

Selección de maíces criollos de ciclo corto como estrategia frente al cambio climático en Michoacán

Selection of short season maize landraces as a strategy to confront climatic change in Michoacan

Ramírez, C. A.

Facultad de Biología
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Edificio R, Ciudad Universitaria
Fco. J. Múgica s/n. Col. Felicitas del Río
Morelia, Michoacán; México (C. P. 58030).
Tel. y Fax 01 (443) 316-7412
*Correspondencia: carmcarm@prodigy.net.mx
cramirzm@umich.mx

Resumen

El pronóstico de cambio climático para Michoacán es: menor precipitación en menos tiempo, y mayor temperatura. Para sitios actualmente sembrados, en marzo, con maíces de ciclo largo (220 días), esto significará el cambio futuro a siembras de junio con materiales de ciclo corto (140 días), tolerantes a sequía, carácter negativamente asociado con asincronía floral, y el movimiento altitudinal de cultivares. Con fines de selección y de valorar el desplazamiento altitudinal, en 2010, se colectaron 48 criollos de ciclo corto al sur del lago de Cuitzeo (1,850 msnm) y la Ciénaga de Zacapu (2,000 msnm). Se evaluaron, en verano/otoño de 2010, en dos localidades de esta última, bajo diseño anidado en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. Para diez variables, los valores medios fueron: días a floración masculina, 83.60 ± 5.31 ; días a floración femenina, 85.10 ± 5.89 ; asincronía floral, 1.51 ± 0.54 ; días a madurez, 137.20 ± 6.06 ; días de floración femenina a secado de brácteas, 52.10 ± 6.40 ; altura de mazorca, $121.40 \text{ cm} \pm 26.08$; altura de

Abstract

The climate change forecast for Michoacán is less precipitation in less time and higher temperatures. For sites currently sown with long-season (220 days) maize, this may mean a future change to June sown with short-season (140 days) and drought tolerant plants, a trait negatively associated with floral asynchrony and the altitude movement of cultivars. In April 2010, with the aim of making a better selection and to assess the altitudinal displacement, 48 short-season landraces accessions were made in the south part of the Cuitzeo Lake (1,850 masl) and the Ciénaga of Zacapu (2,000 masl). The accessions were assessed in summer/autumn 2010 at two locations in the *ciénega* under a nested design in randomized complete block with three replications. For ten variables the following average values were obtained: days to male flowering, 83.6 ± 5.31 ; days to female flowering, 85.10 ± 5.89 ; floral asynchrony, 1.51 ± 0.54 ; days to maturity, 137.20 ± 6.06 ; days from female flowering to bract drying, 52.10 ± 6.40 ; ear height, $121.40 \pm 26.08 \text{ cm}$;

planta, 236.50 cm \pm 34.54; longitud de mazorca, 147 \pm 26.03 mm; diámetro de mazorca, 49.60 \pm 6.35 mm y rendimiento, 1,837 \pm 474 kg ha⁻¹. Excepto para rendimiento y longitud de mazorca, hubo diferencias significativas que permiten aplicar selección. 77% de las colectas fueron precoces y 4% tardías. La asincronía estuvo positivamente asociada con días a floración y altura de mazorca. Las colectas de Cuitzeo fueron las más tardías y de mayor asincronía; no se recomienda trasladarlas al sitio de evaluación.

Palabras clave

Zea mays, asincronía floral, desplazamiento altitudinal, maíz de ciclo largo.

plant height, 236.50 cm \pm 34.54; ear length, 147 mm \pm 26.03; ear diameter, 49.60 \pm 6.35 mm; and yield, 1,837 \pm 474 kg ha⁻¹. Except for yield and ear length, there were significant differences that made it possible to apply the selection. 77 percent of the accessions were precocious and 4 percent late. Asynchrony was positively associated with days to flowering and ear height. Cuitzeo accessions were the latest, with mayor floral asynchrony and lower yield. It is not recommended its displacement to the evaluation site.

Keywords

Zea mays, floral asynchrony, altitudinal displacement, long-season maize.

Introducción

La influencia de las actividades humanas en el aceleramiento del calentamiento global se muestra por el incremento en la concentración global de gases de efecto invernadero, como: dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, correspondiendo el 70% de dicho aumento, al intervalo entre 1970 y 2004 (IPCC, 2007).

Sobre la base de registros meteorológicos, de 1960 a 1990, en México y en Michoacán, ha sido pronosticado un gradual aumento de la temperatura, acompañado de una disminución de la precipitación (Sáenz-Romero *et al.*, 2012). En el occidente de México ya ha sido detectada una disminución en la cantidad de precipitación pluvial y en la amplitud de la temporada de lluvias, así como en el área con potencial para producción de maíz, sobre la base de datos de 1947 a 1996 (Ruiz *et al.*, 2000a;b); observándose una ligera tendencia, en el mismo sentido, en la región de Zacapu, con datos de 1973 a 2003 (SMN, 2012a).

Se tiene previsto que la superficie destinada para el cultivo de maíz en nuestro país, clasificada como marginalmente apta, será la que mayor extensión ocupe para el año 2050, pudiendo llegar a ser hasta del 43.80% del total (Monterroso *et al.*, 2011). Menor precipitación, mayor temperatura y el acortamiento de la estación lluviosa deben llevar, a futuro, al reemplazo de las siembras de marzo con humedad residual y maíces de ciclo largo por siembras de junio, con maíces de ciclo corto (Mati, 2000; Harrison *et al.*, 2011); hecho que ya ha sido detectado en la agricultura campesina en la región de la Mesa Central en México (Cruz, 2010). Los maíces de ciclo corto deberán también ser capaces de completar su desarrollo con menor cantidad de agua, mientras no se disponga de riego o técnicas de conservación de humedad en el suelo, o alguna otra forma de compensación.

Entonces, es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones.

En principio, los maíces de ciclo corto tienen menor rendimiento que los de ciclo largo; este hecho ha sido atribuido a una menor área foliar, por una menor altura de la plan-

ta y menor número y tamaño de las hojas, y menor duración de la fase vegetativa (Dijk *et al.*, 1999); así como la reducción en el periodo de llenado de grano, carácter asociado con el rendimiento (Daynard y Kannenberg, 1976; Bolaños, 1995). En cuanto a la resistencia a sequía, se sabe que los maíces con menor asincronía floral tienen mejor comportamiento en dichas condiciones (Bolaños y Edmeades, 1996; Chapman y Edmeades, 1999). Entonces, el periodo de llenado de grano y la asincronía floral, junto con la precocidad y el rendimiento, fueron considerados para la presente evaluación.

Una posibilidad para compensar el calentamiento global es el desplazamiento altitudinal, que debe ser necesario para genotipos fijos (como los híbridos comerciales); pero, probablemente, no para las poblaciones criollas, que están sujetas a cruzamiento y selección natural y artificial continua (Louette *et al.*, 1997; Perales *et al.*, 2003). Para esto, hay que tomar en cuenta que el gradiente térmico altitudinal mundial promedio es de 0.6°C por cada 100 metros (García, 1983). De acuerdo al Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático —IPCC por sus siglas en inglés (2007)— el aumento en la temperatura media en el centro y sur de México, desde 1970 hasta 2004, ha sido de entre 0.2 y 1.0°C. Por su parte, Hansen *et al.* (2006), señalaron que en los 30 años posteriores a 1970 la temperatura media en el mundo se ha estado incrementando en, aproximadamente, 0.2°C cada década; esto significa un incremento total de 0.7°C, desde 1975 hasta 2010, que equivale a una diferencia en altitud de 125 msnm, que sería la cifra actualmente requerida al planear el movimiento altitudinal de cultivos.

La Ciénaga de Zacapu es un terreno plano, producto de la desecación de un lago, a principios del siglo XX, con una superficie de 22 mil hectáreas, con suelos clasificados como histosoles, con un contenido de materia orgánica que varía del 10 al 40%, ubicada dentro de las coordenadas 20°00'36" - 19°52'12" de latitud Norte y 101°48'00" - 101°36'36" de longitud W (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, 2012b).

El suelo, de acuerdo a la apreciación de los productores, complementada con un estudio preliminar, elaborado por la Facultad de Agrobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en 2004 (Federico Hernández Valdés, información personal), tiene cinco variantes, de acuerdo a su ubicación geográfica: noreste, noroeste, suroeste, sureste y región centro-sur. En este último, se siembran actualmente maíces de ciclo largo con rendimiento de tres a cuatro ton ha⁻¹ en los meses de marzo y abril, aprovechando la humedad residual; mientras que en las otras cuatro se siembran, en junio, materiales de ciclo corto con rendimientos de 1.5 a 2.0 ton ha⁻¹ (Marco Vargas Quezada, Programa elemental de asistencia técnica, 1998, información personal).

Las regiones noreste y centro-sur ocupan, cada una, más del 40% de la superficie. La región suroeste está habitada por comunidades indígenas purépechas y el resto son comunidades agrarias no indígenas; todas ellas tienen el mismo nivel económico. De acuerdo a Flores (1987), los maíces de ciclo largo de la zona de referencia corresponden a la raza Chalqueño y los de ciclo corto a la raza Cónico; Carrera *et al.* (2011) mencionan las razas Chalqueño y Chalqueño colorado. Ninguno de los materiales es nativo.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar maíces criollos de ciclo corto (140 días a madurez) de la citada región (2,000 msnm), y de la ribera sur del lago de Cuitzeo (1,850 msnm) en la parte centro-sureste de la Ciénaga de Zacapu (2,000 msnm) que actualmente está ocupada por maíces de ciclo largo (220 días a madurez), para seleccionar materiales base para un futuro programa de mejoramiento genético y determinar la conveniencia del movimiento altitudinal de las poblaciones criollas colectadas a 1,850 msnm.

Materiales y métodos

En abril de 2010 se hicieron 48 colectas de criollos de siembras de secano, de la cosecha de 2009; 15 de ellas, de la zona sur de la ribera del lago de Cuitzeo, y el resto en las cuatro zonas de la Ciénaga de Zacapu, en donde se siembra maíz de ciclo corto en condiciones de secano: 17 del noreste, seis del suroeste, cuatro del noroeste y seis del sureste. A estas zonas se les llamó *orígenes*. El número de colectas fue determinado, primeramente, preguntando a los agricultores acerca de la existencia de diferentes tipos de maíz de acuerdo a sus usos, dando preferencia a los de propósito general sobre los de fines especiales (eloteros, pozoleros, etcétera); porque estos últimos tienen reducida variabilidad genética (Sánchez *et al.*, 2000) y, en segundo lugar, por la extensión de la superficie en que se siembran. Por el tipo de mazorca, las colectas de la Ciénaga de Zacapu nueve pertenecen a la raza cónico, seis de las cuales son de color amarillo, y el resto blancas; una a pepitilla color amarillo y 23 a elotes occidentales color blanco; y todas las de la ribera sur del Lago de Cuitzeo, a la raza Celaya, y son de color blanco. Las evaluaciones fueron en dos localidades de la parte centro-sureste del área de estudio, una de ellas dentro del área que corresponde a las siembras de humedad residual y la otra al límite de la zona, ocupada por siembras de secano; la primera, representa el ambiente donde se espera que, a futuro, se trasladen los materiales de ciclo corto; y la segunda, al ambiente marginal actual de los mismos.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones, con arreglo de tratamientos anidado. La parcela útil fue de dos surcos de cinco m de longitud separados a 80 cm, con dos plantas cada 50 cm; esto es a densidad de 50 mil plantas ha⁻¹. Se aplicó la fórmula de fertilización NPK 80-40-00, dosis que aplican la mayoría de los productores (Vargas, 1998, información personal). A la siembra se aplicó todo el fósforo y la mitad del nitrógeno, y a los 60 días de la siembra, el resto del nitrógeno. Las fechas de siembra fueron el 3 y el 7 de junio de 2010. Se hizo control de malezas con mezcla de herbicida nicosulfurón (comercialmente Sansón) y 2,4-D (comercialmente Hierbamina) a siete días de la siembra, seguido de dos escardas y un deshierbe manual a los 63 días. Para prevención y combate de plagas de raíz, tallo y hojas, se aplicó el insecticida nematicida sistémico Carbofurán (comercialmente Furadán 3-G) a la siembra y 50 días después.

Se tomaron datos de días a 50% de plantas en floración masculina (aparición de anteras y derrame de polen) y femenina (aparición de estigmas), con cuya diferencia se midió la asincronía floral, y días de floración femenina a secado de brácteas como estimador del periodo de llenado de grano; sumando este último y días a floración femenina se

tuvo un estimador de los días a madurez. En ocho plantas en competencia completa se tomaron datos de altura de mazorca y de planta (cm), longitud y diámetro de mazorca (mm) y rendimiento (g), transformado posteriormente a Kg ha⁻¹.

Hubo exceso de humedad que afectó severamente a la localidad situada dentro del área de las siembras de humedad residual, provocando la pérdida de una repetición por inundación; ya que en el año de evaluación, la precipitación en Michoacán estuvo 34.50%, por arriba del promedio, para el periodo 1941-2009 (SMN, 2012c). El análisis de datos fue realizado con los procedimientos GLM, CORR y PRINCOMP del programa SAS (SAS, 2003), al igual que la prueba de comparación de medias de Tukey. A la variable asincronía floral se le aplicó la transformación por raíz cuadrada de $X + \frac{1}{2}$ (Steel y Torrie, 1960).

Resultados

En el cuadro 1, se muestra el resultado del análisis de varianza. Hubo diferencias significativas entre localidades para todas las variables medidas, excepto para días a floración femenina ($P = 0.369$). Para orígenes, también hubo diferencias significativas para todas las variables, excepto para altura de planta, rendimiento y longitud y diámetro de mazorca.

Para colectas dentro de orígenes, se observa que aunque no hay diferencias para longitud de mazorca, sí las hay para diámetro de mazorca y esto influye en que para rendimiento se obtuvo un valor de $P = 0.07$. La interacción localidad x colectas, dentro de orígenes, fue significativa solamente para días de floración femenina a secado de brácteas y días a madurez. Para repeticiones dentro de localidades hubo significancia en todas las variables, excepto días a floración masculina y días a madurez, indicando que la variabilidad natural del suelo constituyó un factor de bloqueo.

Cuadro 1
Valores de cuadrado medio y nivel de significancia del Análisis de varianza.

F. de V.	g. l.	FM	FF	Asi	FF-S	Mad	LMaz	DMaz	Rend	Amaz	API
Loc	1	45 *	0.46 ns	4.52 **	2481 **	2414 **	23826 **	2891 **	14875018 **	16482 **	50630 **
Orig	4	351 **	500 **	1.74 **	108 **	194 **	372 ns	51 ns	179595 ns	1293 **	1195 ns
Col (orig)	43	83 **	100 **	0.35 **	44 **	59 **	716 ns	38 *	198409 ns	2097 **	2869 **
rep(loc)	3	17 ns	34 *	0.50 *	72 **	10 ns	1759 *	144 **	818129 **	800 *	2456 *
loc*col (orig)	47	10 ns	12 ns	0.23 ns	46 **	42 **	629 ns	25 ns	148113 ns	243 ns	492 ns
Error	139	8.33	9.34	0.17	14.32	8.63	514	23	140819	259	642
Media		83.6	85.1	1.51	52.1	137.2	146.6	49.62	1836	121.4	236.5
c. v.		3.45	3.59	34.6	7.27	2.14	15.48	9.69	20.43	13.28	10.72

Loc = localidades; Orig = zona de colecta; Col = tratamientos o colectas; c. v. = coeficiente de variación; FM = días a floración masculina; FF = días a floración femenina; Mad = días a madurez; Asi = Asincronía floral en días (cuadrados medios para datos transformados, media para datos originales); FF-S = días de floración femenina a secado de brácteas; LMaz = longitud de mazorca en mm; DMaz = diámetro de mazorca en mm; Rend = rendimiento en Kg ha⁻¹; AMaz = altura de mazorca en cm; API = altura total de planta en cm. ** = significativo al nivel 0.01; * = significativo al nivel 0.05; ns = no significativo.

La prueba de Tukey, para comparar orígenes, al nivel de significación de $P = 0.05$ separa a Cuitzeo como el más tardío en floración masculina y femenina y días a madurez; y con el mayor valor de asincronía floral, así como el de menos días de floración femenina a secado de brácteas. Para rendimiento y sus componentes, no hubo diferencias. Para el periodo de floración femenina a secado de brácteas y para altura de mazorca se formaron tres grupos de significancia, siendo los caracteres que mostraron mayores diferencias entre los orígenes.

La localidad que corresponde al área actualmente ocupada por siembras de maíz de ciclo corto, registró los mayores valores en días a floración masculina y femenina, altura de mazorca y planta, rendimiento, longitud y diámetro de mazorca, y los menores valores de asincronía, días de floración femenina a secado de brácteas y días a madurez.

De acuerdo a los valores correlación de Pearson, el rendimiento no tuvo asociación significativa con días a floración masculina y femenina ($r = 0.055$, $P = 0.4002$ y $r = 0.002$, $P = 0.9789$, respectivamente), pero estuvo positivamente asociado con altura de mazorca ($r = 0.533$, $P < 0.0001$), altura de planta ($r = 0.568$, $P < 0.0001$); y negativamente asociado con asincronía floral y días a madurez ($r = -0.197$, $P = 0.0023$ y $r = -0.185$, $P = 0.0042$, respectivamente), aunque el valor de correlación es bajo. También tuvo una asociación pequeña y negativa con los días de floración femenina a secado de brácteas ($r = -0.177$, $P = 0.006$). Los días a floración femenina estuvieron positivamente asociados a la asincronía floral y días a madurez ($r = 0.506$, $P < 0.001$ y $r = 0.425$, $P < 0.001$), negativamente con los días de floración femenina a secado de brácteas ($r = -0.517$, $P < 0.0001$) y en menor proporción a la altura de la mazorca ($r = 0.391$, $P < 0.0001$) y de la planta ($r = 0.199$, $P = 0.0021$). Los días a floración masculina tuvieron asociaciones similares.

El resultado del análisis de componentes principales se muestra en el cuadro 2.

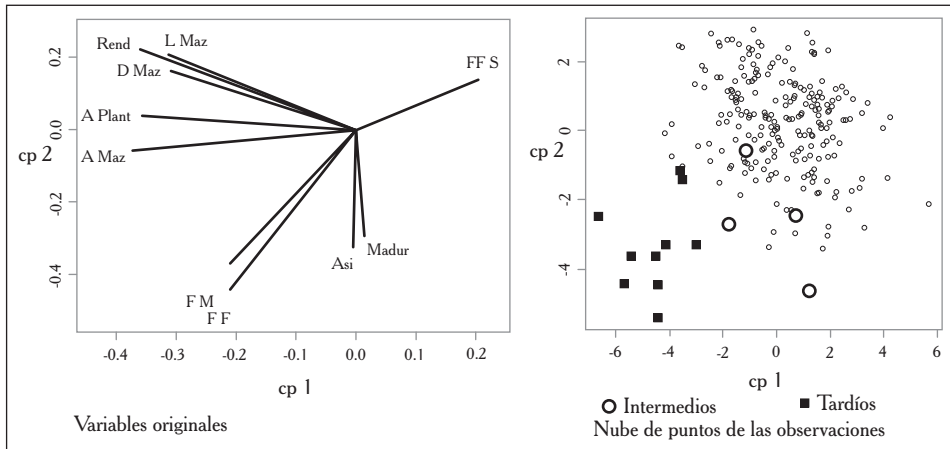
Cuadro 2
Valores y vectores propios de los componentes principales (CP).

CP	Valor propio	Proporción	Acumulada	Variable	Vectores CP1	Vectores CP2	Vectores CP3
1	3.6868	0.3687	0.3687	Flor masc.	0.2537	<u>0.4764</u>	-0.1465
2	2.7349	0.2735	0.6422	Flor fem.	0.2302	<u>0.5272</u>	-0.1035
3	1.5475	0.1548	<u>0.7969</u>	Asincronía	0.0057	0.4021	0.1178
4	0.7316	0.0732	0.8701	Flor f-sec	-0.2303	-0.1556	<u>0.6859</u>
5	0.6805	0.0681	0.9382	Madurez	-0.0197	0.3479	<u>0.6247</u>
6	0.5247	0.0525	0.9906	Alt maz	<u>0.4391</u>	0.0741	0.2131
7	0.0891	0.0089	0.9995	Alt planta	0.4240	-0.0473	0.1786
8	0.0045	0.0005	1	Long maz	0.3646	-0.2488	0.1087
				Diam maz	0.3725	-0.2130	-0.0127
				Rendimiento	<u>0.429746</u>	-0.26991	0.0614

Los tres primeros componentes explican el 80% de la variación. El primero, corresponde al rendimiento y altura de mazorca, con 37 %; el segundo, a los días a floración femenina y masculina, con 27%; y el tercero, a los días de floración femenina a secado de brácteas y días a madurez, con sólo 15%.

La gráfica de los componentes principales 1 y 2 muestra algunos puntos alejados del resto en el cuadrante inferior izquierdo (figura 1, lado derecho), correspondiendo a las colectas con mayor número de días a madurez. El rendimiento y las dimensiones de la mazorca tienen el mismo efecto y están asociados a la altura de la planta y de la mazorca. Los días a floración masculina y femenina tienen un efecto casi en el mismo sentido que la asincronía y días a madurez, pero totalmente contrario con el periodo de la floración femenina al secado de brácteas (figura 1, lado izquierdo).

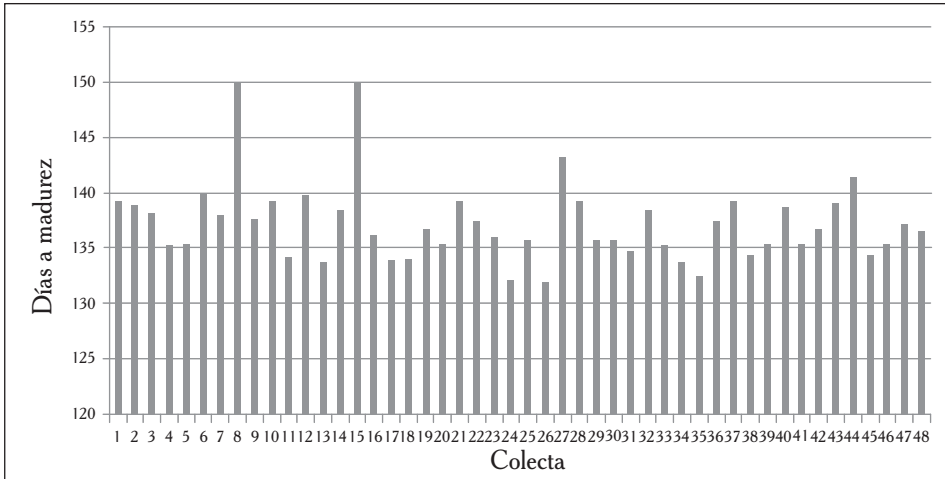
Figura 1
Gráfica de cp1 vs. cp2.



F M = días a floración masculina; F F = días a floración femenina; Asi = Asincronía floral; Madur = días a madurez; FF S = días de floración femenina a secado del totomoxtle; L Maz = longitud de mazorca; D Maz = diámetro de mazorca; Rend = rendimiento; A Maz = altura de mazorca; A plant = altura de planta.

La figura 2 muestra los días a madurez para cada una de las colectas.

Figura 2
Días a madurez en las 48 colectas evaluadas.



Discusión

En la primera localidad de evaluación, que corresponde a la distribución actual de los maíces de secano, se tuvieron los mayores valores para altura de mazorca y planta, rendimiento, longitud y diámetro de mazorca, y los menores valores de asincronía ($P < 0.05$). Este resultado puede atribuirse a que la segunda localidad tuvo estrés por inundación, aunque pudo también tener influencia del hecho de que allí ninguna de las colectas es local; entonces, pudiera ser más apropiado hacer la selección de materiales base en este último, que es a donde se espera que se trasladen los materiales evaluados.

Para orígenes también hubo diferencias significativas para todas las variables, excepto rendimiento y sus componentes, indicando variación en la fenología y en la altura de la planta, que pueden también estar influidas por diferencias ambientales entre las zonas de origen de las colectas, dando evidencia de adaptación al ambiente local; lo que concuerda con el hecho de que cuando se evalúan varias colectas, generalmente, las mejores son las locales (Mercer *et al.*, 2008; Mercer y Perales, 2010; Nájera *et al.*, 2010).

Para colectas dentro de orígenes se tuvo el mismo comportamiento; entonces, se puede seleccionar tanto a nivel de orígenes como de colectas, por su fenología y altura de planta. No hay diferencias significativas para longitud de mazorca, pero sí para el diámetro de la misma; para rendimiento hay diferencias al nivel de $P = 0.07$, lo que a juicio propio ya permite aplicar selección entre colectas.

La interacción localidad x colectas dentro de orígenes, fue significativa solamente para días de floración femenina a secado de brácteas y días a madurez, lo que indica un comportamiento relativo estable de las colectas en los ambientes de prueba. Sin embargo, hacen falta más evaluaciones en más ambientes para aceptar este resultado.

De acuerdo al análisis de correlación y de componentes principales, dirigidos a determinar el grado de asociación entre variables (figura 1), el rendimiento no tuvo asociación significativa con días a floración masculina y femenina; pero está asociado, positiva y significativamente, con altura de mazorca y planta; y negativa y significativamente, con asincronía floral. Esto último, de acuerdo a lo esperado (Bolaños y Edmeades, 1996; Chapman y Edmeades, 1999; Soleri y Smith, 2002), aunque el valor de correlación es bajo. Contrario a lo reportado por Daynard *et al.* (1971) y Bolaños (1995), tuvo una asociación negativa pequeña con los días de floración femenina a secado de brácteas.

Días a floración femenina y masculina estuvieron positiva y significativamente asociados a la asincronía floral y altura de mazorca, caracteres de importancia agronómica; así como negativa y significativamente, con los días de floración femenina a secado de brácteas. Como el incremento en la longitud, sea de la fase vegetativa (días a floración) o del periodo de llenado de grano (días de floración femenina a secado de brácteas en el presente estudio) implica una reducción en el otro (Dijak *et al.*, 1999), es necesario escoger entre ambos. Si se seleccionan colectas por menos días a floración, se tendrá también menor asincronía y menor altura de mazorca y mayor duración de la fase de floración femenina a secado de brácteas (figura 1); características favorables si, a futuro, se espera una menor disponibilidad de agua. Por esto, los días a floración pueden ser útiles como criterio de selección entre colectas.

Al adaptar las cifras que manejan Nava *et al.* (2000), considerando que ellos tratan los días a floración femenina, y que en el presente estudio la variable días a madurez fue —en promedio— 61% mayor que los días a floración femenina, 37 de las colectas se clasifican como precoces (de 132 a 139 días a madurez), ocho colectas como intermedias-precoces (139.10 a 142 días), una como intermedia (142.10 a 147) y dos como tardías (más de 147 días). Las colectas precoces incluyen a 14 de 17 (82%) de las del noreste, todas las del noroeste, cinco de seis (83%) de las del suroeste y 9 de 15 (60%) de las de Cuitzeo, hecho que refleja la significancia del análisis para colectas dentro de orígenes.

Para asincronía floral llama la atención el hecho de que el valor promedio fue bajo, de 1.51 días. Esto puede deberse a que, por un lado, los materiales evaluados fueron cosechados en 2009, que registró una precipitación 28.10% por debajo de la media (SMN, 2012d), lo que debió ejercer selección natural a favor de plantas con menor asincronía, y que el año de evaluación, 2010, fue 34.50% más húmedo que lo normal (SMN, 2012c), disminuyendo el valor de la expresión de este carácter (Bolaños y Edmeades, 1996; Chapman y Edmeades, 1999). Entonces, es probable que en un año con precipitación cercana a la normal se exprese mayor variación y se tenga mayor oportunidad de selección.

En cuanto a orígenes, el noroeste fue el de menos días a floración masculina y femenina, menor asincronía, mayor longitud de mazorca, menor altura de mazorca, mayor promedio de días de floración femenina a secado de brácteas y mayor rendimiento, con

la desventaja de ser la zona que menor superficie ocupa y que estuvo representada por sólo cuatro colectas. Cuitzeo fue todo lo contrario, excepto para rendimiento, donde estuvo cerca de la media. No obstante, la variabilidad de las colectas dentro de los orígenes permite encontrar algunas con valores cercanos a las del noroeste en el resto de ellos, como se muestra en la figura 2, para el caso de días a madurez.

Respecto al éxito esperado por selección, valores altos de heredabilidad para asincronía floral, $H^2 = 0.48$ (Soleri y Smith, 2002); el periodo de llenado de grano, $H^2 = 0.84$ (Perenzin *et al.*, 1980), días a floración y la altura de planta y mazorca ($0.40 \leq h^2 \leq 0.70$) (Hallauer y Miranda, 1988; Smalley *et al.*, 2004) aseguran una adecuada respuesta.

Al conjuntar todo lo anterior, las colectas con valores bajos de días a floración femenina, altura de mazorca y asincronía floral, serán —al mismo tiempo— las de mayor número de días de floración femenina a secado de brácteas y menos días a madurez, y no necesariamente las de menor rendimiento. Al aplicar niveles independientes de selección, se puede tomar, en primer lugar, la precocidad a floración femenina, seguido por la asincronía y, finalmente, por la altura de mazorca y el rendimiento. Si se procura, también, mantener la mayor diversidad posible, se puede aplicar una presión de selección moderada, de sólo 17% e incluir a todos los orígenes. Bajo este criterio, se seleccionaron las colectas número 13 de Cuitzeo, 26 y 29 del noreste, 33 y 36 del suroeste, 39 y 41 del noroeste y 46 del sureste.

El valor absoluto de la media de los seleccionados, para todas las variables, excepto asincronía es 4.50%, mejor que la media general; si se incluye la asincronía, la ventaja es de 9.20%.

Para rendimiento, la diferencia es de 3.60%, comparable a un ciclo de selección familiar o dos ciclos de selección masal (Márquez, 1985). Se puede formar una población base con estas ocho colectas, sin dejar fuera la posibilidad de incluir también poblaciones exóticas precoces sobresalientes, procedentes de regiones similares, mejoradas o premejoradas (Lourenço y Paterniani, 2000); para incrementar la variabilidad y mejorar el comportamiento agronómico, por la incorporación de caracteres, como la modificación del ángulo y el tamaño de la hoja con una mayor intercepción de la luz; y que, con ello, se permita manipular la densidad de siembra (Maddonni y Otegui, 1996; Hikosaka y Hirose, 1997; Edwards *et al.*, 2005).

En promedio, las colectas de Cuitzeo están en desventaja frente a los materiales locales. Por su floración masculina y femenina, fueron seis días más tardíos y tuvieron 0.3 días más de asincronía floral que los locales, coincidiendo con lo obtenido por Pecina-Martínez *et al.* (2009); y esto puede explicarse porque tanto en Cuitzeo como en la Ciénaga de Zacapu, las fechas de siembra y cosecha son las mismas; pero la menor altitud y, por lo tanto, mayor temperatura de Cuitzeo, se traduce en una mayor acumulación de grados-día en el mismo periodo de tiempo (Ruiz-Corral *et al.*, 2002; Ojeda-Bustamante *et al.*, 2004).

Al revisar datos meteorológicos (SMN, 2012d) de las estaciones de Cuitzeo (1971-2005), y Tiríndaro (1973-2002), este último, físicamente el más cercano a los ensayos establecidos, encontramos que en ambos ha habido una disminución en la precipitación; la

temperatura, por su parte, se ha incrementado en Cuitzeo, pero en Tiríndaro no ha cambiado; lo que obedece a que, en esta última, a la vez que han aumentado las temperaturas máximas, han bajado las mínimas; ello debió influir en contra de las colectas de Cuitzeo, donde las temperaturas mínimas son más altas. Entonces, el sitio de evaluación no fue el más adecuado para valorar la necesidad de desplazamiento altitudinal, siendo preferible un ambiente en el cual se haya registrado un incremento en las temperaturas mínimas.

También hay que tomar en cuenta que el cruzamiento y la selección natural y artificial a la que están sometidas las poblaciones criollas les permite adaptarse a los cambios en su localidad de origen, y si la diferencia en temperatura entre el sitio de evaluación y el de colecta equivaliera al calentamiento global en 35 años (Hansen *et al.*, 2006; IPCC, 2007); esto ha estado acompañado de 35 ciclos de selección natural complementada con selección artificial por los productores. Aunque algunas colectas de Cuitzeo tienen cifras similares a las locales para algunas características, en general, no es aconsejable trasladar las colectas de Cuitzeo al sitio de evaluación, porque muestran menor precocidad y mayor asincronía floral.

Conclusiones

Para todos los caracteres evaluados, excepto rendimiento y diámetro de mazorca, hubo diferencias estadísticamente significativas entre y dentro de orígenes. Las diferencias entre orígenes se debieron, principalmente, a Cuitzeo. Los días a floración femenina, altura de mazorca y la asincronía pueden ser utilizados como criterios principales para la selección. Los días de floración femenina a secado de brácteas tienen una asociación negativa con los anteriores. De las colectas, 37 se clasificaron como precoces; ocho como intermedias-precoces; una como intermedia y dos como tardías. Las colectas del noroeste fueron las de mejor calificación general y lo contrario fueron las de Cuitzeo, no recomendándose su traslado a la Ciénaga de Zacapu.

Agradecimientos

A la Coordinación de Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por el financiamiento del presente trabajo.

Literatura citada

- Bolaños, J. (1995). Physiological bases for yield differences in selected maize cultivars from Central America. *Field Crops Res.* 42(2-3):69-80.
- Bolaños J. y Edmeades, G. O. (1996). The importance of the anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. *Field Crops Res.* 48(1):65-80.
- Chapman, S. C. y Edmeades, G. O. (1999). Selection Improves Drought Tolerance in Tropical Maize Populations. II. Direct and Correlated Responses among Secondary Traits *Crop Sci.* 39(5): 1315-1324.
- Carrera, V. A.; Ron, P. J.; Jiménez, C. A.; Morales, R. M.; Márquez, S. F.; Sahagún, C. L.; Sesmas, G. J. y Sitt, M. M. (2011). *Razas de maíz de Michoacán de Ocampo. Su origen, relaciones fitogeográficas y filogenéticas.* COECYT-Michoacán. CROMOGRAFF. Morelia, Michoacán. 150 pp.
- Conabio. (2012). http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_060.html (Consultado el 20 de abril de 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.
- Daynard, T. B.; Tanner, J. W. y Duncan, W. G. (1971). Duration of the grain filling period and its relation to grain yield in corn, *Zea mays* L. *Crop Sci.* 11(1):45-48.
- Daynard, T. B. y Kannenberg, L. W. (1976). Relationships between the length of actual and effective grain filling periods and the grain yield of corn. *Can J. Plant Sci.* 56:237-242.
- Dijak, M.; Modarres, A. M.; Hamilton, R. I.; Dwyer, L. M.; Stewart, D. W.; Mather, D. E. y Smith, D. L. (1999). Leafy Reduced-Stature Maize Hybrids for Short-Season Environments. *Crop Sci.* 39(4):1106-1110.
- Edwards, J. T.; Purcell, L. C. y Vories, E. D. (2005). Light Interception and Yield Potential of Short-Season Maize (*Zea mays* L.) Hybrids in the Midsouth. *Agron. J.* 97(1):225-234.
- Flores, L. N. (1987). *Problemática y descripción de los tipos de maíz criollo localizados en la Ciénaga de Zacapu*. Tesis de licenciatura. Facultad de Agrobiología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Mich. 93 pp.
- García de M. E. (1983). *Apuntes de climatología*. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. (4ta. Ed.). México, D. F. 153 pp.
- Hallauer, A. R. y Miranda, J. B. (1988). *Quantitative genetics in maize breeding*. 2nd. Ed. Iowa State University Press. Ames, Io. 468 pp.
- Hansen, J.; Sato, M.; Ruedy, R.; Lo, K.; Lea, D. W. y Medina-Elizade, M. (2006). Global temperature change. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 103(39):14288-14293.
- Harrison, L.; Michaelsen, J.; Funk, C. y Husak, G. (2011). Effects of temperature changes on maize production in Mozambique *Clim. Res.* 46:211-222.
- Hikosaka, K. y Hirose, T. (1997). Leaf angle as a strategy for light competition: Optimal and evolutionarily stable light-extinction coefficient within a leaf canopy. *Ecoscience* 4(4):501-507.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Pachauri, R. K. y Reisinger, A. (Eds.) IPCC, Geneva, Switzerland. 104 pp.
- Louette, D.; Charrier, A. y Berthaud, J. (1997). *In situ* conservation of maize in Mexico: genetic diversity and maize seed management in a traditional community. *Econ. Bot.* 51(1):20-38.
- Lourenço, N. L. y Paterniani, E. (2000). Pre-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. *Scientia Agricola* 57:581-587.
- Maddonni, G. A. y Otegui, M. E. (1996). Leaf area, light interception, and crop development in maize *Field Crops Res.* 48(1):81-87.
- Mati, B. M. (2000). The influence of climate change on maize production in the semi-humid-semi-arid areas of Kenya. *J. of Arid Env.* 46(4):333-344.
- Márquez, S. F. (1985). *Genotecnia vegetal. Métodos, teoría, resultados*. Tomo I. AGT editor. México. 357 pp.
- Mercer, K.; Martínez-Vásquez, A. y Perales, H. R. (2008). Asymmetrical local adaptation of maize landraces along an altitudinal gradient. *Evolutionary Applications* 1(3):489-500.
- Mercer, K. L. y Perales, H. R. (2010). Evolutionary response of landraces to climate change in centers of crop diversity. *Evolutionary Applications* 3(5-6):480-493.
- Monterroso, A. I.; Conde, A. C.; Rosales D. G.; Gómez, J. D. y Gay, G. C. (2011). Assessing current and potential rainfed maize suitability under climate change scenarios in México. *Atmósfera* 24(1):53-67.
- Nájera, C. L.; Rincón, S. F.; Ruiz, T. N. y Castillo, G. F. (2010). Potencial de rendimiento de poblaciones criollas de maíz de Coahuila, México. *Fitotecnia Mexicana* 33(4): 31-36.
- Nava, P. F.; Mejía, J. A.; Castillo, F. y Molina, J. D. (2000). Evaluación de maíces precoces e intermedios en valles altos de centrales de México. Poblaciones sobresalientes. *Fitotecnia Mexicana* 23(1):119-128.
- Ojeda-Bustamante, W.; Sifuentes, E.; Slack, D. C. y Carrillo, M. (2004). Generalization of irrigation scheduling parameters using the growing degree concept: application to a potato crop. *Irrigation and Drainage* 53(3):251-261.

- Pecina-Martínez, J. A.; Mendoza-Castillo, M. C.; López-Santillán, J. A.; Castillo-González, F. y Mendoza-Rodríguez, M. (2009). Respuesta morfológica y fenológica de maíces nativos de Tamaulipas a ambientes contrastantes de México. *Agrociencia* 43(7): 681-694.
- Perales, R. H.; Brush, S. B. y Qualset, C. O. (2003). Dynamic management of maize landraces in central Mexico. *Econ. Bot.* 57(1):21-34.
- Perenzin, M.; Ferrari, F. y Motto, M. (1980). Heritabilities and relationships among grain-filling period, seed weight and quality in forty italian varieties of corn (*Zea mays* L.). *Can. Jour. Plant Sci.* 60(4):1101-1107.
- Ruiz, C. A.; Ramírez, J. L.; Flores, F. J. y Sánchez, J. J. (2000a). Cambio climático y su impacto sobre la estación de crecimiento de maíz en Jalisco, México. *Fitotecnia Mexicana* 23(2):169-181.
- Ruiz, C. A.; Ramírez, J. L.; Flores, F. J. y Sánchez, J. J. (2000b). Cambio climático y efectos sobre las áreas potenciales para maíz en Jalisco, México. *Fitotecnia Mexicana* 23 (2):183-194.
- Ruiz-Corral, J. A.; Flores-López, H. E.; Ramírez-Díaz, J. L. y González-Eguiarte, D. R. (2002). Temperaturas cardinales y duración del ciclo de madurez del híbrido de maíz h-311 en condiciones de temporal. *Agrociencia* 36(5):569-577.
- Sánchez, G. J.; Goodman, M. M. y Stuber, C. W. (2000). Isozymatic and Morphological Diversity in the Races of Maize of Mexico. *Econ. Bot.* 54(1):43-59.
- Sáenz-Romero, C.; Rehfeldt, G. E.; Crookston, N. L.; Duval, P. y Beaulieu, J. (2012). Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for Michoacán state, México. Impacts on the vegetation. *Rev. Fitotec. Mex.* 35(4):333-345.
- SAS Institute. (2003). SAS version 9.1.3 for Windows. SAS Institute, Inc. Cary, NC.
- Smalley, M. D.; Daub, J. L. y Hallauer, A. R. (2004). Estimation of heritability in maize by parent-offspring regression. *Maydica* 49(3):221-229.
- SMN. (2012a). <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Estadistica/16188.pdf>; <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Estadistica/16171.pdf> (Consultado el 16 de abril de 2012).
- SMN. (2012b). <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Normales8110/NORMAL16142.TXT> (Consultado el 20 de abril de 2012).
- SMN. (2012c). <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/precipitacion/estados/est-2010.gif>; <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/precipitacion/estados/est-2009.gif> (Consultado el 15 de mayo de 2012).
- SMN. (2012d). <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Estadistica/> (Consultado el 15 de mayo de 2012).
- Soleri, D. y Smith, S. D. (2002). Rapid estimation of broad sense heritability of farmer-managed maize populations in the Central Valleys of Oaxaca, Mexico, and implications for improvement. *Euphytica* 128:105-119.
- Steel, R. G. D. y Torrie, J. H. (1960). *Principles and procedures of statistics*. McGraw-Hill. New York. 481 pp.

Recibido: Diciembre 15, 2011

Aceptado: Febrero 21, 2013



Título: *Seduciendo inversionistas en la gala del congreso*
Concepto: Qué buena oportunidad para los laboratorios de mandar sus equipos de seducción a los ganaderos e investigadores
Técnica: Tinta sobre opalina
Autor: Marisol Herrera Sosa
Medida: 21.59 x 27.94 cm