 6.7 °C max= 24.8 °C 539 mm	Volcánico, cenizas entre 40 y 60 cm. Texturas franco a franco-arcilloso (Magaña y Juárez, 2003).
Zumpango, México	19° 47' 49'' LN 99° 05' 57'' LO 2 261 msnm	media= 14.8 °C min= -2.3 °C max= 31 °C 600-800 mm	Sedimentos de aluvión y depósitos lacustres (Ramírez, 1999).
Metepc, México	19° 15' LN 99° 36' 10'' LO 2 670 msnm	media= 14 °C min= 3.5 °C max= 28°C 800 a 1 000 mm	Phaeozem, háplico, lúvico o cambisol leútrico (Castro, 1999).

Material genético

Se consideraron 58 tratamientos: 52 mestizos, dos cruza del Centro Internacional de Maíz y Trigo (CIMMYT) (CML246xCML242 y CML457xCML459) y H-40, H-57E, H-76E, H-77E (Cuadro 2).

Cuadro 2. Relación de criollos colectados.

No.	Nombre	Municipio	Estado	Altitud (m)	Latitud norte	Longitud oeste
1	ICAMEX M-10	Metepec	México	2 632	19°15'33.16"	99°36'33.53"
2	Avanza B-26	Metepec	México	2 632	19°15'33.16"	99°36'33.53"
3	Criollo Tlacotepec	Toluca	México	2 820	19°13'41.69"	99°40'01.49"
4	San Pedro de los Baños	Ixtlahuaca	México	2 540	19°39'47.63"	99°49'55.05"
5	Criollo Blanco Tlaxcala	Muñoz de Domingo Arenas	Tlaxcala	2 480	19°28'25.28"	98°12'18.32"
6	Criollo Texhuaca	Ozumba	México	2 367	19°02'58.93"	98°47'48.03"
7	Criollo Las Lomas	Ozumba	México	2 360	19°02'58.93"	98°47'48.03"
8	Criollo San Joaquín	Ixtlahuaca	México	2 552	19°33'38.94"	99°45'17.48"
9	Criollo Estabilizado	Atlacomulco	México	2 534	19°47'24.65"	99°51'54.75"
10	San Juan Tezontla	Texcoco	México	2 335	19°32'36.54"	98°48'50.15"
11	La Presita Nexini	Jiquipilco	México	2 590	19°40'24.63"	99°40'30.57"
12	Santiago Tepopula	Tenago del Aire	México	2 430	19°08'30.9"	98°51'26.25"
13	Juchitepec	Juchitepec	México	2 539	19°06'02.35"	98°52'43.86"
14	Juchitepec	Juchitepec	México	2 527	19°05'45.42"	98°52'49.18"
15	Huhuecalco, México	Amecameca	México	2 509	19°05'28.83"	98°45'58.98"
16	Huhuecalco, México	Amecameca	México	2 515	19°05'36.43"	98°45'48.25"
17	San Francisco Tetlanocan	San Francisco Tetlanocan	Tlaxcala	2 445	19°15'38.61"	98°09'38.80"
18	Criollo Campeón	San José Teacalco	Tlaxcala	2 607	19°20'14"	98°03'51.36"
19	Criollo Chalco	San José Teacalco	Tlaxcala	2 616	19°20'10.29"	98°03'44.79"
20	Criollo Tochapa	La Magdalena Talteluco	Tlaxcala	2 326	19°16'41.24"	98°11'49.08"
21	Criollo Pilares	San José Teacalco	Tlaxcala	2 607	19°20'14"	98°03'51.36"
22	Criollo H-33	San José Teacalco	Tlaxcala	2 607	19°20'14"	98°03'51.36"
23	Criollo Obregón	Españita	Tlaxcala	2 705	19°27'48.69"	98°28'20.22"
24	Criollo Monte Alto	Ixtacuixtla de Mariano Matamoros	Tlaxcala	2 430	19°20'49.24"	98°25'38.08"
25	VS-22	INIFAP	México	2 260	19°26'44.74"	98°54'01.43"
26	V-23	INIFAP	México	2 260	19°26'44.74"	98°54'01.43"

Diseño experimental y tamaño de la parcela

Los 58 tratamientos fueron evaluados en campo en una serie de experimentos en bloques completos al azar con dos repeticiones por sitio. La parcela útil consistió de dos surcos de 5 m de longitud y 0.8 m de anchura (8 m²).

Conducción de los experimentos

La preparación del terreno, la siembra, la fertilización y las labores culturales se llevaron a cabo conforme a las recomendaciones técnicas del INIFAP, en 75 000 plantas por ha. El control de malezas químico se hizo al sembrar y después de la segunda labor. Los ensayos fueron sembrados el 30 abril en Metepec, el 12 de mayo en Zumpango y el 13 de junio de 2014 en Coatlinchán. Se utilizó punta de riego en Zumpango y Texcoco y en Metepec se hizo con humedad residual. La cosecha del material biológico se hizo cuando ésta alcanzó la madurez fisiológica.

Registro de datos

Los caracteres cuantificados fueron rendimiento de grano (REND; kg ha⁻¹, se pesaron todas las mazorcas de la parcela útil y los rendimientos se corrigieron por desgrane y humedad (14%) y se multiplicaron por un factor de conversión), floraciones masculina y femenina (DFM y DFF, días desde la siembra hasta que 50% de las plantas en cada parcela liberaron polen o emitieron estigmas), alturas de planta y mazorca (ALP y ALM, distancia promedio de cinco plantas, medida en cm, desde la superficie del suelo hasta la base de la espiga o nudo de inserción de la mazorca), aspectos de planta y mazorca (ASP y ASM, calidad visual de tallo, planta y mazorca en escala de 1 al 5: 1 es mejor y 5 peor), acame total (PACA, (% de plantas con acame de raíz y tallo), porcentajes de plantas con mala cobertura, hijos, mazorcas podridas y plantas con dos mazorcas (PMC, PHI, PMP y PPC).

Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza combinado y la comparación de medias entre sitios y entre tratamientos se realizó con la prueba de Tukey al nivel de significancia del 0.05 (Martínez, 1988). Las salidas fueron obtenidas con el sistema de análisis estadístico o Statistical Analysis System (SAS) versión 9.2 para Windows. El programa para SAS fue elaborado por el Dr. Fernando Castillo González, profesor e investigador del Colegio de Postgraduados-México.

Resultados y discusión

Las localidades se diferenciaron estadísticamente ($p= 0.05$ ó 0.01) en REND, VIG, DFM, DFF, ALP, ALM, PMZ, ASM, PACA, PMC y PPC. Este hecho subraya la importancia de evaluar el material genético en sitios contrastantes en precipitación pluvial, temperaturas y suelos (Cuadro 1) para identificar a las mejores. González *et al.* (2008); Reynoso *et al.* (2014); Torres *et al.* (2011, 2017) han reconocido que en Valles Altos del centro de México la heterogeneidad ambiental está estrechamente relacionada principalmente con diferencias en altitud, clima y suelo.

Los efectos significativos que se observaron entre tratamientos ($p= 0.01$) para todas las variables se explica por las diferencias que existieron entre mestizos y entre híbridos (Cuadro 3). Este hecho está relacionado con la diversidad genética y geográfica del germoplasma disponible para esta región de México. Los criollos fueron colectados en los estados de México y Tlaxcala, las hembras del CIMMYT tienen fuentes de alelos diferentes a la de los criollos y los híbridos tienen germoplasma del CIMMYT y del INIFAP, éstas últimas derivadas de las razas Cónico y Chalqueño

(Cuadro 2). Castellanos *et al.* (1998) evaluaron 21 líneas de maíz con siete probadores y concluyeron que las cruzas simples fueron la mejor alternativa en los programas de fitomejoramiento orientados a generar híbridos trilineales superiores.

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia estadística de los valores F.

FV	GL	REND	VIG	DFM	DFF	ALP	ALM	PMZ
Localidades (L)	2	21872827*	36.03*	24399.63**	25026.97**	80840.48**	47337**	0.05**
Repeticiones/L	3	1546702	2.14	11.82	16.37	1183	262	0.0006
Tratamientos (T)	57	2996018**	0.98**	40.18**	51.52**	831.15**	592**	0.002**
Cruzas (C)	51	2287905**	0.78**	36.1**	48.1**	578.3**	431**	0.001 ns
Hembras (H)	1	6365033**	8.01**	137.33**	31.41 ns	58.76 ns	1014**	0.011**
Machos (M)	25	2661358**	0.66**	62.3**	75.23**	1053.52**	745**	0.001**
H*M	25	1244565**	0.61**	5.86*	21.64 ns	123.86 ns	94 ns	0.001 ns
Híbridos (HI)	5	4697337**	1**	65.2**	57.1**	104.5 ns	241*	0.004**
C vs HI	1	30603194**	10.7**	122.4**	197.8**	17359.7**	10538**	0.013**
T x L	114	2996018**	0.29 ns	6.48**	14.74 ns	207.34*	124 ns	0.0007 ns
C x L	102	1736383**	0.28 ns	5**	14.8 ns	192*	114 ns	0.0007 ns
H x L	2	1854278**	0.69 ns	33.06**	21.7 ns	1462.62**	732**	0.002 ns
M x L	50	1982235**	0.3 ns	5.18**	18.32 ns	203.34*	127 ns	0.0008 ns
H x M x L	50	1255605**	0.24 ns	3.88 ns	11.11 ns	130.01 ns	75 ns	0.0005 ns
HI x L	10	5409005**	0.38 ns	21.8**	15.9 ns	243 ns	91 ns	0.0007 ns
C vs HI x L	2	1542209*	0.32 ns	0.26 ns	3.1 ns	806.8**	823**	0.004**
Error combinado	171	376632	0.24	2.96	13.55	143.56	95	0.0008
CV		9.21	29.89	1.93	4.07	4.61	6.74	5.34

FV= fuente de variación; GL= grados de libertad; REND= rendimiento de grano; VIG= vigor inicial; DFM y DFF= floraciones masculina y femenina; ALP y ALM= alturas de planta y mazorca; PMZ= posición de mazorca *, **= significativo al 0.05, 0.01.

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia estadística de los valores F (continuación).

FV	GL	ASP	ASM	PACA	PMC	PHI	PMP	PPC
Localidades (L)	2	5.86 ns	12.46*	11968.91*	1092.24*	13.69 ns	2479*	2829.23**
Repeticiones /L	3	1.47	0.83	547.92	68.31	13.36	120.82	40.01
Tratamientos (T)	57	1.97**	0.99**	241.18**	121.51**	22.03**	218.68**	96.97**
Cruzas (C)	51	1.6**	0.78*	228.5**	125.5**	23.1**	189.9**	59.2**
Hembras (H)	1	39.13**	0.13 ns	5517.46**	1168.74**	444.25**	1875.57**	324.31**
Machos (M)	25	0.97 ns	1.11**	137 ns	130.29**	19.78**	238.69**	73.47**
H*M	25	0.72 ns	0.47 ns	108.52 ns	79.01*	9.69 ns	73.71 ns	34.36**
Híbridos (HI)	5	3.6**	0.6 ns	136.7 ns	80.8 ns	3.4 ns	258.6**	425.9**
C vs HI	1	12.7 ns	13.9**	1407.9**	121 ns	57.6*	1486.2**	377.9**
T x L	114	0.63 ns	0.75*	131.28 ns	56.76 ns	13.2*	133.7**	56.64**

FV	GL	ASP	ASM	PACA	PMC	PHI	PMP	PPC
C x L	102	0.6 ns	0.74*	128.0ns	57.4 ns	13 ns	113.2**	33.63**
H x L	2	1.34 ns	5.76**	1668.63**	18.42 ns	31.43 ns	1271.63**	103.55**
M x L	50	0.65 ns	0.78*	116.31 ns	76.57*	13.05 ns	106.6**	40.01**
H x M x L	50	0.57 ns	0.51 ns	78.19 ns	39.95 ns	12.25 ns	73.61*	24.46*
HI x L	10	0.7 8ns	0.9 ns	82.1 ns	38.8 ns	13.4 ns	298.1**	252.8**
C vs HI x L	2	0.46 ns	0.22 ns	541.6**	109.8 ns	21.7 ns	353.6**	249**
Error combinado	171	0.65	0.51	111.43	47.43	10	46.59	16.47
CV		27.5	24.54	90.38	75.29	74.58	51.54	63.05

FV= fuente de variación; GL= grados de libertad; ASP y ASM= aspectos de planta y mazorca; PACA= acame total; PMC= plantas con mala cobertura; PHI= porcentaje de hijos; PMP, mazorcas podridas; PPC= plantas cuatas. *, **= significativo al 0.05, 0.01.

La interacción tratamientos x localidades fue significativa en REND, DFM, ALP, ASM, PHI, PMP, PPC. Hallauer y Miranda (1998); Márquez (1988) destacaron que este tipo de características cuantitativas presenta mayor interacción con las localidades, por lo que es difícil identificar materiales sobresalientes debido al comportamiento relativo diferencial que muestran en ambientes contrastantes y adicionalmente, tiene fuertes implicaciones en programas de fitomejoramiento, generación, validación, aplicación o transferencia de tecnología, así como en programas de producción de semillas (González *et al.*, 2008; Reynoso *et al.*, 2014; Torres *et al.*, 2011, 2017).

Por otra parte, se destaca la mayor estabilidad fenotípica que mostraron los tratamientos en el resto de las variables evaluadas. En las otras interacciones se observó una tendencia similar pero la producción de grano siempre fue inestable, quizás por ser la característica cuantitativa que, al registrarse poco después de la cosecha, se ve afectada por todos los factores ambientales que predominaron durante el ciclo de cultivo y, como una consecuencia del efecto que éstos tienen también sobre los componentes primarios del rendimiento, como las dimensiones de planta y mazorca (González *et al.*, 2008).

Los 26 machos fueron estables en ASP y PACA, pero en la interacción de éstos con las localidades fueron inestables en 50% de las características evaluadas (Cuadro 3). Estos resultados son similares a los observados por Habliza y Khalifa (2015); Mosa *et al.* (2008); Mosa (2010) y podrían estar relacionado con la mayor variabilidad genética que existe dentro de ellos, lo cual proporciona mayor plasticidad ecológica a través de sitios contrastantes, en comparación con los híbridos formados a partir de líneas endogámicas (González *et al.*, 2008). Estos resultados también sugieren que existe una fracción del material que es sobresaliente, susceptible de ser autofecundado para derivar nuevas líneas e iniciar otro programa de mejoramiento genético para incrementar el rendimiento de grano (Carrera y Cervantes, 2002; Mosa, 2010; Ramírez *et al.*, 2015).

Los rendimientos a través de los experimentos variaron de 6 174 a 7 005 kg ha⁻¹. Metepec fue el mejor sitio para la evaluación de los tratamientos. Este hecho está relacionado principalmente con la mejor expresión fenotípica que se observó en VIG, DFM, DFF, ASP, ASM, PACA, PHI, y PPC (Cuadro 4), explicable por las características climatológicas, edáficas y altitudinales favorables que se muestran en el Cuadro 1. González *et al.* (2008) registraron producciones de grano en Metepec de 7.48 t ha⁻¹ y Torres *et al.* (2017) de sólo 3.4 t ha⁻¹.

Cuadro 4. Comparación de medias entre sitios (Tukey, $p=0.05$).

Sitio	REND	VIG	DFM	DFE	ALP	ALM	PMZ	ASP	ASM	PACA	PMC	PHI	PMP	PPC
1	7005.7a	2.3a	105.5a	107a	245b	136.1b	0.55b	3a	3.2a	21.5a	6.6b	4.62a	18.2a	12.1a
2	6807.5ab	1.2b	82.5b	84.36b	243.3b	130.2b	0.53c	3.1a	2.6b	1.2b	12.6a	4.1a	9b	4.1b
3	6174.3b	1.4b	78.6c	79.4c	289.9a	167.8a	0.58a	2.6a	2.8ab	12.1ab	8.19ab	3.9a	12.5b	3.1b
DSH _(0.05)	682.4	0.8	1.9	2.2	18.9	8.9	0.01	0.7	0.5	12.8	4.5	1.9	6	3.5

Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente similares. REND= rendimiento de grano; VIG= vigor inicial; DFM y DFE= floraciones masculina y femenina; ALP y ALM= alturas de planta y mazorca; PMZ= posición de mazorca; ASP y ASM= aspectos de planta y mazorca; PACA= acame total; PMC= plantas con mala cobertura; PHI= porcentaje de hijos; PMP= mazorcas podridas; PPC= plantas cuatas. 1= Metepec; 2= Zumpango; 3= Santa Lucía.

Los mejores materiales fueron H-40 y H-76E (8797 y 8095 kg ha⁻¹ respectivamente) (Cuadro 5), lo cual era de esperarse ya que ambos híbridos fueron seleccionados previamente por alto rendimiento y mejores características agronómicas. En otros estudios realizados en el centro de México se observó que H-40 sembrado en punta de riego, humedad residual y temporal favorable rindió 7.36, 7.15 y 7 t ha⁻¹, respectivamente (Velázquez *et al.*, 2005). González *et al.* (2008) evaluaron criollos de las razas Palomero Toluqueño, Cacahuacintle, Cónico y Chalqueño e híbridos comerciales en cuatro localidades del Valle Toluca-Atacomulco y concluyeron que H-40 produjo 7.78 t ha⁻¹.

Cuadro 5. Comparación de medias de tratamientos.

TRAT	REND	VIG	DFM	DFE	ALP	ALM	PMZ	ASP	ASM	PACA	PMC	PHI	PMP	PPC
H-40	8797	2.5	87.2	88.2	242	136.5	0.6	1.9	1.9	5.6	6.9	3.1	2.4	9.4
H-76E	8095.4	2	83.3	84	233.4	130.1	0.6	2	2.4	3.1	14.1	4	3.4	4.2
19	7816.2	1.3	87.7	89.3	266	157.4	0.6	2.5	2.3	10.6	6.4	4.4	8.8	2.8
20	7755.2	1.3	90.3	91.8	264.8	150	0.6	3	2.3	9.1	4.5	7.1	11.7	6.8
46	7715.9	1.7	93.7	95.5	278.9	157.5	0.6	3.4	2.8	26.8	6	3.9	8.7	7.6
H-77E	7628.1	1.5	83	84.8	239	131.8	0.6	2.3	2.4	2.4	6	3.6	1.7	10.1
45	7413.5	1.7	90	92	269.1	150.5	0.6	3.3	2.5	13.6	15	2.4	7.9	5.5
H-57E	7328.1	2	88.7	88.7	233.5	126.1	0.5	3.8	2.1	15.1	8.8	1.8	5.2	2.5
37	7283.6	1.3	90.7	92.7	265.7	144.8	0.5	3.3	3	23.6	14.9	3.2	10.1	2.3
34	7215.2	1.3	90.3	92.2	269.6	152.5	0.6	3.3	3.2	18.8	14.3	3.6	8.2	8.7
Prob. 1	7183.1	2.5	90.3	91.3	242.6	128.8	0.5	1.7	2.3	3	5	2.9	12.1	5.3
12	7148.9	1.8	90.3	91.8	268.4	151.6	0.6	2.8	3.2	7.9	4.5	4.3	12.6	2.5
5	7066.9	2	86.3	86.7	261.3	146.8	0.6	3.1	2.9	7.6	10.6	4.5	16.1	8.9
30	7007.2	1	88.3	90	258.6	144.4	0.6	3.2	3.3	9.8	12.1	2.4	14.7	7
18	6997.5	1.5	87.3	88.8	249.8	140.5	0.6	1.9	2.8	5.4	6.4	3.9	13.7	4.1
49	6978.4	1.5	87	88.7	251	138.4	0.6	2.8	3	23.6	12.2	2.6	13.8	7.7
13	6972	1.3	90.3	91.7	273.5	157.8	0.6	2.5	3.2	3	3.1	4	22	4.6
8	6954.1	1.7	87.3	89.3	266.3	146.2	0.6	2.2	3	4.6	7.2	4.4	11.6	8.1
27	6903	1.2	85.7	86.7	247.1	133.6	0.5	3.5	2.8	15.5	14.1	2.7	8.9	7.4

TRAT	REND	VIG	DFM	DFE	ALP	ALM	PMZ	ASP	ASM	PACA	PMC	PHI	PMP	PPC
32	6864.8	1.3	91.2	92.7	272.9	156.1	0.6	3.5	2.7	15	6.8	2.7	14.2	6.9
17	6839.7	1.5	92.3	94	275.5	160.7	0.6	2	2.9	9.1	3.1	8.7	24	6
50	6827.9	1.3	89.7	90.3	249.9	141.1	0.6	3.2	3	11.1	12.8	1	8.8	12.7
40	6821.1	1.8	91.7	93.3	265.6	147.6	0.6	3.3	2.8	20.3	11	7.5	14	12.6
33	6820.7	1.2	91	92.3	265.5	148.9	0.6	3.3	2.8	15.8	3.2	1	13.6	3.4
6	6813.9	2.3	90.5	92.7	266.9	154.4	0.6	2.7	2.8	8.7	4	8.1	15.6	4.8
29	6791.9	1	88.7	80.5	254.8	144.3	0.6	3	3.5	10.3	13.1	2.2	15.2	3.8
9	6781.5	2	90.2	91.8	260.4	144.1	0.6	2.4	2.7	6.5	7	5	13.9	7.2
23	6755.3	1.5	85.7	87.5	257.1	145.7	0.6	3.2	2.7	10	9.6	4.6	13.7	1.8
39	6755.2	1.7	91.7	93.3	267.5	148.2	0.6	3.7	3	10.1	6.7	2.7	12.9	6.8
44	6736.4	1	88.8	90.3	259	141.6	0.5	3.7	2.8	20	8.6	4	13.8	5.2
42	6693.7	1.2	91.8	93.7	275.4	151.7	0.6	3.3	3.2	19.8	27.2	2.3	20.1	3.4
43	6692.8	1.2	92.2	93.2	282	158.9	0.6	2.8	2.7	15.5	4.1	5.7	11.5	5.2
47	6593.1	1.3	90.3	91.7	263.6	150	0.6	2.7	2.8	13.9	11.3	4.4	12.3	11.3
26	6577.0	1.8	85.3	87	251.3	142.2	0.6	2.3	2.5	5.1	12	3.4	7.5	8
1	6518.3	1.5	84.7	86	254.4	140.2	0.6	3.3	2.3	17.4	7.4	4.2	8.4	6.1
41	6506.2	1.8	92.3	94	269.3	155.1	0.6	3.7	3.3	22.9	16.7	3.4	17.7	5.9
38	6480	2.2	92.7	93.8	267.1	146	0.5	2.8	3.2	14.7	12.4	3.6	15.1	6.5
16	6431.1	2.3	91.3	93.3	279.5	163.7	0.6	3	2.3	8.1	5	5.4	22.2	2.1
24	6387	2.2	88.5	90.7	254	138.4	0.5	2.3	2.8	9.9	9.2	7.4	12.5	3.6
22	6359.8	1.7	90.7	92.3	260.8	146.7	0.6	3	3	18.2	7.3	8.5	20.4	5.3
28	6347.4	1.5	85.5	87	254.8	129.6	0.5	3.5	3	10.3	8.4	3.8	11.2	7.2
31	6326.4	1.3	91.5	92.8	259.3	149.6	0.6	3.7	2.7	14.5	6	2.3	7.6	3.4
48	6312	1.3	91	92.7	255.3	139.7	0.5	4.3	3	21.3	8.2	3.8	10.8	4
35	6298.3	2.2	90.5	91	251	133.8	0.5	3	3.2	9.7	6.2	3.9	8.3	10.5
Prob. 2	6181.3	2.5	90.3	91.2	241.1	117.6	0.5	2.5	2.8	5.3	3.8	2.9	18.1	25.6
21	6174.4	1.5	90.2	92	265.2	148.8	0.6	2.7	3	3.4	5.4	6.9	17.1	10.7
51	6127.3	1.3	85.8	87.3	250.8	132.2	0.5	3.7	3.3	25	10.1	2.3	5.5	4.3
36	6105.5	1.3	85.2	86.3	243.3	129.7	0.5	3.8	3.5	17	18.9	3.8	7.3	8
15	6006.1	1.5	89.7	91.5	272.6	162.8	0.6	3.3	3.5	12.6	11.1	5.6	21.7	1.6
52	5993.3	1.5	86.3	87.3	248.2	137.8	0.6	3.3	3.2	11.9	13.2	1.7	6.6	17.4
3	5993.1	1.2	87.8	90	268.5	152.6	0.6	2.7	3.5	6.8	9	3.6	23	1.8
7	5896.2	1.7	89	91.3	265	142.2	0.5	2.7	2.7	8	3.3	5.3	12.7	6.1
11	5792.4	2.2	89	90	261.3	152.5	0.6	2.5	3.7	4.7	10.7	6.3	20.8	3.8
2	5646.9	2	85.2	87.3	248.2	137.6	0.6	2.6	3.5	11.4	11.9	5.5	18.4	6.7
14	5644.5	1.8	90.3	92.2	274	153.4	0.6	2.9	3.5	5.9	4.1	6.3	33.1	5.1
10	5305.7	1.8	83.5	86.8	244.2	131.8	0.5	2.7	3.5	5.1	9.4	9	9.9	6.1

TRAT	REND	VIG	DFM	DFE	ALP	ALM	PMZ	ASP	ASM	PACA	PMC	PHI	PMP	PPC
25	5150.6	2.3	88.3	89.5	246.1	140.2	0.6	2.1	2.8	5.3	10.2	5.8	10.3	3.2
4	4816.7	1.7	87.2	89.3	262.9	149.2	0.6	2.7	3.8	7.6	10.2	2.7	24.5	3.7
DSH	1467.5	1.2	4.11	8.8	28.65	23.35	0.07	1.93	1.71	25.24	16.5	7.6	16.3	9.7

REND= rendimiento de grano; VIG, vigor inicial; DFM y DFE= floraciones masculina y femenina; ALP y ALM= alturas de planta y mazorca; PMZ, posición de mazorca; ASP y ASM= aspectos de planta y mazorca; PACA= acame total; PMC, plantas con mala cobertura; PHI= porcentaje de hijos; PMP= mazorcas podridas; PPC= plantas cuatas.

Otros materiales sobresalientes fueron H-77E, H-57E y el probador 1 (7628, 7328 y 7183 kg ha⁻¹), pero sólo el primero tuvo una producción de grano estadísticamente similar a la del H-40 (Cuadro 5). Estos tres materiales, H-76E y H-40 tienen en común a la hembra del CIMMYT, identificada como CML246 x CML242; los machos de los híbridos fueron derivados de Michoacán 21 y Tlaxcala 151, pertenecientes a la raza Cónico. Estos hechos fortalecen la hipótesis de la existencia de heterosis y adaptabilidad en híbridos formados con líneas del CIMMYT y del INIFAP, en este último derivadas de las razas Cónico y Chalqueño (Velázquez *et al.*, 2005; González *et al.*, 2008; Reynoso *et al.*, 2014; Torres *et al.*, 2011, 2017).

Con relación a los mestizos se observó que los más sobresalientes fueron 19, 20, 46, 45, 37 y 34, sus rendimientos de grano variaron de 7 215 a 7 816 kg ha y fueron iguales a H-40, H-76E, H-77E, H-57E y al del probador 1. Los portes de planta y mazorca y la posición de ésta fueron mayores en la mayoría de los mestizos y en el resto de las variables se observó superioridad en los híbridos, aun cuando las diferencias entre ambos grupos no fueron significativas (Cuadro 5). Estos hechos sugieren que en esos maíces nativos existen genes que pueden contribuir a incrementar el potencial productivo de los híbridos, cuando logren incorporarse los genes de resistencia al acame y a pudrición de mazorca causada por *Fusarium* spp. (Carrera y Cervantes, 2002; Ramírez *et al.*, 2015), ya que al identificar las mejores familias o líneas derivadas de ellos se podrían obtener nuevos híbridos superiores (Hallauer y Miranda, 1988; Márquez, 1988).

Las cruza donde aparece la hembra 2 tuvieron más rendimiento de grano, mejor posición de mazorca y fueron más prolíficas. También expresaron más días a floración, menores alturas de mazorca y menos ahijamiento y pudrición de mazorca, peores aspectos de planta y mazorca, más acame y mala cobertura de totomoxtle (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparación de medias entre hembras (Tukey, $p=0.05$).

HEM	REND	VIG	DFM	DFE	ALP	ALM	PMZ	ASP	ASM	PACA	PMC	PHI	PMP	PPC
2	6715.81a	1.43b	89.75a	90.82a	261.36a	144.76b	0.55b	3.36a	3.01a	16.57a	11.28a	3.19b	11.49b	7.1a
1	6407.71b	1.75a	88.42b	90.19b	262.23a	148.36a	0.56a	2.65b	2.97a	8.16b	7.41b	5.57a	16.4a	5.06b
DSH _(0.05)	129.14	0.1	0.39	0.85	2.51	2.2	0.006	0.18	0.16	2.44	1.57	0.72	1.59	0.89

Valores con la misma letra dentro de columna son estadísticamente similares. REND= rendimiento de grano; VIG= vigor inicial; DFM y DFE= floraciones masculina y femenina; ALP y ALM= alturas de planta y mazorca; PMZ= posición de mazorca; ASP y ASM= aspectos de planta y mazorca; PACA= acame total; PMC= plantas con mala cobertura; PHI, (%) de hijos; PMP= mazorcas podridas; PPC, plantas cuatas.

Los machos de mayor rendimiento de grano (entre 6814 y 7735 kg por ha) fueron los identificados como 20, 19, 8, 18, 23, 13, 6 y 12 (Cuadro 7), colectados en los municipios de la Magdalena Taltelulco (Tlaxcala), San José Teacalco (Tlaxcala), Ixtlahuaca (México), San José Teacalco

(Tlaxcala), Española (Tlaxcala), Juchitepec (México), Ozumba (México) y Tenango del Aire (México), respectivamente (Cuadro 2). Aun cuando se desconoce su origen genético se infiere que éstos podrían pertenecer a la raza Cónico, ya que fueron colectadas en el Estado de México y Tlaxcala, entidades federativas de México donde comúnmente se localiza (Wellhausen *et al.*, 1951) y donde fueron colectas las poblaciones Michoacán 21 y Tlaxcala 151, de la misma raza.

Los resultados anteriores también están relacionados con lo siguiente: la fracción de machos superior tuvo excelente vigor inicial, 20 fue el más tardío, pero fue estadísticamente igual que 12, 13 y 6 y diferente significativamente de 8, 19, 18 y 23. En DFF ellos fueron iguales estadísticamente. La mayor altura de planta se registró en el macho 20 pero sus diferencias no fueron significativas con respecto a los otros. En altura de mazorca no hubo diferencias significativas entre ellos, pero el 6 tuvo el mayor valor y el 18 el menor. La posición de mazorca más alta la presentó el macho 19 y la menor el 18, sin que ambos fueran estadísticamente diferentes. Los aspectos de planta y mazorca fueron aceptables y no mostraron diferencias significativas. En porcentaje de acame sobresalió el macho 13, pero su media no fue estadísticamente diferente a la de los demás (Cuadro 7).

Cuadro 7. Comparación de medias entre machos.

MACHO	REND	VIG	DFM	DFE	ALP	ALM	PMZ	ASP	ASM	PACA	PMC	PHI	PMP	PPC
20	7735.5	1.5	92	93.7	271.8	153.7	0.56	3.2	2.6	18	5.3	5.5	10.2	7.2
19	7614.8	1.5	88.8	90.7	267.5	154	0.57	2.9	2.4	12.1	10.7	3.4	8.3	4.1
8	7084.6	1.5	88.8	90.8	268	149.3	0.56	2.8	3.1	11.7	10.7	4	9.9	8.4
18	6866.9	1.3	88.1	89.6	254.4	141.1	0.55	2.8	2.8	12.7	7.5	3.9	13.7	4.6
23	6866.9	1.5	86.3	88.1	254.1	142.1	0.56	3	2.8	16.8	10.9	3.6	13.7	4.7
13	6863.6	1.5	91	92.5	270.5	153	0.56	3.1	3.1	6.6	4.9	3.3	17.4	5.7
6	6839.3	1.8	90.8	92.7	269.9	155.2	0.57	3.1	2.7	11.8	5.4	5.4	14.9	5.9
12	6814.5	2	91.5	92.8	267.8	148.8	0.56	2.8	3.2	11.3	8.5	4	13.9	4.5
17	6766.2	1.3	92.3	93.6	278.8	159.8	0.57	2.4	2.8	12.3	3.6	7.2	17.7	5.6
1	6710.7	1.3	85.2	86.3	250.7	136.9	0.54	3.4	2.6	16.5	10.8	3.4	8.7	6.7
5	6696.7	1.7	88.9	89.8	260.3	148.2	0.57	3.4	2.8	11	8.3	3.4	11.8	6.1
24	6607.4	1.8	89.1	90.5	252	139.7	0.55	2.8	2.9	10.5	11	4.2	10.7	8.2
16	6562.4	1.8	91.6	93.5	277.4	157.7	0.57	3.2	2.8	14	16.1	3.8	21.2	2.8
9	6539.9	2.1	90.3	91.4	255.7	139	0.54	2.7	2.9	8.1	6.6	4.4	11.1	8.9
11	6538	1.8	89.8	91.3	263.5	148.7	0.56	2.9	3.3	14.2	12.8	4.7	15.5	3
3	6392.5	1.1	88.3	85.3	261.6	148.4	0.57	2.8	3.5	8.6	11	2.9	19.1	2.8
21	6383.7	1.4	90.3	91.8	264.4	149.4	0.57	2.7	2.9	8.6	8.3	5.7	14.7	11
7	6358.4	1.4	90	91.8	265.3	145.6	0.55	3	2.8	11.9	3.3	3.2	13.1	4.8
22	6335.9	1.5	90.8	92.5	258	143.2	0.55	3.7	3	19.7	7.7	6.1	15.6	4.7
26	6285.1	1.7	85.8	87.2	249.7	140	0.56	2.8	2.8	8.5	12.6	2.6	7.1	12.7
15	6256.2	1.7	91	92.8	271	159	0.58	3.5	3.4	17.7	13.9	4.5	19.7	3.8
14	6232.8	1.8	91	92.8	269.8	150.5	0.56	3.1	3.2	13.1	7.5	6.9	23.6	8.8

MACHO	REND	VIG	DFM	DFE	ALP	ALM	PMZ	ASP	ASM	PACA	PMC	PHI	PMP	PPC
2	5997.2	1.8	85.3	87.2	251.5	133.6	0.53	3	3.3	10.8	10.2	4.7	14.8	6.9
4	5911.9	1.3	87.8	89.7	260.7	146.8	0.56	2.9	3.6	8.7	11.1	2.5	19.6	5.4
10	5705.6	1.6	84.3	86.6	243.8	130.8	0.54	3.3	3.5	11.1	14.1	6.4	8.6	7
25	5639	1.8	87.1	88.4	248.5	136.2	0.55	2.9	3.1	15.2	10.2	4.1	7.9	3.7
DSH	938.9	0.75	2.63	5.63	18.33	14.94	0.04	1.23	1.09	16.14	10.53	4.83	10.44	6.2

REND= rendimiento de grano; VIG= vigor inicial; DFM y DFE= floraciones masculina y femenina; ALP y ALM= alturas de planta y mazorca; PMZ= posición de mazorca; ASP y ASM= aspectos de planta y mazorca; PACA= acame total; PMC= plantas con mala cobertura; PHI, (%) de hijos; PMP= mazorcas podridas; PPC, plantas cuatas.

Los machos 13, 6 y 20 presentaron porcentajes bajos de mala cobertura, pero sus diferencias no fueron significativas con respecto a los demás. Los porcentajes de ahijamiento fueron aceptables y no hubo diferencias significativas entre ellos. Los machos de mayor rendimiento de grano y mejor pudrición de mazorca fueron 19, 8 y 20. En prolificidad los valores más altos lo presentaron los machos 8 y 20.

Conclusiones

Las diferencias que se observaron entre localidades influyeron en la expresión fenotípica de DFM, DFE, ALP, ALM, PMZ, PPC, REND, VIG, ASM, PACA, PMC y PMP. La mejor localidad para la evaluación de los ensayos fue Metepec.

Las diferencias que se observaron entre tratamientos sugieren que existe variabilidad genética que es susceptible de utilizarse en un programa de mejoramiento, cuando a partir de los criollos, se deriven nuevas líneas endogámicas.

La interacción tratamientos x localidades significativa obliga al fitomejorador a establecer ensayos en varias localidades para identificar una fracción del material con mayor rendimiento de grano y estabilidad.

Los materiales de mayor rendimiento de grano fueron H-40 y H-76-E. Los mestizos más sobresalientes fueron 19, 20, 46 y 45, cuya producción de grano fue igual estadísticamente a la de H-40. En relación a H-76E, 28 mestizos lo igualaron estadísticamente.

Las principales características a considerar en la utilización de maíces nativos en un programa de hibridación, además de su aptitud combinatoria, son los porcentajes de acame y pudrición de la mazorca, que deberán mejorarse; a través de un programa por hibridación.

Literatura citada

Barrera, G. E.; Muñoz, O. A.; Márquez, S. F. A. y Martínez, G. A. 2005. Aptitud combinatoria en razas de maíz mejoradas por retrocruza limitada. I Caracteres agronómicos. Rev. Fitotec. Mex. 28:231-242.

- Bucio, A. L. 1959. Algunas observaciones del comportamiento de las F1 de las cruzas entre las razas de maíz descritas en México. Tesis profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Estado de México. 32 p.
- Carrera, V. J. A. y Cervantes, S. T. 2006. Respuesta a densidad de población de cruzas de maíz tropical y subtropical. *Rev. Fitotec. Mex.* 29:331-338.
- Castro, O. O. 1999. Monografía municipal de Metepec, Gobierno del Estado de México-Instituto Mexiquense de Cultura-Asociación Mexiquense de Cronistas Municipales, Toluca, Estado de México.
- Crossa, J.; Taba, S. and Wellhausen, E. J. 1990. Heterotic patterns among Mexican races of maize. *Crop Sci.* 30:1182-1190.
- Esquivel, E. G.; Castillo, G. F.; Hernández, C. J. M.; Santacruz, V. A.; García, D. los S. G.; Acosta, G. J. A. y Ramírez, H. A. 2011. Heterosis en maíz del altiplano de México con diferente grado de divergencia genética. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2(3):314-344.
- González, H. A.; Vázquez, G. L. M.; Sahagún, C. J. y Rodríguez, P. J. E. 2008. Diversidad fenotípica de variedades e híbridos de maíz en el Valle Toluca-Atlacomulco. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(1):67-76.
- Kato, Y. T.A.; Mapes, C.; Mera, O. L. M.; Serratos, H. J. A. y Bye, B. R. A. 2009. Origen y diversificación del maíz: Una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. (Ed.) digital.
- Márquez, S. F. 1990. Backcross theory for maize. I. Homozygosis and heterosis. *Maydica* 35:17-22.
- Márquez, S. F. 1990. Retrocruza limitada para el mejoramiento genético de maíces criollos. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). 33 p.
- Márquez, S. F. 2008. De las variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) a los híbridos transgénicos. I. Recolección de germoplasma y variedades mejoradas. *Agric. Soc. Des.* 8(5):151-166.
- Márquez, S. F.; Carrera, V. J. A.; Barrera, G. E. y Sahagún, C. L. 1999. Influencia del ambiente de selección en el mejoramiento de razas de maíz por retrocruza limitada. *Rev. Fitotec. Mex.* 22:1-15.
- Mosa, H. E. 2010. Estimation of combining ability of maize inbred lines using top cross mating design. *J. Agric. Res. Kafer El-Sheikh Univ.* 36(1):1-16.
- Mosa, H. E.; El Shenawy, A. A. and Motawei, A. A. 2008. Line x Tester Analysis for Evaluation of New Maize Inbred Lines. *J. Agric. Sci. Mansoura Univ.* 33:1-12
- Navas, A. A. y Cervantes, S. T. 1992. Selección en cruzas interraciales tropicales de maíz de México para adaptación a valles altos. *Agrono. Mesoam.* 3:23-33.
- Ortega, P. R.; Sánchez, G. J. J.; Castillo, G. F. y Hernández, C. J. M. 1991. Estado actual de los estudios sobre maíces nativos de México. *In: Ortega, P. R.; Palomino, H. G.; Castillo, G. F.; González H. V. A. y Livera, M. M. (Eds.). Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México. Sociedad Mexicana de Fitogenética.* 161-185 pp.
- Paterniani, E. and Lonquist, H. 1963. Heterosis in interracial crosses of corn (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 504-507 pp.
- Ramírez, D. J. L.; Ledesma, M. A.; Vidal, M. V. A.; Gómez, M. N. O.; Ruiz, C. J. A.; Velázquez, C. G. A. Ron, P. J.; Salinas, M. Y. y Nájera, C. L. A. 2015. Selección de maíces nativos como donadores de características agronómicas útiles en híbridos comerciales. *Rev. Fitotec. Mex.* 38(2):119-131.
- Reynoso, Q. C. A.; González, H. A.; Pérez, L. D. J.; Franco, M. O.; Velázquez, C. G. A.; Balbuena, M. A.; Torres, F. J. L.; Bretón, L. C. y Mercado, V. O. 2014. Análisis de 17 híbridos de maíz en 17 ambientes de los Valles Altos del centro de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 5(5).

- Romero, P. J.; Castillo, G. F. y Ortega, P. R. 2002. Cruzas de poblaciones nativas de maíz de la raza Chalqueño. II. Grupos genéticos, divergencia genética y heterosis. *Rev. Fitotec. Mex.* 25:107-115.
- Sánchez, G. J. J.; Goodman, M. M. and Stuber, C. W. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Econ. Bot.* 54:43-59.
- Tadeo, R. M.; Zamudio, G. B.; Espinosa, C. A.; Turrent, F. A.; Cárdenas M. A. L.; López, L. C.; Arteaga, E. I. y Valdivia, B. R. 2015. Rendimiento de maíces nativos e híbridos en diferente fecha de siembra y sus unidades calor. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6(1):33-43.
- Torres, F. J. L.; Mendoza, G. B.; Prasanna, G. B. M.; Alvarado, G.; San Vicente, F. M. and Crossa, J. 2017. Grain yield and stability of white early maize hybrids in the Highland Valleys of Mexico. *Crop Sci.* 57:1-14.
- Torres, F. J. L.; Morales, R. E. J.; González, H. A.; Laguna, C. A. y Córdova, O. H. 2011. Respuesta de híbridos trilineales y probadores de maíz en Valles Altos del centro de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2(6):829-844.
- Trejo, H. L.; Gil, A.; Sánchez, M.; Carballo, A. y López, P. A. 2004. Producción de semilla mejorada por organizaciones de agricultores: caso productora de maíz Teocintle. *Rev. Fitotec. Mex.* 27(1):93-100.
- Velázquez, C. G. A.; Tut, C. C.; Lothrop, J.; Virgen, V. J. y Salinas, M.Y. 2005. H-40, híbrido de maíz de grano blanco para los Valles Altos de México. SAGARPA. INIFAP. Folleto técnico núm. 21. 23 p.
- Wellhausen, E. J.; Roberts, L. M. y Hernández, X. E. 1951. Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, DF. Folleto técnico núm. 5. 237 p.