

Longitud de mazorca en cruzas de maíz Jala con una variedad criolla mejorada

*Carlos Alberto Ramírez-Mandujano, Juan Carlos González-Cortés
y Jesús Adrián Gómez-Santiz*

Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Resumen

La aceptación del elote está influida por su longitud, lo cual es característico de la raza Jala. Ésta se cruzó con un criollo mejorado de la Ciénega de Zacapu, Michoacán y luego esta craza se retrocruzó con sus dos progenitores, para recuperar por un lado genes de criollo y por otra genes de Jala. Se evaluaron la craza ($\frac{1}{2}$ ó 50% de Jala), retrocruzas ($\frac{3}{4}$ ó 75% y $\frac{1}{4}$ ó 25% de Jala), y los progenitores (Jala y testigo criollo mejorado) para determinar la influencia de Jala en la longitud de la mazorca para producción de elote. Se utilizó diseño bloques completos al azar con tres repeticiones en dos localidades y dos densidades de siembra: 50 mil y 37 mil plantas por hectárea. La dosis de fertilización fue 150-90-00 N-P-K. Se midieron días a floración masculina, altura de planta y mazorca, peso, longitud y diámetro de mazorca, hileras de grano, granos por hilera, porcentaje de llenado de mazorca por el grano y porcentaje de granos libres de daños por enfermedades o insectos. Para longitud de mazorca hubo diferencias significativas ($p < 0.01$) entre localidades, entre tratamientos y entre densidades de siembra; Jala, $\frac{1}{2}$ de Jala y $\frac{3}{4}$ de Jala fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores a $\frac{1}{4}$ de Jala, que a su vez fue superior al testigo criollo mejorado. Hubo mayor longitud de

mazorca ($p < 0.05$) a la menor densidad. Jala tuvo el menor llenado de mazorca, seguido por $\frac{3}{4}$ de Jala. El menor porcentaje de granos libres de daños correspondió a $\frac{3}{4}$ de Jala. La media de longitud de mazorca para $\frac{1}{2}$ de Jala fue superior a la mediana y su 25% más largo (cuarto cuartil) es superior al del resto de los tratamientos, con mayor porcentaje de elotes largos. Floración masculina y altura de mazorca fueron 88.5 días y 1.53 m para el testigo, y 99.4 días y 2.16 m para $\frac{1}{2}$ de Jala. $\frac{1}{2}$ Jala es adecuado para producir elotes.

Palabras clave: Días a floración, porcentaje de llenado de grano en mazorca, sanidad de mazorca, altura de mazorca.

Abstract

Ear length in crosses between Jala landrace and improved creole maize

The acceptance of the “elote” corn (immature ear, fresh ear) is influenced by its length, which is characteristic of the Jala landrace. This was crossed with an improved creole maize of the “Cienega de Zacapu”, Michoacan and then it went backcrossed to both parents to recovery both parental genes; The crosses ($\frac{1}{2}$ Jala), backcrosses ($\frac{3}{4}$ and $\frac{1}{4}$ Jala) and the progenitors (Jala and improved creole control) were evaluated in order to determine the influence of Jala in the ear length for “elote” production. We used randomized complete block design with three replicates in two locations and two planting densities: 50,000 and 37,000 plants per hectare. The fertilization dose was 150-90-00 N-P-K. It was measured days to male flowering, plant and ear height, ear weight, ear length and ear diameter, rows of grain, grains per row, percentage of ear filling by grain and ear health. By ear length there were significant differences ($p < 0.01$) between localities, treatments and sowing densities; Jala, $\frac{1}{2}$ Jala and $\frac{3}{4}$ Jala were statistically equal to each other and higher than $\frac{1}{4}$ of Jala, which in turn was superior to the improved creole control. There was greater ear length ($p < 0.05$) at lower density. Jala had the lowest ear filling, followed by $\frac{3}{4}$ Jala. The lowest percentage of damage-free grains corresponded to $\frac{3}{4}$ Jala. The mean ear length for $\frac{1}{2}$ Jala was higher than the median and its upper 25% is higher than the rest of the treatments, which gives a higher percentage of commercial long “elote”. Male flowering and ear height were 88.5 days and 1.53 m for the control, and 99.4 days and 2.16 m for $\frac{1}{2}$ Jala. $\frac{1}{2}$ Jala is the best treatment for “elote” production.

Keywords: Days to flowering, ear grain filling percentage, ear health, ear height.

Introducción

El maíz es el cultivo agrícola más importante de México, tanto desde los aspectos alimentario como económico, político y social (Servicio de Información Alimentaria y Pesquera, 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 toneladas de grano quebrado, por lo que se requiere incrementar la producción de este tipo de maíz (Turrent, 1994; Ortiz-Cereceres *et al.*, 2007; Turrent, 2009). De acuerdo al SIAP (2018c), en el año 2016 se sembraron en México 70,874 hectáreas destinadas a la producción de elote, con una cosecha de 898,792 ton. 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 *et al.*, 2007; Espinosa *et al.*, 2008). Una forma de mejoramiento es la hibridación aprovechada en la generación F1.

En la Ciénega de Zacapu, Michoacán, se siembran anualmente cerca de 12,000 hectáreas de maíz bajo régimen de humedad residual y una proporción no cuantificada de ellas está destinada al aprovechamiento del elote que se comercializa en la región lacustre del norte-centro de Michoacán, así como localmente. La longitud del elote influye directamente en la aceptación del consumidor. La raza Jala de maíz se distingue por sus elotes gigantes y puede ser utilizada como donador de ese carácter. Con una colecta de esta raza que sólo incluyó mazorcas de longitud superior a 30 cm, se hizo cruce con un criollo mejorado de la Ciénega de Zacapu y luego dicha cruce se retrocruzó hacia ambos progenitores para evaluar la contribución del maíz Jala a la longitud del elote en cuatro proporciones: Jala (100%), $\frac{3}{4}$ Jala (75%), $\frac{1}{2}$ Jala (50%), $\frac{1}{4}$ Jala (25%), en comparación con el maíz criollo mejorado local (0%). La razón de incluir la cruce y retrocruzas en la evaluación es que Jala en el sitio de evaluación es una variedad exótica y por lo tanto no adaptada, lo que debe influir en su comportamiento relativo en relación a los materiales locales e incluso al mismo Jala en su lugar de origen; la cruce con $\frac{1}{2}$ de Jala pudiera ser suficiente para conseguir una buena adaptación a las condiciones locales, pero quizá no exprese la misma longitud de mazorca de Jala; hace falta incluir las retrocruzas para determinar cuál es la proporción con el mejor comportamiento.

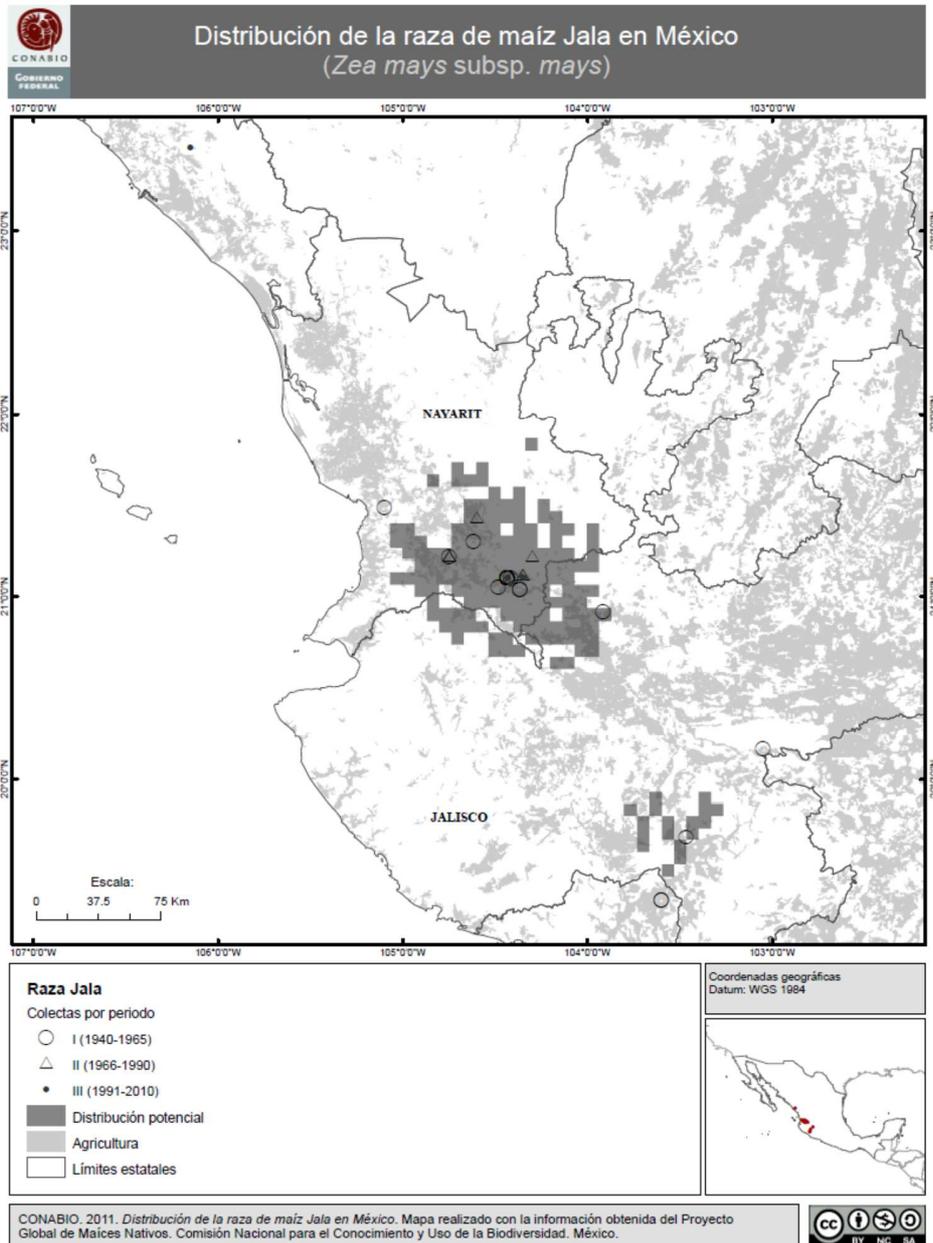


Figura 1. Distribución de la raza de maíz Jala en México. Sitios donde ha sido colectada y áreas de distribución potencial (Conabio, 2011).

México posee una gran diversidad de maíces (*Zea mays* L.), donde cada tipo está adaptado a condiciones ambientales específicas (Muñoz, 2005). De acuerdo al Proyecto Latinoamericano de Maíz (LAMP, 1991) en nuestro país contamos con 65 razas. La raza Jala ha sido cultivada exclusivamente en el Valle de Jala, Nayarit, México durante siglos (Aguilar-Castillo *et al.*, 2006), pero actualmente ocupa una superficie no mayor a 30 hectáreas (López *et al.*, 2017) esto debido a que se han introducido otras variedades de maíz que tienen menor longitud de mazorca, pero que dan mayor volumen de cosecha de grano, adaptadas a la cosecha mecánica, con ciclo de vida más corto, mayor resistencia a enfermedades y plagas y más resistentes al acame, es decir a ser derribadas por el viento, lo que causa pérdidas por pudrición al contacto con suelo húmedo.

De acuerdo con Kempton (1924), en 1907 el Valle de Jala contaba con alrededor de 300 ha de maíz nativo, cuyas plantas superaban los 6 m de altura y producían mazorca con longitudes superiores a los 50 cm. La mazorca del maíz Jala se reconoce mundialmente como la de mayor tamaño, hasta 60 cm de longitud y su planta es de gran altura, con más de 5 m (Kempton, 1924; Rice *et al.*, 2006), y muy tardía a la cosecha, siete u ocho meses, con poca adaptabilidad (Figura 1) (Valdivia *et al.*, 2010). En los últimos 15 años esta raza ha sufrido grave deriva genética (extinción aleatoria de alelos en poblaciones pequeñas y en contraparte fijación de otros alelos con incremento en la proporción de homocigosis), lo que ha provocado una reducción dramática en la longitud de mazorca y grano (Aguilar-Castillo *et al.*, 2006; Montes-Hernández *et al.*, 2014).

Aguilar-Castillo *et al.* (2006) determinaron la diversidad morfológica de esta raza en dos localidades: Jala, Nayarit y Montecillo, Estado de México, para lo cual utilizaron 252 familias de una población compuesta de colectas recientes y antiguas denominada "Jala recuperado". Encontraron una amplia variación fenotípica en la que longitud y diámetro de elote y longitud de grano permitieron describir razonablemente la diversidad en los dos ambientes. Determinaron una longitud media de mazorca cercana a 21 cm con un máximo de 36. Concluyen que la variación observada es un continuo de las características típicas descritas para esta raza y que la diversidad ha sido influida por el constante flujo genético entre poblaciones y por restricciones en humedad y nutrientes a los que ha sido sometida esta raza en su proceso evolutivo.

Valdivia *et al.* (2010) evaluaron aptitud combinatoria (capacidad de un progenitor para producir descendencia sobresaliente al cruzarse con otros) en cruces de maíz Jala con variedades comerciales eloterías: tres criollos (Mecatán, Morado y Jala) y

tres híbridos comerciales ('A7573', 'D880' y 'B810'). Se aplicó un esquema de cruzamiento dialélico completo (todas las cruzas posibles entre un grupo de progenitores), de acuerdo con el modelo I de Griffing y la evaluación se realizó en dos fechas de siembra. El análisis de varianza detectó significancia ($P \leq 0.05$) para rendimiento de elote, número total de granos, número de hileras en el elote, peso de 200 granos de elote, días a floración, contenido de sólidos solubles totales, vida de anaquel y diámetro del elote. La aptitud combinatoria general fue significativa ($P \leq 0.05$) en todas las variables, excepto en rendimiento. Las variables con significancia para la aptitud combinatoria específica fueron rendimiento, sólidos solubles totales, vida de anaquel y días a floración. Los efectos aditivos (heredables, modificables por selección) fueron más importantes que los no aditivos (poco heredables, no modificables por selección; aprovechables sólo en la primera generación de un cruzamiento); por tanto, los métodos de selección recurrente serían más apropiados para el desarrollo de variedades eloterías mejoradas de polinización libre. Concluyen que el maíz criollo Jala puede aportar efectos genéticos favorables para el desarrollo de variedades o híbridos eloteríos.

Montes-Hernández *et al.* (2014) determinaron variación fenotípica *in situ* entre 18 poblaciones actuales de esta raza evaluadas en tres localidades. Las variables con mayor influencia en dicha variación fueron longitud de mazorca, altura de planta y altura de mazorca. Concluyen que existe poca variación fenotípica entre poblaciones que presupone una base genética reducida y común.

Andrío-Enríquez *et al.* (2015) evaluaron cruzas dialélicas entre diez razas de maíz: Tepecintle, Tuxpeño, Jala, Pepitilla, Ancho, Celaya, Dulce, Reventador, Bolita y Tabloncillo. Los efectos genéticos aditivos fueron más importantes y contribuyeron en mayor proporción que los efectos no aditivos. Las razas Tuxpeño y Jala mostraron los mayores estimadores para la floración. Para longitud de mazorca la raza con el mayor estimador fue Jala; las cruzas Dulce por Jala y Jala por Bolita presentaron los valores más altos.

Antuna *et al.* (2017) evaluaron cruzas dialélicas entre cinco razas de maíz: Jala, Tuxpeño, Celaya, Pepitilla y Dulce. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.01$) entre los genotipos, así como para los efectos de aptitud combinatoria general en todas las variables, excepto en el rendimiento de materia seca. En aptitud combinatoria específica, la altura de planta y los días a floración femenina no mostraron diferencias significativas. Las cruzas Pepitilla x Dulce y Jala x Tuxpeño y los progenitores Jala y Celaya fueron los materiales de mejor potencial de rendimiento de materia seca y rendimiento de

grano. La altura de planta, los días a floración masculina, los días a floración femenina y el rendimiento de grano estuvieron determinados por efectos genéticos aditivos, en tanto que el rendimiento de materia seca estuvo bajo el control de acción génica no aditiva.

López *et al.* (2017) evaluaron 14 poblaciones: cinco colectas de productores de la región de Jala, siete poblaciones Jala semi mejoradas y dos híbridos varietales con 50% de germoplasma de Jala como testigos para rendimiento. El experimento se estableció en condiciones de secano en cinco localidades. Entre localidades la longitud de mazorca varió de 17.7 a 20.7 cm, y entre poblaciones de 17.1 a 20.8 cm. Ninguna de las poblaciones tuvo la longitud de mazorca característica de la raza Jala, por lo que proponen aumentar ésta mediante la selección recurrente de mazorcas largas.

De lo anteriormente citado se concluye que la raza de maíz Jala tiene variabilidad genética reducida pero que puede ser utilizada como donadora de mayor longitud de mazorca o sometida a selección recurrente a favor del mismo carácter.

Materiales y métodos

La siembra experimental se realizó en el ejido de Tiríndaro, dentro de la Ciénega de Zacapu, Michoacán el 20 y 23 de abril de 2016. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones en dos localidades y dos densidades de siembra: 50 mil y 37 mil plantas por hectárea, que de acuerdo a la densidad en las siembras comerciales en la región se consideran respectivamente media y baja. La distancia entre surcos fue de 80 cm y la parcela experimental fue de dos surcos con 11 matas de dos plantas. La distancia entre matas fue de 50 cm para la mayor densidad y de 67 cm para la menor densidad. La dosis de fertilización fue 150-90-00 N-P-K, basada en recomendaciones del INIFAP (Arroyo *et al.*, 2001; Vallejo *et al.*, 2004) y en resultados de análisis de suelo; aplicando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno a la siembra con un equivalente a 200 kg por hectárea de fostato diamónico 18-46-00 (92 unidades de fósforo y 36 de nitrógeno) y urea 46-00-00 en un equivalente a 85 kg por hectárea (39 unidades de nitrógeno) para completar $39 + 36 = 75$ kg de nitrógeno y la otra mitad del nitrógeno cincuenta días después, aplicando un equivalente a 160 kg de urea por hectárea.

Se midieron días a floración masculina por cada repetición de cada tratamiento cuando el 50% de las plantas había expuesto las anteras e iniciado el derrame de polen; luego, al momento del secado de planta se midió en una muestra de seis

plantas en competencia completa y de una sola mazorca (sin cuateo) altura de planta y mazorca en cm, peso de mazorca en gr ajustado al 14% de humedad, longitud de mazorca en cm, diámetro de mazorca en mm, número de hileras de grano y de granos por hilera en la mazorca, porcentaje de llenado de mazorca en grano y porcentaje de grano libre de daños por enfermedades o plagas.

Los datos fueron analizados con el paquete estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2015). El porcentaje de llenado de mazorca y de granos libres de daños fueron transformados a arcoseno raíz cuadrada de porcentaje para normalizarlos. Se aplicó análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey a nivel 0.05.

Resultados y discusión

En la tabla 1 se muestran los resultados del análisis de varianza combinado. Para días a floración masculina solamente hubo diferencias entre los tratamientos, esto era esperado por la fuerte diferencia entre los dos progenitores originales. Fue clara la tendencia a los valores intermedios en la cruce ($\frac{1}{2}$ Jala) y las retrocruzas ($\frac{3}{4}$ Jala y $\frac{1}{4}$ Jala) respecto a sus padres. El mayor valor medio correspondió al maíz Jala con 118 días y el menor al progenitor criollo mejorado con 89.

Este resultado corresponde al hecho de que la raza Jala es muy tardía (Valdivia *et al.*, 2010). Antuna *et al.* (2017) reportan 82 días y López *et al.* (2017), 84.5 días a floración masculina. La diferencia con este estudio debe ser porque la presente evaluación se llevó a cabo en una altitud de 2000 m snm, mientras que los otros dos autores trabajaron en altitudes cercanas a 1100 m. El alargamiento del ciclo de vida con la mayor altitud en el sitio de evaluación no es problema cuando el objetivo es la producción de elote, porque éste se cosecha antes de la madurez y no hay riesgo de que no complete su ciclo antes del final de la época de lluvias y de la ocurrencia de las primeras heladas. No hubo efecto ambiental sobre esta variable, ni por localidad ni por densidad de siembra, así como tampoco hubo efecto de interacción entre genotipos y ambiente.

Para altura de mazorca tampoco hubo diferencias entre localidades pero sí la hubo entre tratamientos y entre densidades y hubo efecto de interacción entre ambos, lo que significa que hay efecto ambiental en la expresión de los tratamientos. La mayor altura media corresponde a Jala con 2.24 m y la menor al testigo con 1.53. Montes-Hernández *et al.* (2014) en grupos de poblaciones de Jala obtuvieron promedios de entre 1.65 a 2.09 m y López *et al.* (2017) de 1.88 m. Para altura de planta, carácter

Longitud de mazorca en cruza de maíz Jala con una variedad criolla mejorada

TABLA 1

Cuadrados medios y significancia de la evaluación de cruza y retrocruzas de la variedad Jala con un criollo mejorado. Ciénega de Zacapu, Mich. 2016.

F de V	Fl Masc	Alt M	Alt P	Peso M	Long M
Loc	2.82 ns	1.7E-04 ns	0.05 ns	100133.71 **	168.78 **
rep(Loc)	13.87 ns	0.01 ns	0.01 ns	11925.12 *	4.78 ns
Trat	1671.44 **	6.89 **	5.81 **	269027.54 **	242.63 **
Dens	0.02 ns	0.22 **	2.2E-03 ns	5776.01 ns	57.20 **
Loc*trat	5.11 ns	0.02 ns	0.02 ns	8812.59 ns	3.32 ns
Loc*dens	8.82 ns	2.5E-03 ns	0.07 ns	162.68 ns	3.91 ns
Trat*dens	1.64 ns	0.08 *	0.18 **	25624.36 **	16.18 ns
C V	3.68	8.61	6.24	28.51	13.58

F de V	Diám M	Hil Gr	GPH	A Llen M	A GSD M
Loc	226.42 **	2.50 ns	406.41 **	541.75 ns	335.98 ns
rep(Loc)	3.29 ns	3.32 ns	50.07 ns	943.93 **	82.50 ns
Trat	523.52 **	173.57 **	668.58 **	22130.10 **	514.36 **
Dens	24.28 ns	1.60 ns	0.06 ns	1122.61 **	744.11 **
Loc*trat	70.14 **	16.87 **	79.44 *	351.26 ns	450.54 **
Loc*dens	0.85 ns	2.18 ns	1.81 ns	218.15 ns	0.13 ns
Trat*dens	117.85 **	10.12 *	213.95 **	419.24 *	265.49 *
C V	7.5	13.41	14.52	18.36	12.31

F de V: fuentes de variación; Loc: localidades; rep: repeticiones; Trat: tratamientos; Dens: densidad de siembra; C V: coeficiente de variación; Fl Masc: días a floración masculina; Alt M: Altura de mazorca; Alt P: Altura de planta; Peso M: peso de mazorca; Long M: longitud de mazorca; Diám M: diámetro de mazorca; Hil Gr: número de hileras de grano de la mazorca; GPH: Número de granos por hilera; A Llen M: Arcoseno de porcentaje de llenado de mazorca; A GSD M: Arcoseno de porcentaje de grano de la mazorca libre de daños por enfermedades o plagas.

asociado al anterior, tampoco hubo efecto de localidades, e incluso tampoco entre densidades, pero sí hubo interacción entre tratamientos y densidades. Esto significa que la longitud de la planta por arriba de la mazorca puede tener un patrón de variación algo diferente a la longitud por debajo de la misma. La mayor media corresponde también a Jala con 3.52m y la menor al testigo con 2.77m. Estos valores son muy cercanos a los de Wellhausen (1978) que informa una altura de planta de 3.10m para la raza Jala, Montes-Hernández *et al.* (2014), con valores entre 2.98 y 3.39 m, Antuna *et al.* (2017) con 2.60 m y López *et al.* (2017) con 3.15 m. La mayor altura de mazorca y planta son una desventaja de la raza Jala y han influido en su desplazamiento por otros maíces reportado en su lugar de origen (Valdivia *et al.*, 2010). Esta mayor altura la hace más susceptible al acame (ser derribada por el viento) y dificulta y encarece la cosecha. Esto último se compensa con el mayor precio al que se vende el elote en relación con el grano para consumo general.

Para el peso de la mazorca sí hubo diferencias entre localidades y entre tratamientos. Extrañamente no hubo efecto de la densidad de siembra, lo que pudiera estar influido por el deficiente llenado de mazorca del maíz con genes de Jala, con varios huecos sin grano, sin embargo, sí hubo efecto de interacción entre tratamientos y densidades. El mayor promedio de peso lo tuvo $\frac{1}{2}$ Jala con 271 g y el menor fue para Jala con 118 g, valor similar al obtenido por López *et al.* (2017) de 104 g. Las deficiencias en el llenado de la mazorca podrían ser consecuencia de la fuerte asincronía floral, observada en el presente estudio y reportada por Antuna *et al.* (2017) de 13 días de diferencia entre la floración masculina y la femenina. Esto es una desventaja fuerte de la variedad Jala, pero que es anulada cuando se cruza con el criollo mejorado local. Para éste carácter hubo efecto de interacción de tratamientos con densidades de siembra, lo que también puede estar influido por la deficiencia en el llenado de mazorca. El mayor peso de la mazorca en $\frac{1}{2}$ Jala incluso pudiera ser un efecto heterótico. Hacen falta estudios adicionales al respecto.

Para longitud de mazorca, quizá el carácter de mayor importancia en la comercialización de elote, hubo diferencias significativas entre localidades, entre tratamientos y entre densidades de siembra; Jala, $\frac{1}{2}$ de Jala y $\frac{3}{4}$ de Jala fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores a $\frac{1}{4}$ de Jala, que a su vez fue superior al testigo; hubo mayor longitud de mazorca ($p < 0.05$) a la menor densidad de siembra (Figura 2). La mayor longitud media fue para Jala con 21.5 cm, seguido por $\frac{1}{2}$ Jala con 20.9, y la menor para el testigo con 17 cm. Son valores inferiores a los que reporta Wellhausen *et al.* (1951) de 34.5 cm; Wellhausen (1978) de 30.5 cm; y

Longitud de mazorca en cruces de maíz Jala con una variedad criolla mejorada

similares a otros valores en la bibliografía: Aguilar-Castillo *et al.* (2006) de 18.1 a 24.3 cm; Montes-Hernández *et al.* (2014) de 18 a 22 cm y López *et al.* (2017) de 19.3 cm.

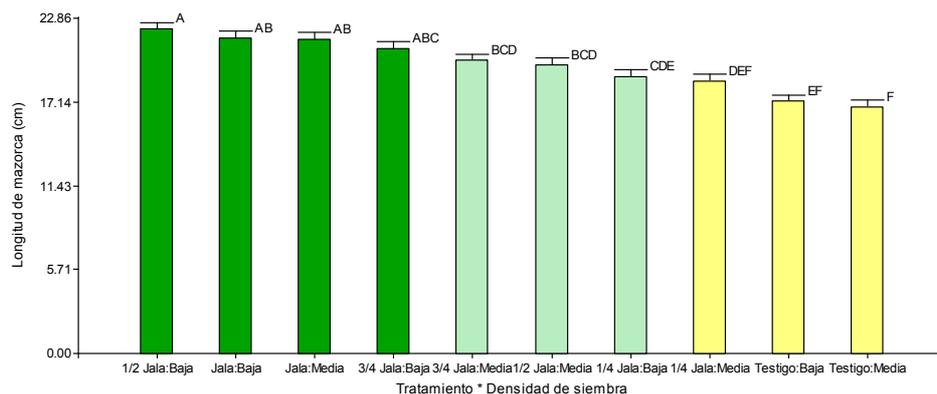


Figura 2. Longitud de la mazorca en cm y significancia estadística (Tukey 0.05) en los tratamientos evaluados en dos densidades de siembra: Media, 50 000 plantas ha⁻¹ y baja, 37 000 plantas ha⁻¹. N = 360. Ejido Tirindaro, Ciénega de Zacapu, Michoacán, 2016.

La diferencia con Wellhausen, la cita más antigua, la atribuyen Valdivia-Bernal *et al.* (2010) a una fuerte erosión (deriva) genética al reducirse la superficie cultivada a solamente 30 hectáreas en el Valle de Jala, mientras que López *et al.* (2017) dicen que la mayor longitud de mazorca sólo se expresa en el Valle de Jala, Nayarit. También se ha mencionado en diferentes foros que el concurso por el elote más grande del mundo, que se celebra cada año en agosto, está contribuyendo a disminuir el tamaño de la mazorca porque los ejemplares de mayor longitud son cosechados para buscar el primer lugar y su semilla muere en estado inmaduro, eliminándose los genotipos sobresalientes.

Para el presente estudio la colecta de mazorcas de esta raza llevada a cabo en su lugar de origen, se limitó a mazorcas con una longitud mínima de 30 cm; luego se sembró en la Ciénega de Zacapu y fueron seleccionadas las mazorcas que conservaron dicha longitud y con el mayor llenado de grano posible. Para la producción de elote en el sitio de evaluación, el tratamiento 1/2 Jala es estadísticamente superior al testigo y eso genera una opción viable de explotación comercial.

Por otra parte la media de longitud de mazorca de 1/2 Jala fue mayor que la mediana (Figura 3) y su tercer y cuarto cuartil son superiores a los de Jala, lo que significa

que el porcentaje de elotes de mayor tamaño es más alto, esto es, mayor porcentaje de elotes aprovechables.

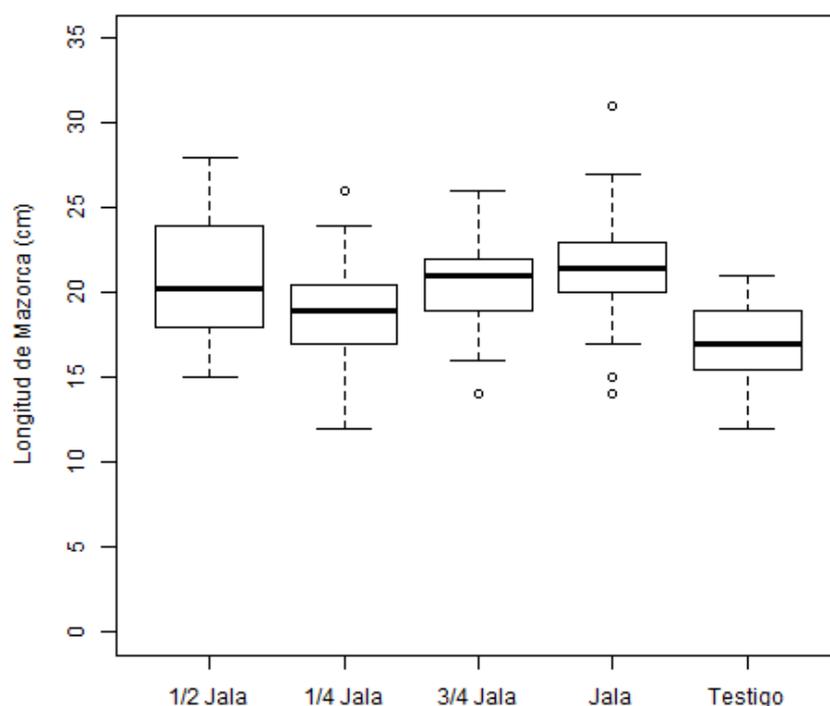


Figura 3. Diagrama de caja para longitud de mazorca en cm en los tratamientos evaluados. N = 360. Ejido Tirindaro, Ciénega de Zacapu, Michoacán, 2016.

Para diámetro de mazorca, hubo diferencias entre localidades y entre tratamientos; también hubo interacción de tratamientos con localidades y con densidad de siembra, que implica que el ambiente afecta la expresión del genotipo. El mayor diámetro correspondió a 1/4 Jala con 56 mm siendo estadísticamente igual al del testigo y el menor a Jala con 49, estadísticamente inferior a los otros cuatro tratamientos. Esto refleja el hecho de que el progenitor criollo mejorado testigo tiene mazorcas de mayor diámetro que Jala, y si 1/4 Jala fue numéricamente superior, pudiera apoyar la idea de un efecto heterótico. Este valor es inferior a 59 mm que reportan Wellhausen *et al.* (1951) y Wellhausen (1978), pero similar al de Aguilar-Castillo *et al.* (2006) de 45 a 54 mm y de López *et al.* (2017) de 48 mm. Igual que para longitud de mazorca, para su diámetro se hace presente una disminución en

las referencias más recientes. Este carácter también influye en la aceptación del consumidor, pero en menor medida que la longitud.

Para hileras de grano no hubo diferencias entre localidades ni entre densidades de siembra. Sí hubo diferencias entre tratamientos y también hubo efecto de interacción de tratamientos con localidades y con densidades. Los dos progenitores originales contrastan en este carácter y eso explica la diferencia entre tratamientos. La interacción con localidades y densidades indica el efecto ambiental en la expresión del carácter. La media mayor correspondió al testigo criollo mejorado con 16.1 y la menor a la raza Jala con 12.4, siendo estadísticamente diferentes. Las retrocruzas fueron intermedias respecto a sus progenitores. Wellhausen *et al.* (1951) y Wellhausen (1978) reportan para Jala 14.7 hileras y Aguilar-Castillo *et al.* (2006) de 11.4 a 13.4 hileras. La media del presente estudio coincide con éste último autor y es numéricamente menor a la reportada inicialmente, probablemente influida por la erosión genética de la raza Jala (Valdivia *et al.*, 2010).

Para número de granos por hilera hubo diferencias entre localidades y entre tratamientos, así como efecto de interacción de tratamientos con localidades y densidades. Es el mismo comportamiento que en los dos caracteres anteriores. El mayor valor medio fue de $\frac{1}{2}$ Jala con 39.5 y el menor para Jala con 31.4 granos por hilera; el testigo tuvo un valor intermedio. Aquí también se puede pensar en la posibilidad de heterosis. Estos valores son inferiores a los reportados en la raza Jala por Montes-Hernández *et al.* (2014) de 39 a 44 granos, y López *et al.* (2017) de 34.3 granos y que fueron obtenidos en evaluaciones de dicha raza *in situ*.

Para el llenado de mazorca con grano hubo diferencias entre tratamientos y entre densidades, así como efecto de interacción entre ambos. También hubo diferencias entre repeticiones dentro de localidades. Esto puede ser producto del grado de asincronía floral de la raza Jala creciendo *ex situ*. Jala tuvo el menor llenado de mazorca (Figura 4), de 43 % seguido por $\frac{3}{4}$ de Jala con 87 %. $\frac{1}{2}$ Jala, Testigo y $\frac{1}{4}$ Jala fueron los de mayor llenado de mazorca y estadísticamente iguales entre sí y diferentes de Jala y de $\frac{3}{4}$ Jala. Es clara la influencia de Jala en la deficiencia de llenado de mazorca.

Para porcentaje de granos libres de daños hubo diferencias entre tratamientos y entre densidades; también hubo efecto de interacción de tratamientos con localidades y con densidades. El mayor porcentaje de granos dañados ocurrió a la mayor densidad de siembra, lo que es común por el mayor nivel de humedad en esa condición. El menor porcentaje de granos sin daños correspondió a $\frac{3}{4}$ de Jala

Longitud de mazorca en cruces de maíz Jala con una variedad criolla mejorada

con 87.9%, y es significativamente inferior al de los otros cuatro tratamientos; el mayor lo tuvo el testigo con 94.5%, lo que era de esperarse porque este último está en su zona de adaptación. ½ Jala está prácticamente empatando al testigo con 94.3%, lo que lo hace muy adecuado para su explotación comercial.

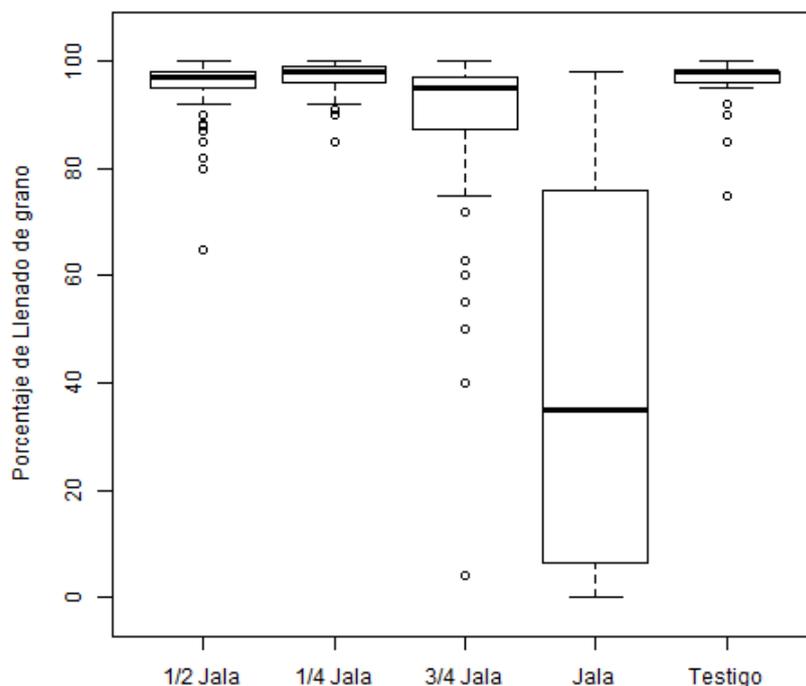


Figura 4. Diagrama de caja para porcentaje de llenado de grano en la mazorca. N = 360. Ejido Tirindaro, Ciénega de Zacapu, Michoacán, 2016.

Conclusiones

La raza Jala contribuyó a incrementar la longitud de la mazorca al cruzarse con el maíz criollo mejorado local; ½ Jala superó al testigo en 23%. ½ Jala fue el tratamiento con mayor peso de mazorca y más granos por hilera; por llenado de mazorca, porcentaje de granos sin daños, así como longitud y diámetro de mazorca está dentro del primer grupo de significancia. ½ Jala tuvo valores intermedios a ambos progenitores para días a floración masculina, altura de mazorca y planta y número de hileras de grano. Aunque en la localidad de evaluación ½ Jala puede clasificarse como tardía, no hay problema para producir elotes porque la cosecha

ocurre en estado inmaduro. Una desventaja es su altura de mazorca, que lo hace más susceptible al acame y que incrementa el costo de la cosecha. Las retrocruzas hacia ambos progenitores son inferiores a ½ Jala por peso de mazorca y número de granos por hilera, lo que pudiera indicar un efecto heterótico que habría que investigar. La menor densidad de siembra favoreció el mayor tamaño de mazorca y mayor porcentaje de granos libre de daños por enfermedades o insectos.

Agradecimientos

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

Bibliografía

- Aguilar-Castillo, J. A., A. Carballo-Carballo, F. Castillo-González, A. Santacruz-Varela, J. A. Mejía-Contreras, J. Crossa-Hiriarte y G. Baca-Castillo. 2006. Diversidad fenotípica y variantes distintivas de la raza Jala de maíz. *Agric. Téc. Méx.* 32:57-66.
- Andrio-Enríquez, E., F. Cervantes-Ortiz, J. G. Rivera-Reyes, L. P. Guevara-Acevedo, S. A. Rodríguez-Herrera, G. Rodríguez-Pérez, J. A. Rangel-Lucio y M. Mendoza-Elos. 2015. Aptitud combinatoria y efectos maternos en razas de maíz mexicanas por el modelo I de Griffing. *Chilean Jour. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia.* 31(1):5-14
- Antuna G., O, S. A. Rodríguez H., A. Espinoza B., P. Cano R., G. Llaven V., J. L. Coyac R., A. González T., D. G. Reta S., M. Mendoza E. y E. Andrio E. 2017. Componentes genéticos de caracteres agronómicos en razas de maíz y sus progenies híbridas. *FYTON* 86: 246-251.
- 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.
- 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>.
- 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.

- Kempton, J.H. 1924. Jala maize: a giant variety from Mexico. *Journal of Heredity*, 15:337-344.
- Latin American Maize Project (LAMP). 1991. Catálogo de Germoplasma de Maíz. Tomo II. 678 pp.
- López G., J. A., J. A. Aguilar C., J. J. García Z., R. Lobato O. y P. Sánchez G. 2017. Comportamiento agronómico de poblaciones de maíz raza Jala en Nayarit y Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8 (7): 1537-1548.
- Montes-Hernández, L. A., J. A. Hernández-Guzmán, H. López-Sánchez, A. Santacruz-Varela, H. Vaquera-Huerta y R. Valdivia-Bernal. 2014. Expresión fenotípica *in situ* de características agronómicas y morfológicas en poblaciones del maíz raza Jala *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 37 (4): 363 – 372.
- Muñoz, O. A. 2005. Centli maíz. Ed. América. 2da edición. México, D. F. 210 p.
- Ortiz-Cereceres, J., R. Ortega-Paczka, J. Molina-Galan, 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.
- Rice, E. B., M. E. Smith, S. E. Mitchell and S. Kresovich. 2006. Conservation and change: a comparison of *in situ* and *ex situ* conservation of Jala maize germplasm. *Crop Sci.* 46(1):428-436.
- 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
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2018c). Anuario Estadístico de la producción agrícola 2016. http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/ Consulta: mayo 2, 2018.
- 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.

- Valdivia B., R., F. J. Caro V., R. Medina T., M. Ortiz C., A. Espinosa C., V. A. Vidal M. y A. Ortega C. 2010. Contribución genética del criollo Jala en variedades eloterías de maíz. *Fitotec. Mex.* 33(4):63-67.
- 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.
- Wellhausen, E. J., L. M. Roberts, E. Hernández X. y P. C. Mangelsdorf. 1951. Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución. Folleto técnico número 5. Sría. de Agricultura y Ganadería. Oficina de Estudios Especiales. México, DF. 237 pp.
- Wellhausen, E. J. 1978. Recent developments in maize breeding in the tropics. En: Walden D. B. (ed.), pp: 59-84. *Maize Breeding and Genetics*. John Wiley & Sons, USA.