

# **E**valuación de selección criolla precoz en relación a maíces mejorados en siembra tardía en la Ciénega de Zacapu, Michoacán

*Carlos Alberto Ramírez-Mandujano<sup>1</sup>, María Elena Granados-García<sup>1</sup>,  
Mirella Gutiérrez-Huitrón<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

## **Resumen**

El retraso del inicio de las lluvias por cambio climático obliga a desarrollar maíces de ciclo corto para siembras de secano. Se cuenta con una selección criolla precoz y dos criollos mejorados de la Ciénega de Zacapu, Michoacán, donde se están introduciendo maíces híbridos. Para comparar el desempeño en siembra tardía de la selección criolla precoz con los criollos mejorados y tres híbridos, se estableció un ensayo en dicha localidad, bajo diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones en dos localidades, a densidad de 62 mil plantas por hectárea con fertilización de 120-100-00 N-P-K. Se midieron días a floración masculina y femenina, asincronía floral, acame (plantas caídas), cuateo (mazorcas dobles), altura de mazorca y planta, sanidad de mazorca, componentes de rendimiento y días a madurez en 8 plantas en competencia completa por cada repetición. Se corrió análisis de varianza y comparación de medias. Excepto por acame, hubo diferencias

entre tratamientos ( $p < 0.01$ ) para todos los caracteres evaluados. La selección criolla precoz fue significativamente diferente al resto de tratamientos ( $p < 0.05$ ) con menos días a floración (60) y madurez (117), y mayor asincronía floral (3.83 días), siendo también la de menor sanidad de mazorca y menor cuateo (5.74%); Su altura de mazorca (1.41 m) está entre las menores y su rendimiento de grano (5.44 ton/ha) cercano a la media general; por su comportamiento general es inferior a los criollos mejorados pero compite con los híbridos en condición de siembra retrasada.

**Palabras clave:** Altura de mazorca, sanidad, días a floración, rendimiento de grano.

## **Abstract**

### **Assessment of early landrace selection in relation to improved maizes in late sowing in “Ciénega de Zacapu, Michoacan”**

The delay of the onset of rains by climate change forces to develop short-cycle maize for rainfed sowings. There is an early Creole selection, and two improved ones of the Cienega of Zacapu, Michoacán, where hybrid maizes are being introduced. To compare the late sowing performance of the early Creole selection with the two improved creoles, and three hybrids a trial was established in the locality, under design of randomized complete blocks with three replicates at two locations at density of 62 Thousand plants per hectare with fertilization of 120-100-00 N-P-K. It was measured days to male and female flowering, floral asynchrony, lodging (fallen plants) and budding (double cobs), ear and plant height, ear health, yield components and maturity in 8 full competition plants in each repetition. Analysis of variance and mean comparison was run. Except for lodging, there were differences between treatments ( $p < 0.01$ ) for all the evaluated traits. The early Creole selection was significantly different from the rest of treatments ( $P < 0.05$ ) with less days to flowering (60) and maturity (117), and with greater floral asynchrony (3.83 days), being also the worse by its ear health and budding (5.74%); Its ear height (1.41 m) is one of the lowest and the grain yield ( $5.44 \text{ ton ha}^{-1}$ ) close to the general average. By its general behavior it is inferior to the improved Creoles but competes with the hybrids in late sowing condition.

**Keywords:** Ear height, ear health, days to flowering, grain yield.

## **Introducción**

El maíz es el cultivo agrícola más importante de México, desde el punto de vista alimentario, económico, político y social (SIAP, 2018a). De esta especie, se cosecharon en 2017 cerca de 27.7 millones de toneladas en 7.3 millones de hectáreas (SIAP, 2018b); cada año se importan siete millones de toneladas de grano entero de maíz amarillo y tres millones de grano quebrado amarillo, por lo que se requiere incrementar la producción de este tipo de maíz (Turrent 1994; Ortiz-Cereceres et al., 2007; Turrent 2009). El retraso del inicio de la estación de lluvias, así como su acortamiento por efecto del cambio climático tarde o temprano nos lleva a sembrar maíces de ciclo más corto, que puedan completar su ciclo de vida en menor tiempo (Cruz, 2010; Ruiz-Corral et al., 2011). El uso de semilla mejorada es un elemento clave en muchos países en desarrollo para alcanzar niveles competitivos en la producción, puesto que a través de ellas se puede aprovechar al máximo las condiciones ambientales disponibles y optimizar los insumos usados en el proceso de producción de una región dada (Espinosa et al., 2013). Se ha señalado que una semilla mejorada contribuye hasta con un 60% del rendimiento final, lo cual indica que es un insumo fundamental para lograr una buena producción (Ortiz-Cereceres 2007, Espinosa et al., 2008).

En la Ciénega de Zacapu, Michoacán se siembran anualmente cerca de 12,000 hectáreas de maíz bajo régimen de secano (temporal); el inicio de las lluvias también se ha estado retrasando, de acuerdo a la percepción de los agricultores, basada en parte en la asociación del calendario agrícola con las fechas de festividades religiosas. Recientemente se han estado introduciendo maíces mejorados que no fueron desarrollados a partir de materiales locales, que aunque tienen mayor potencial de rendimiento, pudieran no expresarlo porque están menos adaptados a la localidad. La Universidad Michoacana ha desarrollado variedades que combinan los maíces criollos y los mejorados por el método de retrocruza limitada propuesto por Márquez et al. (2000), tanto de color blanco como amarillo. Se cuenta también con una población desarrollada a partir de una selección multicolor de maíces criollos precoces locales (Ramírez, 2013) pensando en la necesidad de contar con una alternativa que permita la siembra en una estación de crecimiento reducida. Existe la necesidad de hacer una evaluación comparativa de estos tipos de maíz con los híbridos introducidos, destinada a orientar a los productores de dicho grano que trabajan en condiciones de secano.

El desarrollo de variedades de maíz para siembra tardía bajo condiciones de secano es y ha estado siendo practicado (Espinosa et al., 2010) como una necesidad importante. Así mismo se trabaja en la tecnología de producción para tales ambientes (Popp et al., 2006). También existen trabajos destinados a comparar el comportamiento de variedades precoces con variedades no precoces en fechas de siembra normales y tardías (Sorensen et al., 2000) que a menudo coinciden en que la siembra tardía puede reducir significativamente el rendimiento (Cantarero et al., 2000; Hernández y Soto, 2012; Tadeo-Robledo et al., 2012).

Nava et al. (2000) evaluaron 121 genotipos de maíz con el objetivo de seleccionar aquellos que pudieran servir como base para iniciar un programa de mejoramiento genético. Como resultado identificaron ocho colectas sobresalientes por precocidad y rendimiento para ambientes con potencial restringido y un temporal de lluvias tardío. Luna et al. (2005) evaluaron 20 variedades de maíz en ambiente de secano en cinco localidades del centro norte de México. Las variedades de ciclo intermedio y algunas precoces mostraron mayor rendimiento que las tardías en los ambientes con condiciones ecológicas intermedias o deficientes.

Tadeo et al. (2012) evaluaron ocho variedades de maíz amarillo en comparación con un testigo comercial también de grano amarillo en tres localidades. El rendimiento medio en siembra del 18 de junio fue de 6.070 ton por hectárea, y en siembra del 7 de julio de 3.493 ton. por hectárea, esto es una reducción de 42%. Todas las variedades fueron superiores al testigo comercial. Tadeo-Robledo et al. (2012) evaluaron doce híbridos, cinco de ellos de grano amarillo, seis de grano blanco desarrollados por instituciones públicas y un testigo comercial de grano blanco. El rendimiento medio en siembra del 18 de junio fue de 8.335 ton por hectárea y en siembra del 7 de julio 5.892 ton por hectárea, esto es una reducción de 29%. El comportamiento del testigo comercial fue estadísticamente igual a cuatro de los híbridos de instituciones públicas y a cuatro de los híbridos amarillos. Espinosa et al. (2013) evaluaron diez variedades generadas por instituciones públicas en comparación con dos testigos comerciales, uno de grano blanco y otro amarillo y un testigo criollo amarillo; el testigo amarillo comercial fue superado.

El objetivo del presente trabajo fue comparar el comportamiento en siembra tardía de la selección criolla precoz con el de híbridos introducidos y con materiales criollos mejorados por retrocruza limitada, para poder emitir una recomendación a los agricultores de la localidad.

## **Materiales y métodos**

Se estableció un ensayo en siembra tardía el 24 y 25 de junio de 2017 con seis tratamientos: la selección criolla precoz, dos criollos mejorados por retrocruza limitada (38Paj, de grano amarillo y ciclo intermedio y 34Mi, de grano blanco y ciclo intermedio) y tres híbridos introducidos que de acuerdo a los establecimientos comercializadores de los mismos asentados en la zona de estudio, han tenido alta aceptación (Retinto, de grano blanco y ciclo intermedio-precoz, BD 57, de grano blanco y ciclo intermedio y H 386A de grano amarillo y ciclo intermedio-tardío). La selección criolla precoz es multicolor y fue desarrollada por la UMSNH en la primera mitad de la presente década. Los criollos mejorados incluyen 3/8 de genes de híbridos comerciales y 5/8 de genes de maíces criollos; fueron desarrollados por la UMSNH en los años 90 del siglo pasado. Los híbridos comerciales de grano blanco fueron desarrollados por empresas semilleras mexicanas (semillas BIDASem y Semillas Rica) y el híbrido amarillo fue desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias INIFAP y es comercializado por varias empresas semilleras nacionales; la utilizada en este estudio procede de Semillas Barriga.

El diseño fue bloques completos al azar con tres repeticiones en dos localidades del ejido de Tiríndaro, municipio de Zacapu, Mich. (19° 46' 45.8" N, 101° 44' 49.2" W y 19° 48' 35.6" N, 101° 44' 34.6" W) a densidad de 62 mil plantas por hectárea con dosis de fertilización 120-50-00 N-P-K de acuerdo a recomendaciones del INIFAP (Arroyo et al., 2001; Vallejo et al., 2004), aplicando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo a la siembra combinando urea (46-00-00 NPK) con fosfato diamónico (18-46-00 N-P-K) y el resto del nitrógeno a los 40 días después de la siembra con urea. La parcela experimental fue de dos surcos separados a 80 cm, con 11 matas de dos plantas cada 40 cm. Se aplicó insecticida clorpirifos etil al 5%, 20 kg por hectárea, para control de plagas del suelo al momento de la siembra; para el control de malezas se hicieron dos aplicaciones de herbicida: Atrazina, 1 litro por hectárea a los ocho días de la siembra y Nicosulfurón + 2-4-D, 0.5 litros por hectárea de cada uno, a los 28 días; se complementó con deshierbe manual a los 60 días de la siembra. No se hizo escarda.

Se midieron días a floración masculina cuando 50 % de plantas había iniciado del derrame de polen y floración femenina cuando 50 % de plantas con emergencia de estigmas; asincronía floral como diferencia entre los dos anteriores, porcentaje de

acame y de cuateo y días a secado de totomoxtle o brácteas, que son las hojas que envuelven a la mazorca, como indicador de madurez (Ramírez, 2013). Estos datos por cada repetición de cada tratamiento. Luego se midió altura de mazorca, del suelo al nudo de inserción del pedúnculo de la mazorca, y altura de planta, del suelo a la base de la espiga; Porcentaje de granos con daños por insectos o enfermedades, longitud y diámetro de mazorca, número de hileras de grano y de granos por hilera, peso de mazorca y peso de grano sin olote ajustado a 14% de humedad, todos ellos en ocho plantas en competencia completa por cada repetición. Se calculó la proporción de peso de grano sin olote respecto al peso de mazorca. El peso de grano sin olote se transformó en rendimiento en ton ha<sup>-1</sup> ajustando a una cosecha de 50 mil plantas por hectárea. El porcentaje de acame y de cuateo, así como el de porcentaje de granos dañados por enfermedades o insectos, se transformaron a arcoseno raíz cuadrada. Se llevó a cabo análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey con el paquete estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2015).

**Tabla 1**

Valores p del análisis de varianza para caracteres de planta

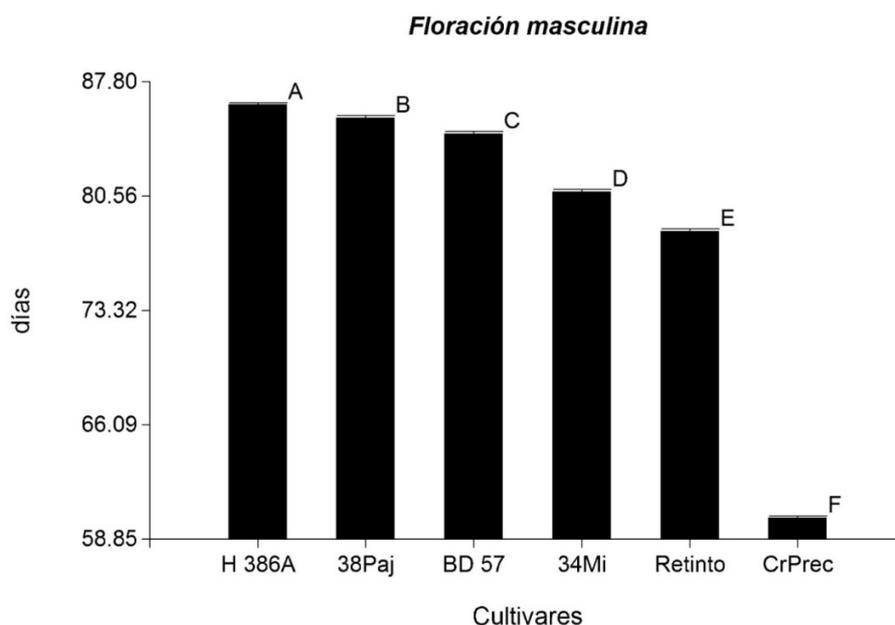
| F de V          | Flor M   | Flor F   | Asi      | Madurez  | Acame   | Cuateo   | Alt Mazorca | Alt Planta |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|-------------|------------|
| <b>Loc</b>      | 0.36 ns  | 0.68 ns  | 0.36 ns  | 0.53 ns  | 0.15 ns | 0.74 ns  | <0.01 **    | 0.02 *     |
| <b>Trat</b>     | <0.01 ** | <0.01 ** | <0.01 ** | <0.01 ** | 0.12 ns | <0.01 ** | <0.01 **    | <0.01 **   |
| <b>rep(Loc)</b> | <0.01 ** | <0.01 ** | 0.56 ns  | 0.39 ns  | 0.63 ns | 0.62 ns  | 0.01 **     | 0.07 ns    |
| <b>Loc*Trat</b> | 0.52 ns  | 0.26 ns  | 0.52 ns  | 0.25 ns  | 0.99 ns | 0.03 *   | 0.74 ns     | 0.38 ns    |
| <b>C V (%)</b>  | 4.5      | 4.9      | 28.88    | 18.1     | 30.25   | 28.9     | 10.57       | 8.5        |

F de V: Fuentes de variación; Loc: localidades de evaluación; Trat: cultivares o variedades de maíz evaluadas; rep: repeticiones; Flor M: días a floración masculina; Flor F: días a floración femenina; Asi: asincronía floral; Madurez: días a madurez; Acame: porcentaje de plantas derribadas; Cuateo: porcentaje de plantas con doble mazorca; Alt Mazorca: Altura de mazorca; Alt Planta: Altura de planta. C V: coeficiente de variación; ns: no significativo; \*: significativo; \*\*: altamente significativo.

## Resultados y discusión

En la tabla 1 se muestran los valores p de los resultados del análisis de varianza para características de planta. Hubo diferencias entre localidades sólo para altura de mazorca y de planta, lo cual es común en este tipo de trabajos. Esto se puede explicar porque estos caracteres son altamente sensibles al ambiente. Hubo diferencias significativas para tratamientos en todos los caracteres medidos, menos en el porcentaje de acame. Excepto para cuateo, no hubo efecto de interacción

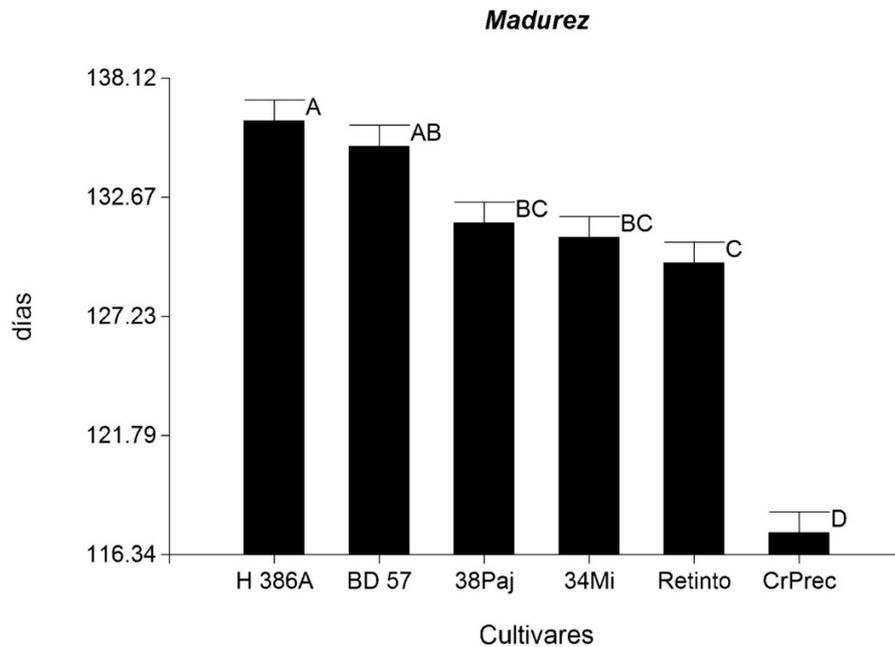
localidad por tratamiento; esto no siempre afecta al rendimiento, a pesar de que el cuateo es un componente del mismo, de acuerdo a la revisión que hacen al respecto Hallauer et al. (2010). Los coeficientes de variación están dentro de los límites aceptables para evaluaciones de campo en condiciones de secano (Reyes, 1990).



**Figura 1.** Comparación de medias de Tukey (0.05) de días a floración masculina para seis cultivares evaluados en condiciones de secano en dos localidades la Ciénega de Zacapu, Mich. en el ciclo primavera-verano de 2017. DMS = 0.65, E.E. = 0.15, n = 6.

Para días a floración masculina el promedio por cultivares varió de 60 para la selección criolla precoz, hasta 86 para el híbrido H 386A (Figura 1). El híbrido Retinto fue el más cercano a la selección criolla precoz con 78. Para días a floración femenina el mínimo fue 64 para la selección criolla precoz y el máximo 87 para el híbrido H 386A. Nuevamente el híbrido Retinto fue el más cercano a la selección criolla precoz con 80 d. Este resultado era esperado porque se trata de una población formada con materiales precoces seleccionados. Nava et al. (2000) muestra valores de entre 71 y 93 d. Tadeo et al. (2012) obtuvieron valores entre 74 y 76 d. Espinosa et al. (2013) reportan valores medios por tratamiento desde 67 hasta 74 d; es necesario mencionar que la altitud en el ambiente de esas tres evaluaciones es 250 m snm mayor, y que eso desacelera el desarrollo por menor

acumulación de unidades de calor (Ruiz et al., 1998); entonces sus tratamientos más precoces pudieran ser comparables a la selección criolla precoz. Por su parte, Luna et al. (2005) tuvieron valores entre 55 y 72 d, en variedades clasificadas como precoces o intermedios. En este caso la altitud de los ambientes de evaluación fue entre 200 y 400 m menor, así que la precocidad de dichos materiales también puede ser considerada similar a la de la población criolla precoz. Para la Ciénega de Zacapu es clara la ventaja que la selección criolla precoz ofrece en una estación de crecimiento reducida.



**Figura 2.** Comparación de medias de Tukey (0.05) de días a madurez para seis cultivares evaluados en condiciones de secano en dos localidades la Ciénega de Zacapu, Mich. en el ciclo primavera-verano de 2017. DMS = 4.26, E.E. = 0.96, n = 6.

Por asincronía floral, los valores promedio van desde 1.0 días para el híbrido H 386A, hasta 3.8 para la selección criolla precoz. Esta última es la única que estadísticamente difiere del resto de los tratamientos. Este resultado refleja el trabajo que se ha invertido en los maíces mejorados para disminuir la asincronía, ya que se sabe que incrementa el rendimiento en condiciones de menor

disponibilidad de agua (Bolaños y Edmeades, 1990; Bolaños y Edmeades, 1996; Edmeades et al., 2000). Por su parte Ramírez (2013) registró un valor medio de asincronía de 1.5 d, cercanos a los 2 d que se desprenden de los datos publicados por Tadeo et al. (2012) y Espinosa et al. (2013).

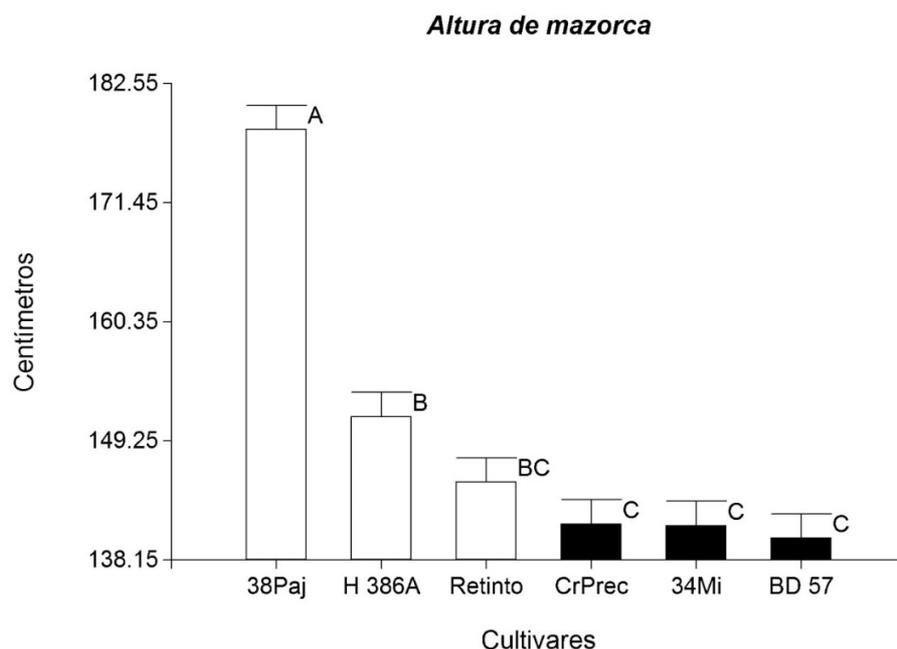
Por días a madurez (figura 2), el valor mínimo corresponde a la selección criolla precoz con 117 y el máximo al híbrido H 386A con 136. Ramírez (2013) obtuvo un valor medio mínimo de 132 d para dos de los tratamientos evaluados, comparable al híbrido H 386A. Las dos poblaciones criollas mejoradas tienen valores intermedios.

Por acame no hubo diferencias significativas a nivel 0.05 entre los tratamientos evaluados. Los valores en porcentaje estuvieron desde 0.8 para el híbrido BD 57, hasta 22.9 para la selección criolla precoz. Aunque no hubo significancia estadística, estas cifras son claramente diferentes para el agricultor. La resistencia al acame ha sido ampliamente trabajada y era de esperar que el menos resistente fuera la selección criolla precoz, y por lo tanto hace falta abordar este problema; El acame provoca pérdidas totales de plantas afectadas cuando la cosecha es mecánica y pérdidas parciales cuando la cosecha es manual y adicionalmente eleva el costo de la misma.

Por porcentaje de plantas con cuateo la población criolla precoz y la población mejorada 34Mi fueron estadísticamente iguales entre sí pero inferiores a las demás. El valor más bajo fue para la población criolla precoz con cero y el máximo para la población mejorada 38Paj con 21.0. Como ya se mencionó, el cuateo no siempre se traduce en un mayor rendimiento (Hallauer et al., 2010) entre otras razones porque las mazorcas crecen menos; este carácter está generalmente presente en los híbridos porque al agricultor le produce la sensación de que dos mazorcas significan una mayor cosecha.

Por altura de mazorca (figura 3) el mínimo corresponde al híbrido BD 57 con 140 cm y el máximo a la población criolla mejorada 38Paj con 178 cm. La selección criolla precoz está en el mismo grupo de significancia que el híbrido BD 57. Una mayor altura implica mayor sensibilidad al acame, pero la población 38Paj no fue la de mayor acame, lo que se atribuye a un mayor dureza de tallo, derivada de la parte de genes de maíz híbrido que contiene, ya que este carácter es utilizado también como estrategia para prevenir el acame y al mismo tiempo disminuir daños por insectos. Por su parte, la población criolla mejorada 38Mi se ubica en el mismo grupo de significancia que el BD 57. En otras evaluaciones la altura de mazorca es

inferior a la del presente trabajo; Tadeo-Robledo et al. (2012), reportan valores mínimo y máximo promedios de tratamiento de 84 a 106; Tadeo et al., (2012), de 86 a 102; Espinosa et al., (2013) de 90 a 120; Ramírez (2013) de 95 a 147. Esta diferencia pudiera ser debida a diferencias en la constitución genética de los materiales evaluados en cada estudio. En los maíces híbridos también se ha invertido mucho trabajo en la reducción de la altura de mazorca y de planta.



**Figura 3.** Comparación de medias de Tukey (0.05) de altura de mazorca en cm para seis cultivares evaluados en condiciones de secano en dos localidades la Ciénega de Zacapu, Mich., en el ciclo primavera-verano de 2017. DMS = 9.22, E.E. = 2.28, n = 6.

Por altura de planta los resultados son similares a los de altura de mazorca. La menor cifra corresponde al híbrido BD 57 con 245 cm y la mayor a la población mejorada 38Paj con 287 cm. La selección criolla precoz tuvo una altura de planta de 259 cm. Otros autores han tenido alturas de plantas similares (Tadeo-Robledo et al. (2012), 203 a 262 cm; Tadeo et al, (2012) 182 a 200 cm; Espinosa et al. (2013) 190 a 260 cm; Ramírez (2013) 202 a 271 cm.

*Evaluación de selección criolla precoz en relación a maíces mejorados en siembra tardía ... Zacapu...*

En la tabla 2 se presentan los resultados del análisis de varianza para caracteres de mazorca. La interacción localidades por tratamiento tampoco fue significativa para ninguna de ellas; entonces el comportamiento relativo entre tratamientos es el mismo. No hubo diferencias significativas entre localidades para ninguna de las variables. Entre tratamientos sí hubo diferencias significativas para todas las variables evaluadas.

**Tabla 2**

Valores p del análisis de varianza para caracteres de mazorca

| F de V          | Sanidad  | Longitud | Diámetro | H G      | GPH      | Peso Gr/Maz | Rend     |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|
| <b>Loc</b>      | 0.39 ns  | 0.25 ns  | 0.83 ns  | 0.61 ns  | 0.49 ns  | 0.07 ns     | 0.10 ns  |
| <b>Trat</b>     | <0.01 ** | <0.01 ** | <0.01 ** | <0.01 ** | <0.01 ** | <0.01 **    | <0.01 ** |
| <b>rep(Loc)</b> | 0.17 ns  | 0.19 ns  | 0.61 ns  | 0.82 ns  | 0.27 ns  | 0.06 ns     | <0.01 ** |
| <b>Loc*Trat</b> | 0.77 ns  | 0.19 ns  | 0.53 ns  | 0.06 ns  | 0.08 ns  | 0.14 ns     | 0.08 ns  |
| <b>C V (%)</b>  | 29.42    | 13.31    | 7.78     | 12.12    | 14.48    | 6.1         | 25.23    |

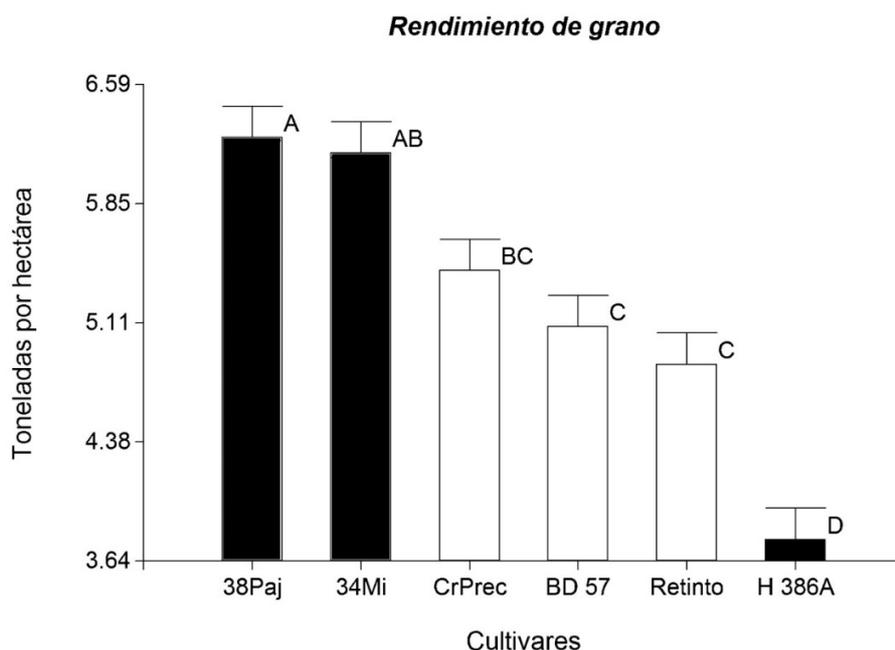
F de V: Fuentes de variación; Loc: localidades de evaluación; Trat: cultivares o variedades de maíz evaluadas; rep: repeticiones; H G: número de hileras de grano; GPH: número de granos por hilera; Peso Gr/Maz: relación de peso de grano respecto al peso total de la mazorca; Rend: rendimiento de grano. C V: coeficiente de variación; ns: no significativo; \*: significativo; \*\*: altamente significativo.

Para porcentaje de granos con daños por enfermedades o insectos, las diferencias son numéricamente pequeñas, pero estadísticamente significativas; el mayor valor es de la selección criolla precoz con 5% y el menor el de la población criolla mejorada 34Mi con 2%; La selección criolla precoz y el híbrido Retinto fueron los de mayor porcentaje de granos con daños y estadísticamente diferentes a H 386A, 38Paj y 34Mi.

Para longitud de mazorca el intervalo de medias va desde 11.6 cm del híbrido H 386A, hasta 15 cm de la población criolla mejorada 38Paj. El H 386A es significativamente el menor de todos, lo cual debe estar influido por el hecho de que su ciclo de vida está clasificado por la empresa productora de semilla como intermedio-tardío y en una estación de crecimiento reducida no pudo completar satisfactoriamente su desarrollo. Los valores de longitud de mazorca del presente trabajo son similares a los de Tadeo et al. (2012) con 13.3 a 14.2 cm; Tadeo-Robledo et al. (2012) con 14.4 a 16.7 cm; Espinosa et al. (2013) con 11.5 a 13.8 cm.

Por diámetro de mazorca, menor valor medio corresponde a la selección criolla precoz con 44 mm y la mayor, a la población criolla mejorada 34Mi con 50 mm. El menor número de hileras de grano es también el de la selección criolla precoz con

13.1 y el mayor de la población 34Mi con 17.6. En cuanto a número de granos por hilera, las medias varían entre 25.9 para el H 386A, estadísticamente inferior a los demás tratamientos y 36.1 para la población 38Paj, estadísticamente superior a los demás. Estos valores son un poco mayores a los de otros autores, que reportan entre 25 y 30 granos (Tadeo et al., 2012; Tadeo-Robledo et al., 2012; Espinosa et al., 2013).



**Figura 4.** Comparación de medias de Tukey (0.05) de rendimiento de grano sin olote en ton ha<sup>-1</sup> para seis cultivares evaluados en condiciones de secano en dos localidades la Ciénega de Zacapu, Mich., en el ciclo primavera-verano de 2017. DMS = 0.78, E.E. = 0.19, n = 6.

Por la relación peso de grano / peso de mazorca, la mayor corresponde a la selección criolla precoz con 0.86, estadísticamente superior al resto de los tratamientos evaluados y la menor al híbrido Retinto con 0.74. Esto debe tener influencia del hecho de que los agricultores tradicionalistas prefieren las mazorcas con olote delgado y los híbridos generalmente son de olote grueso, con mayor número de hileras de grano. Finalmente, por rendimiento de grano sin olote (figura 4), expresado en toneladas por hectárea, las dos poblaciones criollas mejoradas tienen los valores más altos, de 6.26 para 38Paj y 6.17 para 34Mi y el menor para

el híbrido H 386A, con 3.77, estadísticamente inferior al resto; nuevamente puede pensarse que este híbrido fue el menos rendidor porque la estación de crecimiento reducida no le permite completar satisfactoriamente su ciclo de vida. Los mayores valores son comparables a los de otros trabajos en ambiente similar (Nava et al., 2000; Espinosa et al., 2010; Tadeo et al., 2012; Tadeo-Robledo et al., 2012; Espinosa et al., 2013). La selección criolla precoz tiene un rendimiento intermedio en este trabajo con 5.44 toneladas por hectárea, valor muy aceptable tomando en cuenta su precocidad, que le permite sembrarse en estación de crecimiento reducida, fenómeno que está avanzando (Cruz, 2010; Ruiz et al., 2011) y que ocurre especialmente en años en que se acentúa el retraso en el inicio de las lluvias.

## **Conclusiones**

Para las actuales condiciones en lo que se refiere a la amplitud de la estación de crecimiento, delimitada por la ocurrencia de las lluvias, las variedades criollas mejoradas 38Paj y 34Mi compiten en rendimiento de grano con los híbridos introducidos en la Ciénega de Zacapu. 34Mi puede ser la más adecuada porque conjunta su alto rendimiento de grano con menor altura de mazorca y su maduración es estadísticamente más precoz que la del híbrido H 386A. La selección criolla precoz es la más adecuada para años en que ocurra un retraso en el inicio de la temporada lluviosa y se puede esperar que sea la mejor opción a mediano y largo plazo, si continúa la tendencia a la reducción en la amplitud de la estación de lluvias por efecto de cambio climático; en estas condiciones compite con los híbridos introducidos. Su principal desventaja es la susceptibilidad al acame, problema que tiene que ser atendido.

## **Agradecimientos**

A la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por el financiamiento de la presente evaluación y del desarrollo de las poblaciones mejoradas y la selección criolla precoz.

## **Bibliografía**

Arroyo L., M. C., M. Gallardo V. y J. González T. 2001. Desplegable para productores Núm. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo experimental Morelia. CIRPAC. 6 pp.

- Bolaños J. y G. O. Edmeades. 1990. La importancia del intervalo de la floración en el mejoramiento para la resistencia a sequía en maíz tropical. *Agronomía mesoamericana* 1: 45-50.
- Bolaños J., y G. O. Edmeades. 1996. The importance of the anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. *Field Crops Research* 31: 253-268.
- Cantarero, M. G., S. F. Luque y O. J. Rubiolo. 2000. Efecto de la época de siembra y la densidad de plantas sobre el número de granos y el rendimiento de un híbrido de maíz en la región central de Córdoba (Argentina). *Agriscientia* 17: 3-10.
- 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.
- Di Rienzo J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C. W. Robledo. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Edmeades, G. O., J. Bolaños, A. Elings, J. M. Ribaut, M. Bänziger, M. E. Westgate. 2000. The Role and Regulation of the Anthesis-Silking Interval in Maize. p. 43-73. In: M. Westgate, K. Boote, editors, *Physiology and Modeling Kernel Set in Maize*, CSSA Spec. Publ. 29. CSSA and ASA, Madison, WI.
- Espinosa, A., M. Tadeo, A. Turrent, N. Gómez, M. Sierra, A. Palafox, F. Caballero, R. Valdivia y F. Rodríguez. 2008. El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias. Revista de Difusión de la Facultad de Ciencias de la UNAM* 92-93: 118-125.
- Espinosa C., A., M. Tadeo R., N. Gómez M., M. Sierra M., J. Virgen V., A. Palafox C., G. Vázquez C. y R. Valdivia B. 2010. V-54 A, nueva variedad de maíz de grano amarillo para siembras de temporal retrasado en Valles Altos de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 1(5): 677-680.
- Espinosa, A., M. Tadeo, A. Turrent, M. Sierra, N. Gómez, y B. Zamudio. 2013. Rendimiento de variedades precoces de maíz de grano amarillo para Valles Altos de México. *Agronomía Mesoamericana* 24: 93-99.
- Hallauer, A. R., Carena, M. J., Miranda F., J. B. 2010. *Quantitative Genetics in Maize Breeding*. 3rd Edition. Springer. New York, London, 663 pp.
- Hernández, N. y F. Soto. 2012. Influencia de tres fechas de siembra sobre el crecimiento y la relación fuente-demanda del cultivo del maíz (*Zea mays* L.). *Cultivos Tropicales* 33(1): 28-34.

- Luna Flores, M., J. R. Gutiérrez Sánchez, A. Peña Ramos, F. G. Echavarría Chairez, y J. Martínez Gómez. 2005. Comportamiento de variedades precoces de maíz en la región semiárida y árida del centro-norte de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28(1): 39-45
- Márquez S., F., L. Sahagún, J. A. Carrera y E. Barrera. 2000. Retrocruza limitada para el mejoramiento de maíces criollos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 51 pp.
- Nava Peralta, F., J. A. Mejía C., F. Castillo G. y J. D. Molina G. 2000. Evaluación de maíces precoces e intermedios en valles altos centrales de México. I. poblaciones sobresalientes. *Revista Fitotecnia Mexicana* 23(1):119-128.
- Ortiz-Cereceres, J., R. Ortega-Paczka, J. Molina-Galán, M. Mendoza-Rodríguez, C. Mendoza-Castillo, F. Castillo-González, A. Muñoz-Orozco, A. Turrent-Fernández y T. A. Kato-Yamakake. 2007. Análisis de la problemática de la producción nacional de maíz y propuestas de acción. Grupo Xilonen, Universidad Autónoma Chapingo - Colegio de Postgraduados - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Chapingo, México. 29 pp.
- Ramírez, C. A. 2013. Selección de maíces criollos de ciclo corto como estrategia frente al cambio climático en Michoacán. *Avances en Investigación Agropecuaria* 17 (2): 7-22, 2013.
- Reyes, C. P. 1990. Diseño de experimentos aplicados: agronomía, biología, química, industrias, ciencias sociales, ciencias de la salud. 3ª ed. Trillas. México. 344 pp.
- Ruiz C., J. A., J. J. Sánchez G., and M. M. Goodman. 1998. Base temperature and heat unit requirement of 49 mexican maize races. *Maydica* 43: 277-282.
- Ruiz C., J. A., G. Medina G., J. L. Ramírez D., H. E. Flores L., G. Ramírez O., J. D. Manríquez O., P. Zarazúa V., D. R. González E., G. Díaz P. y C. De la Mora O. 2011. Cambio climático y sus implicaciones en cinco zonas productoras de maíz en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 2(spe2): 309-323.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2018a. <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/el-maiz-un-grano-con-mucho-valor?idiom=es> Consulta: julio 17, 2018
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2018b. Anuario Estadístico de la producción agrícola. <https://www.gob.mx/siap/articulos/cierre-estadistico-de-la-produccion-agricola-2017?idiom=es> Consulta: julio 17, 2018

- Sorensen, I., P. Stone y R. Brian. 2000. Effect of sowing time on yield of a short and a long season maize hybrid. *Agronomy N.Z.* 30: 63-66.
- Tadeo-Robledo, M., A. Espinosa-Calderón, J. Zaragoza-Esparza, A. Turrent-Fernández, M. Sierra-Macías y N. Gómez-Montiel. 2012. Forraje y grano de híbridos de maíz amarillos para valles altos de México. *Agronomía Mesoamericana* 23(2):281-288.
- Tadeo R., M., A. Espinosa C., I. Arteaga E., V. Trejo P., M. Sierra M., R. Valdivia B. y B. Zamudio G. 2012. Productividad de variedades precoces de maíz de grano amarillo para Valles Altos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(7): 1417-1423.
- Popp, M., J. Edwards, P. Manning y L.C. Purcell. 2006. Plant population density and maturity effects on profitability of short-season maize production in the midsouthern USA. *Agronomy Journal* 98:760-765.
- Turrent, F.A. 1994. Plan de investigación del sistema maíz-tortilla en la región Centro. CIRCE, INIFAP, SARH, Publicación especial núm. 12, Chapingo, México. 55 pp.
- Turrent, F. A. 2009. El potencial productivo del maíz. *Ciencias* 92-93:126-129.
- Vallejo D., H. L., J. L. Ramírez D., M. Chuela B. y R. M. González I. 2004. Tecnología para producir maíz en el Bajío Michoacano. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto para productores Núm. 3. Campo experimental Uruapan. CIRPAC. 32 pp.