

EVALUACIÓN DE LA RAZA DE MAÍZ ZAPALOTE CHICO COMO DONADOR DE MENOR ALTURA DE MAZORCA

EVALUATION OF MAIZE LANDRACE ZAPALOTE CHICO AS A DONOR FOR LOWER EAR HEIGHT

Carlos Alberto Ramírez Mandujano^{1§}; Juan Carlos González Cortés¹; Julio Hernández Gómez²

¹Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. ²Estudiante de licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. §Autor responsable: cramirzm@umich.mx. Recibido 28 de julio 2015
Aceptado 15 de Noviembre de 2015.

Artículo Científico

RESUMEN

Para incorporar menor altura de planta a maíces nativos ha sido propuesto el método de la retrocruza limitada. La raza de maíz Zapalote chico se caracteriza por formar plantas bajas y mostrar resistencia al acame, enfermedades foliares y gusano cogollero, así como alta calidad nixtamalera. Se evaluaron cruza F_1 de ocho criollos nativos con las poblaciones Zapalote Chico y Zapalote Morado y con el híbrido P32D06, sus progenitores y cuatro testigos. Dos ensayos fueron establecidos en dos ambientes en abril y junio de 2012 en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, densidad de 50 mil plantas ha^{-1} y fertilización N-P-K de 80-90-00. Se cuantificaron días a floración masculina y femenina, asincronía floral, días a madurez, días de floración femenina a madurez, altura de mazorca y de planta, rendimiento de grano, hileras, granos por hilera, longitud y diámetro

de mazorca. Los tratamientos se agruparon en tipos. Excepto para asincronía, hubo diferencias significativas para todas las variables entre localidades, así como para todas las variables entre tipos; no se presentó significancia para tratamientos dentro de tipos para días de floración femenina a madurez y granos por hilera. Por su altura de mazorca y de planta y rendimiento, en ambas localidades la prueba de Tukey ubica en el mismo grupo de significancia a las cruza de los criollos locales con los zapalotes y a las cruza de los mismos con el híbrido comercial, pero el rendimiento medio general de las cruza con el híbrido superan en 35 % a las cruza con el Zapalote Chico.

Palabras clave: *Zea mays* L. Zapalote Chico, altura de mazorca, retrocruza limitada.

ABSTRACT

Limited backcross has been proposed to incorporate lower plant height in native maize. Zapalote landrace is characterized by low plants, resistance to lodging, leaf diseases and worm fall armyworm, and also high nixtamal quality. F_1 crosses between eight native accessions and Zapalote Chico and Zapalote Morado populations, and with the commercial hybrid P32D06, its parents, and four controls were evaluated. Two trials were established in two environments in April and June 2012 under complete randomized blocks design with four replications, 50 000 plants ha^{-1} density and 80-90-00 N-P-K fertilization. Days to male and female flowering, days to maturity, tassel-silk interval, days from female flowering to maturity, ear and plant

height, grain rows, grains per row, ear length and diameter were measured. In the analysis of variance, treatments were grouped in types. Except for tassel-silk interval, there were significant differences for all variables between locations; for all variables, there were significant differences between types; there were no significance for treatments within types for days from female flowering to maturity and grains per row. By its ear and plant height, and yield, in both locations the Tukey test located in the same group of significance to the crosses of the local accessions with zapalotes, and with the commercial hybrid, but the overall yield average of hybrid x local accession crosses exceed 35% the Zapalote Chico x local accession ones.

Key words: *Zea mays* L., Zapalote Chico, ear height, limited backcross.

INTRODUCCIÓN

El maíz es el cultivo agrícola más importante de México, tanto desde el punto de vista alimentario, como industrial, político y social. De esta especie, se cosecharon en 2014 cerca de 23 millones de t en 7 millones de ha (SIAP, 2015). En el noroeste del estado Mexicano de Michoacán se siembran 160 000 ha con maíz, de las cuales 60 000 ha cuentan con riego de auxilio y el resto se siembra en temporal o secano. En el caso particular de la Ciénega de Zacapu, casi once mil hectáreas poseen buen suelo y humedad residual; en ella las variedades mejoradas ocupan 3 % de la superficie (Carrera, 2008) y el resto por el maíz criollo conocido localmente como “Chalco”, perteneciente a la raza Chalqueño, de porte alto y de ciclo tardío. Existe, sin embargo, una superficie aproximadamente igual que se siembra bajo condiciones de secano, donde se evaluaron y seleccionaron criollos locales (Ramírez, 2013), al prever que el cambio climático, además de disminuir la precipitación pluvial (Sáenz-Romero *et al.*, 2012) y acortar la estación lluviosa (Ruiz *et al.*, 2000) provocaría pérdida de humedad residual; lo que obligaría a desarrollar la siembra bajo secano, un hecho documentado en el Estado de México (Cruz, 2010). Adicionalmente, el cambio climático viene acompañado de un importante aumento en la frecuencia de eventos hidrometeorológicos extremos, los cuales incluyen tormentas, inundaciones repentinas, sequías (Birkmann *et al.*, 2009), ciclones y huracanes intensos, entre otros (Webster *et al.*, 2005). Específicamente, los huracanes más intensos y las inundaciones repentinas incrementarían las pérdidas por acame, por lo cual es necesario disminuir la altura de la planta y de la mazorca en los criollos locales previamente seleccionados.

Márquez (1990) propuso el método llamado retrocruza limitada, que consiste en cruzar variedades mejoradas (donadoras) con variedades

nativas y, posteriormente, realizar una retrocruza hacia las variedades nativas y derivar líneas para la formación de híbridos más productivos y con características arquetípicamente ventajosas, como menor altura de planta y mayor resistencia al acame. Es importante señalar que no sólo los híbridos comerciales pueden ser utilizados como donadores. Zapalote Chico es una de las razas de mayor contenido de proteína, utilizada especialmente para elaborar “totopos”, aunque también se consume como elote y tortilla (CONABIO, 2010; Wellhausen *et al.*, 1951). Esta raza se caracteriza por mostrar plantas bajas; resistencia al acame, enfermedades foliares y gusano cogollero; mazorcas cortas y número bajo de hileras de granos (Wellhausen *et al.*, 1951); índice de cuateo, insensibilidad al fotoperíodo, ciclo corto, alta eficiencia fotosintética y bajo potencial hídrico bajo sequía; calidad elotera alta; excelente cobertura de mazorca, que protege al grano de plagas y enfermedades; alto coeficiente de desgrane, buen rendimiento y buena producción de forraje (Muñoz, 2003; CONABIO, 2010). Zapalote Chico también ha sido usado en el mejoramiento genético como fuente de estas características en México (Ortega, 1985; CONABIO, 2010) y en Estados Unidos se han generado variedades con resistencia a plagas a partir de esta raza (Widstrom *et al.*, 2003). Por su planta pequeña y precocidad, se puede sembrar en alta densidad, con lo que se obtienen hasta tres cosechas por año (CONABIO, 2010). Todo esto la convierte en un buen candidato a progenitor recurrente en un programa de retrocruza.

El objetivo del presente trabajo fue comparar la F_1 de las cruzas entre la raza Zapalote Chico y criollos locales seleccionados, con las cruzas entre un híbrido comercial y los mismos criollos locales, en una primera etapa para evaluar la factibilidad de uso como progenitor donador en un programa de retrocruza limitada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se establecieron en el ciclo primavera-verano 2012 en la Ciénega de Zacapu, Michoacán, región de terrenos planos, producto de la desecación de un lago a inicios del siglo xx, con una superficie de 22 mil ha y suelos clasificados como Histosoles, con un contenido de materia orgánica que varía de 10 a 40%, ubicada dentro de las coordenadas 20° 00' 36" - 19° 52' 12" N y 101° 48' 00" - 101° 36' 36" O (Conabio, 2012). El clima es templado subhúmedo C(w1), con una precipitación anual de 877 mm y temperatura media anual de 16.7°C (SMN, 2012). La mitad del área agrícola tiene suelos con contenido alto de materia orgánica y humedad residual suficiente para permitir la siembra en marzo-abril; la otra mitad tiene contenido medio de materia orgánica y carece de humedad residual, lo que obliga a sembrar hasta el establecimiento de las lluvias, en junio.

Se evaluaron cruza entre ocho maíces criollos locales seleccionados en ensayos previos (Ramírez, 2013), con dos criollos premejorados: Zapalote Chico y Zapalote Morado pertenecientes a la raza Zapalote Chico, generados por el Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Oaxaca, caracterizados por su porte bajo y alta resistencia al acame, y el híbrido comercial Pioneer 32D06 recomendado para ésta región. En los ensayos se incluyeron los tres progenitores de las cruza y cuatro testigos: criollo "Chalco" y tres materiales con $\frac{3}{4}$ del híbrido ASPROS 52Q ("acriollado"). El primer ensayo fue sembrado el 23 de abril de 2012 en la localidad de Tirindaro, en un ambiente de humedad residual y contenido alto de materia orgánica. El segundo ensayo se estableció el 20 de junio del mismo año en la localidad de Santa Gertrudis, que corresponde al ambiente de secano y contenido medio de materia orgánica. El diseño empleado fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental fue un surco de 5 m con 11 matas de dos plantas distanciadas 0.50 m, con surcos separados 0.80 m; la densidad fue 50 mil plantas/ha. La dosis de

fertilización fue de 80-90-00 N-P-K, de acuerdo a las recomendaciones de Arroyo *et al.* (2001) y Vallejo *et al.* (2004) y a la deficiencia de fósforo foliar manifestada el año anterior en ambas localidades. La mitad del nitrógeno y todo el fósforo se aplicaron a la siembra en forma de fosfato diamónico 18-46-00 y el resto a la escarda en la Urea. Las malezas fueron controladas 8 días después de la siembra con aplicación de Atrazina+Dicamba en dosis de 2 L ha⁻¹ y, para plagas del suelo, Clorpirifos etil al 5 % granulado en dosis de 20 kg ha⁻¹ a los 10 días. En uno de los ensayos el grillo (*Gryllus* sp.) se controló con Paratión metílico en dosis de 1 L ha⁻¹.

Se tomaron datos de días a 50 % de floración masculina y femenina; asincronía floral por diferencia entre las dos anteriores; altura de planta y de mazorca en 5 plantas por tratamiento y repetición; días a madurez al término del estado lechoso del grano, días de floración femenina a madurez, por diferencia; rendimiento de grano en campo por peso de mazorcas cosechadas, corregido por el porcentaje de humedad y su equivalente en t ha⁻¹; longitud y diámetro de mazorcas, así como hileras por mazorca y granos por hilera en ocho mazorcas. Para el análisis estadístico los tratamientos fueron agrupados en los siguientes tipos: Cruza de Zapalote Morado con criollos seleccionados; cruza de Zapalote Chico con criollos seleccionados; cruza del híbrido Pioneer 32D06 con criollos seleccionados; cruza del híbrido Pioneer con la población Zapalote Chico; cruza de híbrido Pioneer con Zapalote Morado; Zapalote morado; Zapalote chico; híbrido Pioneer 32D06; criollos locales seleccionados; Testigos con $\frac{3}{4}$ de Aspros 52Q; testigo Chalco. El análisis de datos se hizo con el programa SAS v 9.1 (2003), con el procedimiento GLM y la prueba de comparación de medias de Tukey a nivel 0.05. La variable asincronía floral fue transformada a logaritmo de base e de (raíz de Asi+10) (Castañón y Lotournerie, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se aprecia que hubo diferencias altamente significativas entre ambientes para todas las variables, excepto asincronía floral. Entre los

tipos en que fueron agrupados los tratamientos existieron diferencias significativas en todas las variables, que refleja las diferencias en la naturaleza

de los mismos. También para tratamientos anidados dentro de tipos hubo diferencias significativas, excepto para días de floración femenina a madurez, que indica una variación entre genotipos dentro de los grupos conformados. Para repeticiones anidadas dentro de localidades se presentaron diferencias significativas en todos los casos. La interacción Tipo x ambiente no fue significativa para

días a floración femenina y masculina y días de floración femenina a madurez, indicativo de un comportamiento relativo estable a través de localidades; fue significativa para el resto de los caracteres evaluados. Los coeficientes de variación están dentro del rango aceptable de acuerdo a Reyes (1990) para experimentos bajo régimen de secano.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia para caracteres agronómicos de los tipos de maíz evaluados en el análisis combinado. Tirindaro y Santa Gertrudis, Michoacán, 2012.

F.V.	g. l.	FM	FF	A	M	FFM	AM	AP
Ambiente (Amb)	1	10817.2 **	10702.2 **	0.003 ns	19727.5 **	1137.1 **	13607.3 **	50397.9 **
Tipo	10	220 **	228.9 **	0.011 **	352.1 **	318.5 **	8412.5 **	20825.3 **
Trat(Tipo)	29	16.8 **	22.1 **	0.07 *	25.6 **	20.4 ns	340.4 **	636.1 *
Rep(Amb)	6	40.1 **	74.9 **	0.021 **	77.3 **	60.6 **	2761.5 **	5227.4 **
Tipo*Amb	10	6.9 ns	5.3 ns	0.010 *	17.7 *	16.7 ns	679.9 **	1056.3 **
Media		88.24	89.9	1.61	143.5	53.8	100.8	201.9
C.V. (%)		2.43	3.11	5.34	2.14	7.07	13.2	9.75

F.V., fuentes de variación; g. l., grados de libertad; FM, días a floración masculina; FF, días a floración femenina; A, asincronía floral; M, días a madurez; FFM, días de floración femenina a madurez; AM, altura de mazorca; AP, altura de planta; C.V., coeficiente de variación; * y **, significancia estadística a nivel 0.05 y 0.01, respectivamente; ns, no significativo.

En el Cuadro 2 aparecen los resultados de la prueba de Tukey. La mayor altura de planta y de mazorca correspondió al testigo Chalco, seguido de los criollos seleccionados y los testigos QPM. En altura de mazorca las cruza de los criollos con las dos poblaciones de Zapalote y el híbrido Pioneer comparten el mismo grupo de significancia, lo que quiere decir que para este carácter los zapalotes tienen el mismo efecto que el híbrido comercial. La menor altura corresponde a los progenitores zapalotes y Pioneer, y las cruza entre ellos. Resultados similares fueron obtenidos por Espinosa *et al.* (1997) quienes, al cruzar criollos de Valles Altos con híbridos, redujeron la altura de mazorca entre 2 y 9.4 %. Espinosa *et al.* (2000), en un trabajo similar, señalan una reducción de 11 % en altura de mazorca y 5 % en altura de planta, mientras que Chávez *et al.* (2009), al cruzar variedades nativas andinas con progenitores

mejorados exóticos, disminuyeron altura de planta de las cruza respecto a maíces nativos de entre 0.5 y 2.0 unidades en una escala de 1 a 9. Resultados de Dzib-Aguilar *et al.* (2011) de cruza dialélicas entre poblaciones nativas y mejoradas ubican al progenitor mejorado, y sus cruza, en el último grupo de significancia para altura de planta y de mazorca. Además, Cabrera *et al.* (2015) muestran cifras de altura de mazorca y planta de 67.1 y 129.4 cm, respectivamente, para la raza Zapalote, casi las mismas de este estudio. Éstos caracteres no fueron afectados al salir de su área de adaptación y son de utilidad para el objetivo buscado.

Por días a floración masculina y femenina los criollos son más precoces, dado que fue uno de los criterios para su selección (Ramírez, 2013). Los zapalotes tienen 90 y 92 días a floración masculina

y 93 y 96 a floración femenina. En su lugar de origen, en altitudes entre 10 y 100 msnm, López *et al.* (2005) mencionan que a los 60 días después de la siembra puede consumirse en elote y a los 70 d en tortillas, y seca totalmente a los 90 d. Cabrera *et al.* (2015) observaron 47.9 días a floración masculina y 50.2 a floración femenina cuando evaluaron 18 colectas sobresalientes de esta raza. Comportamiento similar ocurre en el híbrido

Pioneer, que no es de los más precoces, a diferencia de sus cruza. El incremento en la duración del ciclo de zapalotes puede atribuirse a la menor acumulación de grados calor a 2000 m de altitud en el sitio de evaluación del presente trabajo. Las cruza de los zapalotes con los criollos aparecen en el mismo grupo de significancia de éstos últimos.

Cuadro 2. Comparación de medias de los tipos por la prueba de Tukey para caracteres agronómicos a nivel 0.05 en el análisis combinado, Tirindaro y Santa Gertrudis, Michoacán, 2012.

Tipo	FM	FF	A	M	FFM	AM	AP
TQpm	96.9 a	98.5 a	1.54 ab	151.8 a	53.3 ab	109.5 bc	205.6 cd
ZM	92 b	96.3 ab	3.5 a	135.9 f	42.2 c	66.8 d	138 h
ZCh	90.1 bc	93 bc	2.88 ab	135.9 f	42.9 c	63.1 d	141.8 h
TChalco	88.5 cd	90.4 cd	1.88 ab	148.3 ab	57.9 a	139.8 a	255.3 a
Pi	89 cd	90 cd	1 b	141.1 de	51.1 b	64.3 d	174.1 efg
Pi*ZCh	88.1 cd	89.5 cd	1.38 ab	143.3 cd	53.8 ab	72.4 d	170.5 fg
ZCh*Cr	87.9 cd	89.5 cd	1.59 ab	142.6 cde	53.1 ab	100.8 c	199 cde
Pi*ZM	88.4 cd	89.1 d	0.75 b	139.1 ef	50 b	66.1 d	151.4 gh
ZM*Cr	87.1 d	88.8 d	1.68 ab	141.6 de	52.9 ab	96 c	184.8 def
Pi*Cr	87.4 cd	88.8 d	1.39 ab	143.3 cd	54.6 ab	100.5 c	210.8 bc
Cr	86.5 d	88.2 d	1.64 ab	145.6 bc	57.5 a	119 b	233.8 ab

FM, días a floración masculina; FF, días a floración femenina; A, asincronía floral; M, días a madurez; FFM, días de floración femenina a madurez; AM, altura de mazorca; AP, altura de planta; ZM*Cr, Cruzas de Zapalote morado con criollos seleccionados; ZCh*Cr, cruza de Zapalote chico con criollos seleccionados; Pi*Cr, cruza del híbrido Pioneer 32D06 con criollos seleccionados; Pi*ZCh, cruza del híbrido Pioneer con la población Zapalote chico; Pi*ZM, cruza de híbrido Pioneer con Zapalote morado; ZM, Zapalote morado; ZCh, Zapalote chico; Pi, híbrido Pioneer 32D06; Cr, criollos locales seleccionados; TQpm, Testigos con ¾ de As 52Q; TChalco, testigo Chalco.

Los zapalotes tienen la mayor asincronía floral pero sus cruza están cerca de la media, lo cual puede ser atribuido a la falta de adaptación al ambiente de evaluación. Se sabe que bajo estrés de sequía se incrementa la asincronía (Edmeades *et al.*, 1999; Campos *et al.*, 2004); en este caso el ambiente de evaluación es menos húmedo que el de su lugar de origen, pero como no se presentó sequía, puede pensarse que el estrés por otras causas también puede retrasar la floración femenina y aumentar la asincronía. El Zapalote Morado fue el tratamiento más asincrónico; Pioneer y sus cruza son los menos asincrónicos, como es normal en los materiales mejorados. Para días a madurez y días de floración femenina a madurez los zapalotes son los más precoces y los testigos y los criollos están entre los más tardíos. Esto coincide con López *et al.* (2005), al afirmar que los zapalotes se pueden consumir como elotes a los 60 d y a los 70 d como

tortillas. Los zapalotes maduran con rapidez después de la floración femenina, una desventaja por el efecto positivo en el rendimiento que se ha observado al prolongar esta etapa del desarrollo, al involucrar el período de llenado de grano, y encontrada en materiales mejorados (Perenzin *et al.*, 1980; Bolaños, 1995; Preciado *et al.*, 1997; Eichenberg *et al.*, 2014).

En el Cuadro 3 se puede apreciar que en rendimiento y sus componentes también se presentaron diferencias entre ambientes y entre tipos; para tratamientos dentro de tipos no hubo diferencias para granos por hilera, al igual que en la interacción tipo x ambiente para granos por hilera y longitud de mazorca, lo que indica un comportamiento relativo estable de estas dos variables a través de localidades. Los coeficientes

de variación también están dentro de límites aceptables.

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia para rendimiento y sus componentes, de los tipos de maíz evaluados en el análisis combinado. Tirindaro y Santa Gertrudis, Michoacán, 2012.

F.V.	g. l.	R	HG	GPH	LM	DM
Ambiente	1	140.5 **	9.2 **	781.5 **	123.1 **	5.7 **
Tipo	10	76.4 **	11.5 **	205.4 **	155.1 **	4.4 **
Trat(Tipo)	29	3.3 **	3.4 **	20.9 ns	5.2 *	0.3 **
Rep(Amb)	6	9.2 **	7.1 **	43.5 **	10.9 **	0.5 **
Tipo*Amb	10	5.5 **	3.7 **	22.9 ns	3.8 ns	0.5 **
Media		5.434	11.65	26.08	13.99	4.84
C.V. (%)		23.67	9.34	14.65	12.32	7.23

F.V., fuentes de variación; g. l., grados de libertad; R, rendimiento; HG, número de hileras de grano; GPH, número de granos por hilera; LM, longitud de mazorca; DM, diámetro de mazorca; c. v., coeficiente de variación; * y **, significancia estadística a nivel 0.05 y 0.01 respectivamente; ns, no significativo.

Los menores rendimientos corresponden a los zapalotes y sus cruza (Cuadro 4), por su naturaleza de producir mazorcas pequeñas (Wellhausen *et al.*, 1951; Taba *et al.*, 2006). Si se toma en cuenta que la dosis de nitrógeno aplicada es la mitad y la densidad de siembra cerca de dos tercios, de lo que comúnmente se recomienda para los sistemas de producción intensiva, existe la posibilidad de que con mayor dosis de fertilización y mayor densidad de siembra las cruza de los zapalotes y también las del híbrido podrían incrementar el rendimiento. El mayor rendimiento,

longitud y diámetro de mazorca, así como granos por hilera, correspondieron al testigo Chalco. Los criollos seleccionados están dentro del primer grupo de significancia estadística por la longitud de mazorca y granos por hilera, pero aparecen en el segundo y tercer grupo por diámetro de mazorca y se ubican entre aquellos con menor número de hileras de grano. Para los cuatro componentes de rendimiento, las cruza entre criollos y Pioneer son estadísticamente iguales a las cruza de los zapalotes con criollos, pero numéricamente superiores a éstas últimas.

Cuadro 4. Comparación de medias por la prueba de Tukey a nivel 0.05, para rendimiento y sus componentes de en el análisis combinado, Tirindaro y Santa Gertrudis, Michoacán, 2012.

Tipo	R	HG	GPH	LM	DM
TQpm	6.414 bc	12.59 a	24.63 ab	14.21 bcd	5.21 b
ZM	1.156 g	10.19 d	14.9 d	6.49 h	3.57 h
ZCh	1.819 fg	11 bcd	17.93 cd	9.15 g	3.79 gh
TChalco	8.965 a	11.85 abc	29.18 a	17.56 a	5.72 a
Pi	5.357 bcd	12.35 ab	27.85 a	14.143 bcd	4.74 cde
Pi*ZCh	3.918 de	12.45 a	25.87 ab	12.49 def	4.48 ef
ZCh*Cr	4.718 cd	10.81 cd	26.63 ab	13.79 cde	4.62 def
Pi*ZM	2.871 ef	11.89 abc	22.26 bc	10.74 fg	4.24 fg
ZM*Cr	3.982 de	12.15 abc	24.32 ab	11.61 ef	4.65 def
Pi*Cr	6.441 b	11.92 abc	28.02 a	15.41 abc	5.02 bcd
Cr	7.004 b	11.22 abcd	27.88 a	16.39 ab	5.19 bc

R, rendimiento en t ha⁻¹; HG, número de hileras de grano; GPH, número de granos por hilera; LM, longitud de mazorca, en cm; DM, diámetro de mazorca, en cm. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Para incrementar el rendimiento de las cruza de los zapalotes hace falta trabajo adicional de retrocruza y selección (Márquez *et al.*, 2000). Existe un antecedente de respuesta de 36 % de incremento en ocho ciclos de selección por

rendimiento en la raza Zapalote Chico, sin haber incorporado genes de poblaciones locales, en una altitud similar al sitio de evaluación, que apoya este planteamiento (Pérez-Colmenárez *et al.*, 2007).

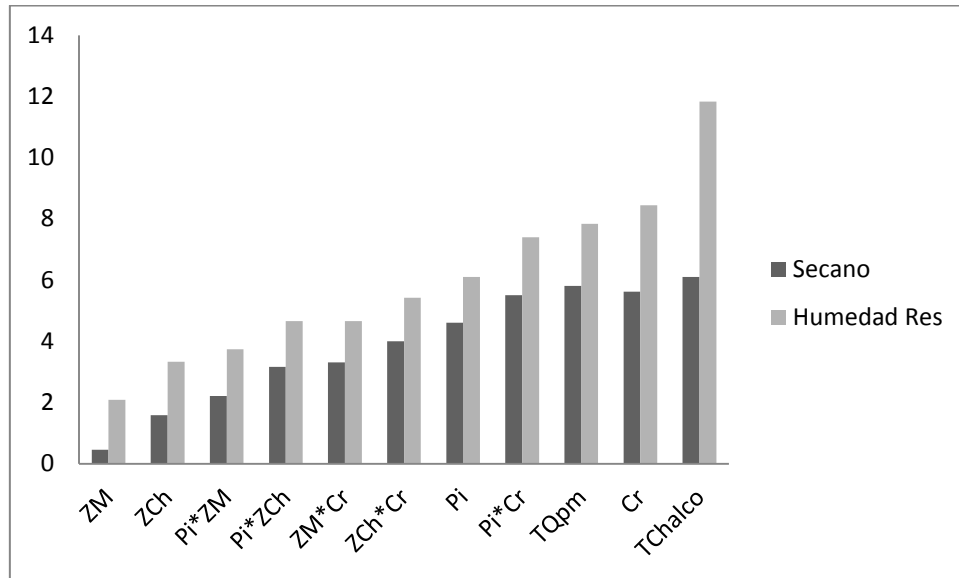


Figura 1. Rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$) en dos ambientes de evaluación, Tirindaro y Santa Gertrudis, Michoacán, 2012.

El comportamiento general de los genotipos en el ambiente de humedad residual fue superior al observado en el de secano; en las Figuras 1 y 2 se muestran, respectivamente, rendimiento de grano y altura de mazorca. El testigo Chalco redujo casi la mitad de su rendimiento en ambiente de secano; para el Zapalote Morado la reducción fue cercano a $\frac{3}{4}$. La reducción de rendimiento para las cruza de Pioneer x criollos y zapalotes x criollos estuvo en el orden de $\frac{1}{4}$, una situación que aparece como normal entre siembras de secano con las de humedad residual, como también lo había encontrado Cruz (2010). Las cruza de zapalotes con criollos y las de Pioneer con criollos comparten el mismo grupo de significancia estadística en rendimiento de grano por localidad (resultados no

mostrados), aunque la segunda cruza resultó superior en $2.2\ t\ ha^{-1}$ en la siembra de junio y hasta $2.7\ t\ ha^{-1}$ en la siembra de abril.

La reducción en altura de mazorca fue cercana a 20 %. Extrañamente, la población Zapalote Chico tuvo mayor altura de mazorca en el ambiente de secano. Esto pudiera tener influencia del hecho de que en su lugar de origen crece en tres condiciones a lo largo del año: de febrero a mayo con riego, de junio a octubre en la estación lluviosa y de octubre a enero con humedad residual (Taba *et al.*, 2006). En esta última está sujeto a un bajo potencial hídrico en el suelo, situación que puede tener mayor similitud con el ensayo de secano que con el de humedad residual.

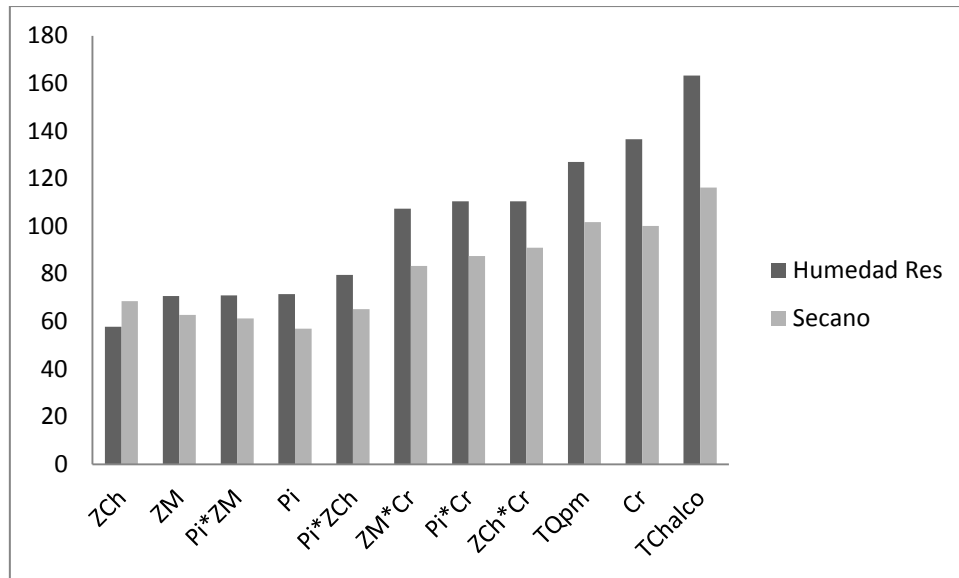


Figura 2. Altura de mazorca en los dos ambientes de evaluación

CONCLUSIONES

La reducción en altura de planta, al utilizar las poblaciones de la raza Zapalote Chico como donadoras, es igual a la que se obtiene con el híbrido Pioneer 32D06, pero con bajo rendimiento de grano. En las condiciones en que se condujo la evaluación, el mayor rendimiento lo tiene el testigo Chalco, así como también la mayor altura de mazorca y planta, el mayor periodo de floración femenina a madurez, mayor número de granos por

hilera, mayor longitud y diámetro de mazorca, pero estadísticamente igual a los criollos seleccionados. El híbrido P32D06 tuvo un comportamiento cercano al promedio. El menor comportamiento agronómico general correspondió a las poblaciones zapalotes, que también tienen el menor período de floración femenina a madurez. La siembra en condiciones de secano da un comportamiento agronómico general inferior a la siembra de humedad residual.

Agradecimientos

Al M. C. Flavio Aragón Cuevas, Investigador titular del INIFAP, Oaxaca, por proporcionar la semilla de las dos poblaciones premejoradas de la raza Zapalote. A la Coordinación de Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por el financiamiento. Proyecto: "Programa de maíz y especies forestales para el noreste de Michoacán".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arroyo LMC; Gallardo VM; González TJ (2001). El Cultivo del Maíz en la Meseta Purépecha. Desplegable para productores Núm. 1.

Campo Experimental Morelia. CIRPAC. INIFAP. Michoacán, México.

- Birkmann J; Teichman K; Aldunce P; Bach C; Binh NT (2009). Addressing the challenge: recommendations and quality criteria for linking disaster risk reduction and adaptation to climate change. In: Birkmann J, Tetzlaff G, Zentel, Karl-Otto (Eds.). DKKV Publication Series 38. Bonn. Disponible en: <http://www.bonn-dialogues.com/file/get/4084.pdf>. Consulta: enero 10, 2015.
- Bolaños J (1995). Physiological bases for yield differences in selected maize cultivars from Central America. *Field Crops Research* 42(2-3): 69-80.
- Cabrera TJM; Carballo CA; Aragón CF (2015). Evaluación agronómica de maíces raza Zapalote Chico en la región Istmeña de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11: 2075-2082.
- Campos H; Cooper M; Habben JE; Edmeades GO; Schussler JR (2004). Improving drought tolerance in maize: A view from industry. *Field Crops Research* 90(1): 19-34.
- Carrera VJA (2008). Estudio de la diversidad genética y su distribución de los maíces criollos y sus parientes silvestres en Michoacán. Informe final de Proyecto Global de Maíces Nativos 2005-2008. Recursos genéticos y mejoramiento de maíz, Universidad Autónoma Chapingo - Centro Regional Universitario Centro Occidente, Morelia, Michoacán. 64 p.
- Castañón NG; Latournerie ML (2004). Comportamiento de familias S₁ de maíz en distintos pH del suelo. *Bragantia, Campinas* 63(1): 63-72.
- Chávez R; Schmidt W; Gutiérrez G (2009). Transferencia de genes de precocidad y tolerancia al frío a poblaciones híbridas de maíz en zonas altoandinas del sur del Perú. *IDESIA (Chile)* 27(1): 67-82.
- CONABIO (2010). Argumentación para conservar las razas de maíces nativos de México. Taller con especialistas en maíces nativos, realizado los días 17 y 18 de marzo de 2010 en las instalaciones de la CONABIO. México, D. F. http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo6_ReunionesTalleres/Tabla%20razas_marzo%202010.pdf. Consultado: octubre 8, 2014.
- CONABIO (2012). 60. Zacapu http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_060.html. Consultado: abril 17, 2012.
- Cruz M (2010). Comparación del ciclo agrícola actual con el de hace unos diez años en San Juan Jalpa municipio San Felipe del Progreso, Estado de México: evidencia de adaptación al cambio climático. *Ra Ximhai* 7(1):95-106.
- Dzib-Aguilar LA; Segura-Correa JC; Ortega-Paczka R; Latournerie-Moreno L (2011). Cruzas dialélicas entre poblaciones nativas de maíz de Yucatán y poblaciones mejoradas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14(1): 119 -127.
- Edmeades GO; Bolaños J; Chapman SC; Lafitte HR; Bänziger M (1999). Selection for drought tolerance increases maize yields across a range of nitrogen levels. *Crop Science* 39(4): 1306-1315.
- Eichenberger S; Miguez F; Edwards J; Knapp A (2014). Changes in kernel filling with selection for grain yield in a maize population. *Crop Science* 55(2): 521-526.
- Espinosa A; Tadeo M; Piña A; Martínez R (1997). Capacidad productiva de cruzas de variedades de maíz, de polinización libre combinadas con híbridos simples. *Agronomía Mesoamericana* 8(2): 139-142.
- Espinosa CA; Tadeo RM; Tapia NA (2000). Variedades no convencionales como opción para elevar la productividad de maíces locales en Valles Altos de México. *Agronomía Mesoamericana* 11(1): 159-161.
- López RG; Santacruz VA; Muñoz OA; Castillo GF; Córdova TL; Vaquera HH (2005). Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, México. *Interciencia* 30(5): 284-290.
- Márquez SF (1990). Backcross theory for maize. I. Homozygosis and heterosis. *Maydica* 35:17-22.
- Márquez SF; Sahagún CL; Carrera VJA; Barrera GE (2000). Retrocruza Limitada para el Mejoramiento Genético de Maíces Criollos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 52 p.
- Muñoz OA (2003). Centli-maíz. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco. México. 210 p.
- Ortega PR (1985). Recursos genéticos para el mejoramiento de maíz en México. *Revista Germen (Sociedad Mexicana de Fitogenética)* 3:18-36.
- Perenzin M; Ferrari F; Motto M (1980). Heritabilities and relationships among grain-filling period, seed weight and quality in forty Italian varieties of corn (*Zea mays* L.). *Canadian Journal of Plant Science* 60(4): 1101-1107.
- Pérez-Colmenárez A; Molina-Galán J; Martínez-Garza A; García-M P; Reyes-López D (2007). Selección masal para la adaptación a clima templado de razas tropicales y sub-tropicales de maíz de México. *Bioagro* 19(3): 133-141.
- Preciado E; Terrón A; Córdova H; Mickelson H; López R (1997). Respuestas correlacionadas para el rendimiento en la selección de híbridos de maíces precoces subtropicales. *Agronomía Mesoamericana* 8(1): 35-43.
- Sáenz-Romero C; Rehfeldt GE; Crookston NL; Duval P; Beaulieu J (2012). Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for Michoacán state, México. Impacts on the vegetation. *Fitotecnica Mexicana* 35(4):333-345.
- Ramírez CA (2013). Selección de maíces criollos de ciclo corto como estrategia frente al cambio climático en Michoacán. *Avances en Investigación Agropecuaria* 17(2): 7-21.

- Reyes CP (1990). *Diseño de Experimentos Aplicados*. Trillas. México. 344 pp.
- Ruiz CA; Ramírez JL; Flores FJ; Sánchez JJ (2000). Cambio climático y su impacto sobre la estación de crecimiento de maíz en Jalisco, México. *Fitotecnia Mexicana* 23(2): 169-181.
- SAS Institute. (2003). *SAS version 9.1.3 for Windows*. SAS Institute, Inc. Cary, NC.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2015). *Anuario Agropecuario 1980-2009*. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> Consulta: junio 24, 2015.
- SMN (2012). <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Normales8110/NORMAL16142.TXT> Consulta: abril 8, 2012.
- Taba S; Díaz J; Aragón CF; Rincón-Sánchez F; Hernández JM; Krakowsky M (2006). Evaluation of Zapalote Chico Accessions for Conservation and Enhancement. *Maydica* 51 (2006): 209-218
- Vallejo DHL; Ramírez DJL; Chuela BM; González IRM (2004). *Tecnología para Producir Maíz en el Bajío Michoacano*. Folleto para productores Núm. 3. Campo Experimental Uruapan. CIRPAC. INIFAP. Michoacán, México.
- Webster P; Holland J; Curry GJ; Chang A (2005). Changes in tropical cyclone number, duration and intensity in a warming environment. *Science* 309(5742): 1844-1846.
- Wellhausen EJ; Roberts LM; Hernández XE; Mangelsdorf PC (1951). *Razas de Maíz en México. Su Origen, Características y Distribución*. Oficina de Estudios Especiales-Secretaría de Agricultura y Ganadería. Folleto técnico Núm. 55. México D. F.
- Widstrom NW; Wiseman BR; Snook ME; Nuessly GS; Scully BT (2003). Registration of the maize population Zapalote Chico 2441F. *Crop Sci.* 42:444-445.