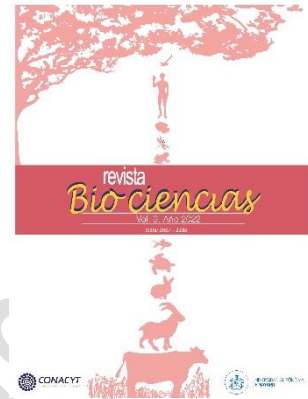


# Accepted Manuscript / Manuscrito Aceptado



Title Paper/Título del artículo:

Poblaciones de maíz seleccionadas para calidad de elote a partir de un compuesto de maíz de la raza jala

Maize populations selected for fresh corn ear quality from a composite of race jala maize

Authors/Autores: Rojas-Polanco, A., Aguilar-Castillo, J. A., Valdivia-Bernal, R., Vidal-Martínez, V. A., Juárez-Rosete, C. R., Ruelas-Hernández, P. G.

ID: e1339

DOI: <https://doi.org/10.15741/revbio.09.e1339>

Received/Fecha de recepción: March 17<sup>th</sup> 2022

Accepted /Fecha de aceptación: October 05<sup>th</sup> 2022

Available online/Fecha de publicación: November 15<sup>th</sup> 2022

Please cite this article as/Como citar este artículo: Rojas-Polanco, A., Aguilar-Castillo, J. A., Valdivia-Bernal, R., Vidal-Martínez, V. A., Juárez-Rosete, C. R., Ruelas-Hernández, P. G. (2022). Maize populations selected for fresh corn ear quality from a composite of race jala maize. *Revista Bio Ciencias*, 9 e1339. <https://doi.org/10.15741/revbio.09.e1339>

This is a PDF file of an unedited manuscript that has been accepted for publication. As a service to our customers we are providing this early version of the manuscript. The manuscript will undergo copyediting, typesetting, and review of the resulting proof before it is published in its final form. Please note that during the production process errors may be discovered which could affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Este archivo PDF es un manuscrito no editado que ha sido aceptado para publicación. Esto es parte de un servicio de *Revista Bio Ciencias* para proveer a los autores de una versión rápida del manuscrito. Sin embargo, el manuscrito ingresará a proceso de edición y corrección de estilo antes de publicar la versión final. Por favor note que la versión actual puede contener errores de forma.

**POBLACIONES DE MAÍZ SELECCIONADAS PARA CALIDAD DE ELOTE A  
PARTIR DE UN COMPUESTO DE MAÍZ DE LA RAZA JALA**

**MAIZE POPULATIONS SELECTED FOR FRESH CORN EAR QUALITY FROM  
A COMPOSITE OF RACE JALA MAIZE**

**Calidad de elote raza Jala  
Fresh corn ear quality Jala race**

**Rojas-Polanco, A.** <sup>1</sup>(ORCID ID 0000-0003-4376-6746), **Aguilar-Castillo, J. A.** <sup>1\*</sup> (ORCID ID 0000-0003-4994-9084), **Valdivia-Bernal, R.** <sup>1</sup> (ORCID ID 0000-0003-3428-1827), **Vidal-Martínez, V. A.** <sup>2</sup>. (ORCID ID 0000-0003-0368-3524), **Juárez-Rosete, C. R.** <sup>1</sup> (ORCID ID 0000-0001-6186-39940), **Ruelas-Hernández, P. G.** <sup>1</sup> (ORCID ID 0000-0002-6366-6251).

<sup>1</sup>Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. <sup>2</sup>INIFAP  
Campo Experimental Santiago Ixcuintla

\* **\*Corresponding Author:** J. A. Aguilar-Castillo. Carretera Tepic-Compostela Km. 9. C. P. 63780, Xalisco, Nayarit. Phone: 311 7407661. E-mail: [juan.aguilar@uan.edu.mx](mailto:juan.aguilar@uan.edu.mx) .  
<http://www.uan.edu.mx/es/unidad-academica-de-agricultura>

## **RESUMEN**

En México se carece de maíces eloteros mejorados a partir de maíces locales, por lo que se requieren estrategias de selección eficientes para mejorar los maíces nativos con características especiales. El objetivo del presente trabajo fue evaluar 16 poblaciones de maíz denominadas RC<sub>1</sub>F<sub>2</sub> seleccionadas para calidad de elote a partir de un compuesto de maíz de la Raza Jala (C<sub>1</sub>SMJ). La siembra se hizo en el año 2013 en condiciones de secano, en cuatro localidades del estado de Nayarit, bajo un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela útil fue de cuatro surcos de 5 m de largo y una distancia entre ellos de 0.80 m. Se midieron variables agronómicas y de calidad de elote. Las poblaciones

mejoradas RC<sub>1</sub>F<sub>2</sub> fueron tardías y de porte alto comparado con el híbrido elotero A-7573. En longitud de elote, el 25 % superó al A7573, mientras que en sólidos solubles un 69 % lo igualaron. En rendimiento de elote, el 58 % de las poblaciones mejoradas superaron al A-7573 en promedio con 2.156 t ha<sup>-1</sup>, lo que evidenció que las RC<sub>1</sub>F<sub>2</sub> evaluadas a partir de la selección familiar practicada en la variedad Jala (C<sub>1</sub>SMJ) favoreció la acumulación de alelos favorables para tamaño y calidad de elote.

**PALABRAS CLAVE:** *zea mays*, retrocruzas, grados Brix y rendimiento de elote.

## **ABSTRACT**

In Mexico, there is a shortage of fresh corn ears selected from landrace maize, so efficient selection strategies are required to improve native maize with special traits. Hence, the objective of the present work was to evaluate 16 maize populations named RC<sub>1</sub>F<sub>2</sub> selected for fresh corn quality from a composite of Raza Jala maize (C<sub>1</sub>SMJ). Planting was done in 2013, under rainfed conditions in four locations in the state of Nayarit, under a randomized complete block design with three replications. The useful plot consisted of four rows of 5 m long and 0.80 m between them. Agronomic and quality variables were measured. The improved populations RC<sub>1</sub>F<sub>2</sub> were late and tall compared to the hybrid A-7573. In corn length, 25% surpassed A-7573, while 69 % were equal in soluble solids. In yield of tender ears, 58 % of the improved populations surpassed A-7573 on average with 2.156 t ha<sup>-1</sup>, which showed that the RC<sub>1</sub>F<sub>2</sub> evaluated from the family selection practiced on the Jala variety (C<sub>1</sub>SMJ) favored the accumulation of favorable alleles for corn size and quality.

**KEY WORDS:** *Zea mays*, backcross, degrees Brix and yield tender maize

## **Introducción**

En México, el consumo de elote forma parte de los múltiples usos que tiene el maíz en la alimentación de los mexicanos, pues tiene tradición culinaria y muchas

festividades populares, puede consumirse asado, hervido, en sopas, budines o en conserva. Esta tradición ha sido heredada a los mexicanos por los pueblos mesoamericanos y las culturas prehispánicas desde hace cientos de años. Los indígenas mexicanos fueron quienes hicieron evolucionar el maíz, formaron las razas nativas y con cruzamientos interraciales dieron origen a las razas modernas, de las cuales se han obtenido los híbridos actuales de altos rendimientos (Márquez-Sánchez, 2008). En este sentido, las razas nativas de maíz que destacan como eloterías en el occidente de México son: Jala, Tabloncillo, Bofo, Harinoso de Ocho, Elotero de Sinaloa, Elotes Occidentales y Dulce (Ortega-Paczka, 2003; Ron-Parra *et al.*, 2006), las cuales fueron seleccionadas empíricamente por los agricultores mexicanos para este fin.

La producción de elote representa ventajas respecto a la producción de grano, se acorta el ciclo de producción, se evitan pudriciones en la mazorca, plagas de almacén y se puede aprovechar el resto de la planta para forraje (Ortiz-Torres *et al.*, 2013). En el año 2020 se sembró en México una superficie de 69 893 hectáreas de maíz para producción de elote con una producción de 947,998 toneladas y una media de producción de  $14.6 \text{ t ha}^{-1}$ ; los estados de Puebla (15,599 ha), Jalisco (8,105 ha) y Edo de México (4,907 ha) fueron los principales productores (SIAP, 2020).

Actualmente, en el país se carece de maíces mejorados especialmente para el mercado de elote, aunque los agricultores utilizan semillas nativas para abastecer los mercados locales, como es el caso de variedades de Cacahuacintle (Jasso-Bobadilla *et al.*, 2019; Osorio-Saenz *et al.*, 2019), Chalqueños y Elotes Cónicos en el centro de México (Osorio-Saenz *et al.*, 2019) o bien siembran híbridos comerciales de maíz con atributos propicios para su comercialización, tal es el caso del A-7573 de la empresa Monsanto para áreas más extensas (Andrés-Meza *et al.*, 2017).

En general, los fitomejoradores de maíz han hecho uso limitado de la diversidad que resguardan los agricultores mexicanos, ya que se trabaja principalmente con

cuatro razas de maíz, Chalqueño y Cónico para la Mesa Central, Celaya para el Bajío y Tuxpeño para la región del Golfo (Márquez-Sánchez, 2008); no obstante, existen 49 grupos raciales en México (Sánchez y Goodman, 1992), con una amplia posibilidad de uso para hacer mejoramiento genético con una calidad específica. En este sentido, Coutiño-Estrada *et al.* (2010a) identificaron en el estado de Chiapas maíces de la raza Tuxpeño con excelentes atributos para elote, en especial para longitud y sabor dulce por su contenido de azúcares (hasta 13.8 ° Brix). En tanto que Ortiz-Torres *et al.* (2013) observaron una alta variación en el rendimiento de elote y de otros indicadores de calidad entre poblaciones de maíz del Valle de Tehuacán, Puebla.

Al utilizar la diversidad de los maíces nativos de México se podría mejorar la calidad de elote a través de un esquema de selección recurrente intrapoblacional, el cual incrementa la frecuencia de genes para caracteres cuantitativos que se acumulan en los ciclos de selección (Hallauer *et al.*, 2010), como lo proponen Coutiño-Estrada *et al.* (2010b) en poblaciones nativas de la raza Tuxpeño y Valdivia-Bernal *et al.* (2010) en un maíz de la raza Jala, donde encontraron que los efectos aditivos fueron los más importantes para dulzor y longitud de elote en cruza dialélicas. Sin embargo, los atributos de calidad elotera son originados también por la amplia variabilidad del espesor del pericarpio y de la textura del almidón del endospermo (Paliwal *et al.*, 2001), por lo que se deberían considerar también como criterios de selección en un programa de mejoramiento genético.

Márquez-Sánchez (1990) propuso el método de mejoramiento por retrocruza limitada para utilizar e incrementar el rendimiento de grano en las poblaciones nativas de maíz, y consiste en cruzar variedades mejoradas (donador) con poblaciones nativas (recurrente) y posteriormente hacer sólo una retrocruza hacia la población original. Márquez-Sánchez *et al.* (2000) llamaron a estas poblaciones originales con retrocruza, variedades mejoradas  $\frac{3}{4}$  y señalan que existe una superioridad en rendimiento de grano hasta en un 25.6 % sobre sus contrapartes originales. Con esta metodología, Vázquez-Carrillo *et al.* (2003) formaron maíces

mejorados más rendidores que la variedad nativa original, hasta un 30 %, y cumpliendo con las especificaciones de calidad que tenía los maíces nativos. Actualmente, la información sobre variedades eloterias formadas a partir de algún esquema de mejoramiento genético donde se utilicen maíces nativos es limitada. En tanto que el esquema de retrocruza limitada propuesta por Márquez-Sánchez (1990) y aplicado por Márquez-Sánchez *et al.* (2000) y Vázquez-Carrillo *et al.* (2003) entre otros, se ha enfocado a elevar el rendimiento de grano con la utilización directa de los maíces nativos, sin pre-mejoramiento. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el potencial y calidad de elote de poblaciones de maíz formadas a partir de las mejores familias de medios hermanos de un compuesto de maíz de la raza Jala que se retrocruzaron con una variedad mejorada.

## **Material y Métodos**

### **Procedimientos y métodos de selección**

En el año 2009 se seleccionaron 64 familias de medios hermanos por tamaño de elote y estabilidad de un compuesto de maíz de la raza Jala denominado C<sub>1</sub>SMJ, mismas que se cruzaron con el probador TX UAN, que es una población mejorada de maíz que se obtuvo a través de selección masal. En el año 2010 se evaluaron y seleccionaron las mejores ocho cruzas de prueba (familias de medios hermanos x variedad mejorada) para alta aptitud combinatoria específica (ACE). En el año 2011 se cruzaron los mejores ocho mestizos con ACE hacia ambos progenitores (C<sub>1</sub>SMJ y TX UAN), para que en el año 2012 se avanzaron las ocho retrocruzas a la generación F<sub>2</sub> a través de cruzas fraternales, dando un total de 16 variedades denominadas RC<sub>1</sub>F<sub>2</sub> que fue la base para este estudio.

Los materiales genéticos se evaluaron en el ciclo primavera verano del 2013, en condiciones de secano, en cuatro localidades del estado de Nayarit. Las fechas de siembra fueron: el 13 de junio en Xalisco (21°25' 42.80"N y 104°53'22.06" O), el 2 de julio en Jala (21°05'31.92" N y 104°26'27.15" O), el 8 de julio en Tetitlán (21°08'12.06" N y 104°36'35.53"O) y 21 de julio en San José de Mojarras

(21°26'03.16" N y 104°35'26.90" O). En el ensayo se incluyeron como testigos a los progenitores TX UAN, el compuesto de maíz de la raza Jala (C<sub>1</sub>SMJ) y los híbridos comerciales A-7573 de la empresa Asgrow-Monsanto reconocido en el mercado nacional para la producción de elote (Valdivia-Bernal *et al.*, 2010) y el H-561 del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), el cual es resistente a pudriciones de mazorca y con excelentes características para la industria de las harinas nixtamalizadas (Coutiño-Estrada *et al.*, 2013).

El diseño experimental que se utilizó fue en bloques completamente al azar con tres repeticiones por localidad con una parcela útil de cuatro surcos de cinco metros por 0.80 cm de ancho, se sembraron dos semillas por golpe para luego dejar una planta, la densidad fue de 62 000 plantas ha<sup>-1</sup>. El manejo agronómico se hizo de acuerdo con las recomendaciones del INIFAP para el estado de Nayarit (Vidal-Martínez, 1993).

#### **Variables evaluadas en planta**

Las variables evaluadas fueron días a floración femenina (SD), masculina (TD), altura de planta (PH) y altura de mazorca (EH) en centímetros, de acuerdo con los descriptores de Carballo-Carballo y Benítez-Vázquez (2003).

#### **Pruebas para calidad de elote**

El tamaño de muestra fueron dos elotes por repetición elegidos aleatoriamente de la parcela útil. Los elotes cosechados se dejaron con su totomoxtle en una bodega a temperatura ambiente por 36 h para simular el tiempo de cosecha hasta el consumo. Después de este tiempo se procedió a obtener los datos de calidad. Los elotes de las variedades RC<sub>1</sub>F<sub>2</sub>, TX UAN, y JC<sub>1</sub>SM se cortaron en la etapa reproductiva R3, en tanto que los híbridos comerciales se hicieron en la etapa R4 (Lafitte, 1994). Lo anterior se hizo por las diferencias en las fechas de floración y llenado de grano de las variedades

Las variables para calidad fueron: longitud de pedúnculo en cm (PL), longitud de elote en cm (GEL), diámetro de elote en mm (GED) de acuerdo con los descriptores de Carballo-Carballo y Benítez-Vázquez (2003). También en dos repeticiones se determinó el peso fresco promedio de 100 granos, los que posteriormente fueron sometidos durante 72 horas a secado en una estufa a  $70 \pm 1$  °C obteniendo el peso seco de grano en g, con estos datos se calculó el porcentaje de humedad (MOI) según ecuación de Stubsgaard (1997), para cuantificar los sólidos solubles se extrajo el jugo de una muestra de 20 granos por elote (Ortiz-Torres *et al.*, 2013), que se colocó en un refractómetro digital ATAGO® , el resultado se expresó en grados Brix (BRI).

### **Rendimiento de elote (YI)**

En una muestra de tres elotes cortados aleatoriamente por unidad experimental, sin hojas y pedúnculo se determinó el rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ). Esto se hizo para evitar sesgos originados por las diferencias entre los órganos de los genotipos.

### **Análisis Estadístico**

Para cada variable se realizó un análisis de varianza combinado de localidades. Se consideró a los genotipos como de efectos fijos y a los ambientes como de efectos aleatorios probándose estos en la prueba de F contra el anidamiento de repeticiones dentro de ambientes, cuyo modelo fue:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + R_j(L_i) + G_k + L_i \times G_k + E_{ijk}$$

Donde  $Y_{ijk}$  = es el valor observado de la j-ésima repetición anidada en el i-ésima localidad del k-ésimo genotipo,  $\mu$  = efecto de la media general,  $L_i$  = efecto del i-ésima localidad,  $R_j(L_i)$  = efecto de la j-ésima repetición anidada a la i-ésima localidad,  $G_k$  = efecto del k-ésimo genotipo,  $L_i \times G_k$  = efecto de la interacción del i-ésima localidad del k-ésimo genotipo,  $E_{ijk}$  = efecto del error experimental. La información se analizó



con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS V.9.0 (SAS Institute, 2002) y también se hicieron pruebas de Tukey para la comparación de promedios.

## Resultados y Discusión

En el análisis de varianza combinado se detectó significancia ( $p \leq 0.01$ ) entre genotipos (Tabla 1), para siete de las variables analizadas: floración femenina, floración masculina, altura de plantas, altura de mazorcas, longitud de elote, grados Brix y rendimiento de elote. El diámetro de elote, longitud de pedúnculo y porcentaje de humedad no fueron significativos. El haber detectado diferencias estadísticas entre los genotipos indica la presencia de variación entre ellos, tal como lo han reportado otros autores (Coutiño-Estrada *et al.*, 2010a, Martín-López *et al.*, 2008), en trabajos similares.

Table 1. Mean squares of the combined analysis of variance for fresh corn ear quality and yield variables in Jala Race and controls

Tabla 1. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para las variables calidad y rendimiento de elote en poblaciones seleccionadas de un compuesto de maíz de la Raza Jala y sus testigos.

Variable	Loc	Re(Loc)	Gen	Gen x Loc	Error	CV %
SD	619.875**	2.194 <sup>ns</sup>	120.893**	3.750**	1.221	1.501
TD	644.572**	2.258 <sup>ns</sup>	124.374**	4.322**	1.389	1.561
PH	31099.408**	2531.700 <sup>ns</sup>	8124.111**	851.213**	677.680	9.080
EH	11694.722**	1079.250 <sup>ns</sup>	5726.866**	562.846 <sup>ns</sup>	469.301	15.295
GEL	115.569**	3.230 <sup>ns</sup>	16.859**	3.953 <sup>ns</sup>	3.403	8.753
GED	0.130 <sup>ns</sup>	0.128 <sup>ns</sup>	0.085 <sup>ns</sup>	0.072 <sup>ns</sup>	0.113	7.309
PL	32.903**	0.941 <sup>ns</sup>	4.712 <sup>ns</sup>	4.154 <sup>ns</sup>	3.175	28.847
BRIX	43.382**	3.115 <sup>ns</sup>	6.571**	2.439 <sup>ns</sup>	1.615	15.485
MOI	277.040 <sup>ns</sup>	104.050 <sup>ns</sup>	189.030 <sup>ns</sup>	58.947 <sup>ns</sup>	57.081	11.870
YI	71.395**	1.571 <sup>ns</sup>	7.754**	6.928**	0.839	6.193

Significant differences = \*\* ( $p \leq 0.01$ ); ns: not significant, respectively; Loc: locality; Gen: Genotype; Re(Loc): Repetition (Locality); Gen x Loc: Genotype x Locality; CV= Coefficient of variation.

Diferencias significativas = \*\* ( $p \leq 0.01$ ); ns: no significativos, respectivamente; Loc: localidades; Gen: Genotipo; Re(Loc): Repeticiones (Localidades); Gen x Loc: Genotipo x Localidad; CV= Coeficiente de variación.

Entre localidades (Tabla 1) hubo significancia ( $p \leq 0.01$ ) para las variables de: floración femenina, floración masculina, altura de planta, altura de mazorca, longitud de elote, longitud de pedúnculo, grados Brix y rendimiento de elote. El diámetro de elote y el porcentaje de humedad no tuvieron diferencias significativas. La significancia de las variables entre localidades corrobora la influencia del ambiente sobre los genotipos en el promedio general de la calidad del elote y su rendimiento, tal como lo observaron Ortiz-Torres *et al.* (2013).

La interacción Gen x Loc fue significativa ( $p \leq 0.01$ ) en cuatro variables: floración femenina, floración masculina, altura de planta y rendimiento de elote. Estas diferencias en el comportamiento de los genotipos a través de ambientes se deben tener en cuenta para no descartar variedades que pueden ser superiores en un ambiente determinado, como lo observaron López-Guzmán *et al.* (2018) en poblaciones de maíz Jala. No obstante, esta investigación fue contraria a lo observada en trabajos similares por Coutiño-Estrada *et al.* (2010b) y Martín-López *et al.* (2008) para la mayoría de las variables de calidad de elote.

Con respecto a floración femenina y masculina, la variedad C<sub>1</sub>SMJ fue estadísticamente ( $p \leq 0.05$ ) superior a los otros genotipos (Figura 1 A y B), las retrocruzas hacia el progenitor (C<sub>1</sub>SMJ) tuvieron una SD entre 73 y 76 días y una TD entre 75-78 días; en tanto que el grupo de variedades con  $\frac{3}{4}$  de TX UAN presentaron entre 71 a 74 días para SD y entre 72 a 76 días para TD (Figura 1 A y B). Estos resultados indican que el comportamiento que mostraron estos genotipos fue intermedio en comparación con sus progenitores. Los híbridos comerciales A 7573 y H-561 presentaron un comportamiento precoz, de 65 y 67 días,

respectivamente. Por ambientes se observó que las variedades fueron más precoces en San José de Mojarras que en las otras localidades, posiblemente por la fecha retrasada de siembra y la menor altitud de esta localidad (Figura 2 A y B). Las retrocruzas hacia las familias del progenitor C<sub>1</sub>SMJ (donante) fueron un 32 y 55 % más altas en planta y mazorca que los testigos comerciales (A- 7573 y el H- 561) pero un 21 y 27 % más bajas en planta y mazorca que la variedad C<sub>1</sub>SMJ que estadísticamente fue el genotipo más alto (Figura 1 C y D). Por su parte, las retrocruzas hacia el donador recurrente (TX UAN) fueron un 25 y 61 % más altas en planta y mazorca que los testigos comerciales que presentaron en promedio 227 y 97 cm, respectivamente. Estas variedades fueron muy parecidas en altura de planta al progenitor TX UAN; sin embargo, el 56 % de estas retrocruzas tuvieron una menor altura de mazorca (Figura 1 C y D), por lo que el mejoramiento genético logrado por retrocruza limitada utilizando familias de medios hermanos seleccionadas de la variedad C<sub>1</sub>SMJ fue efectivo para obtener variedades con mejores características agronómicas.

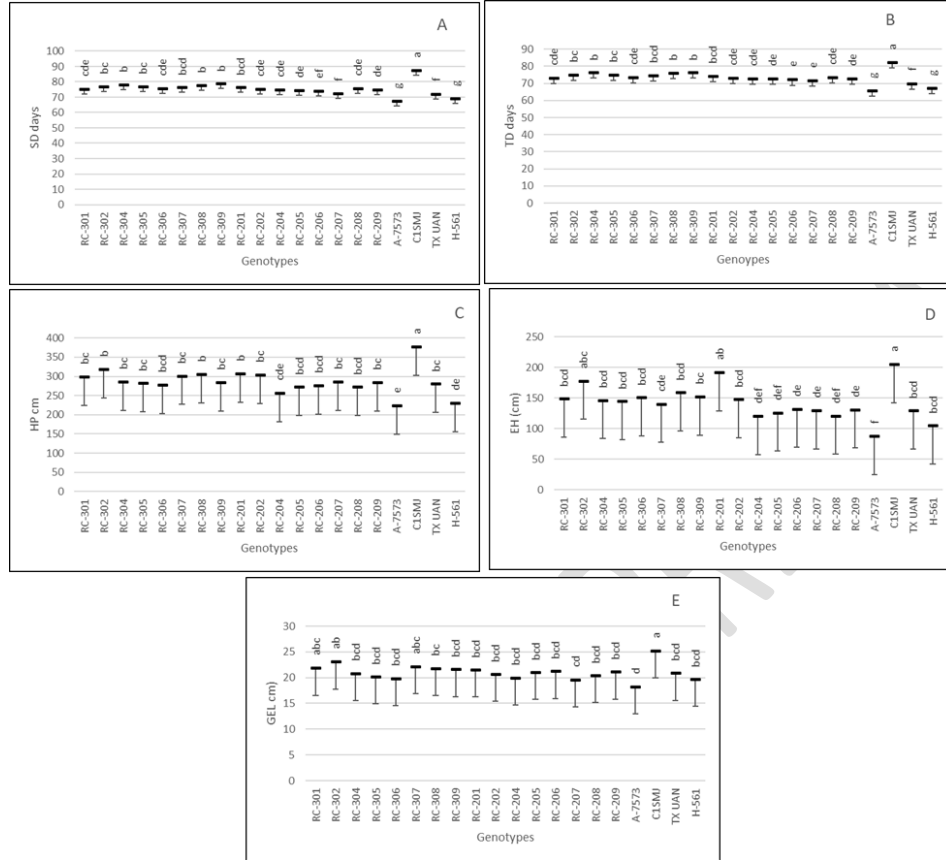


Figure 1. Silking days (A), Tassel days (B), Plant height (C), Ear height (D), and Fresh corn ear length (E) in maize population selected from a composite of race Jala. Means with the same letter are statically equal (Tukey, 0.05).

Figura 1. Días a floración femenina (A), Días a floración masculina (B), Altura de planta (C), Altura de mazorca (D) y Longitud de elote (E) en poblaciones de maíz seleccionadas de un compuesto de la Raza Jala. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

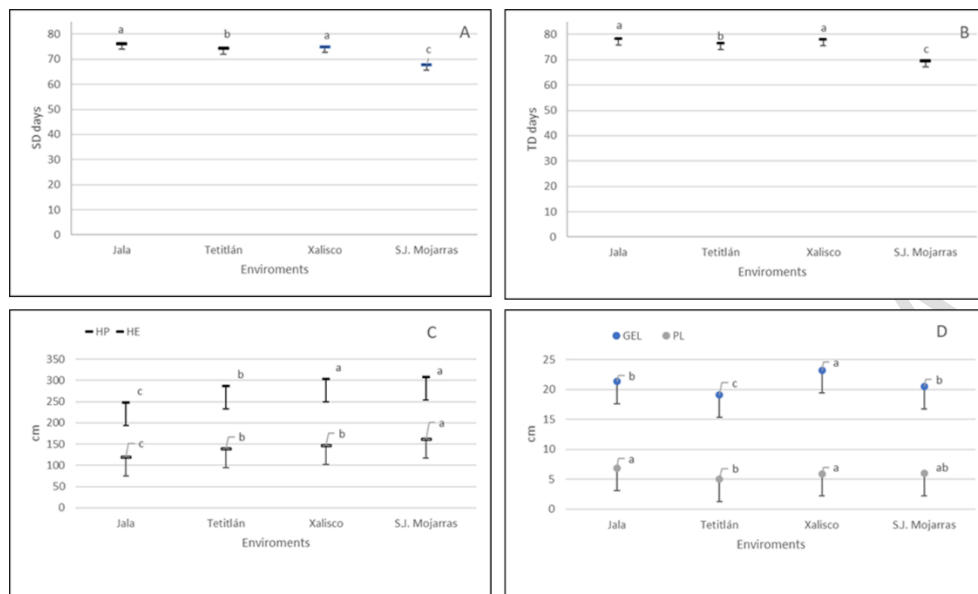


Figure 2. **Silking days (A), Tassel days (B), Plant and ear height (C), Fresh corn ear, and peduncle length (D) in environments.** Means with the same letter are statically equal (Tukey, 0.05).

Figura 2. **Días a floración femenina (A), Días a floración masculina (B), Altura de planta y mazorca (C). Longitud de elote y pedúnculo (D) en ambientes.** Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

El ambiente donde mejor se expresó la altura de planta y mazorca fue San José de Mojarra, con un promedio de 308 y 161 cm, respectivamente (Figura 1C y 1 D); mientras que en la localidad de Jala, la plantas presentaron menor porte, con una HP de 247 cm y HE de 120 cm, posiblemente por la escasa humedad y fertilidad que presentan sus suelos (Aguilar-Castillo y Carballo-Carballo, 2007).

En la variable longitud de elote, el progenitor C<sub>1</sub>SMJ fue el de mayor tamaño con un promedio de 25.2 cm, pero estadísticamente igual a las variedades RC- 302, RC- 307 y RC- 301. En tanto que el 25% de las retrocruzas superó estadísticamente al testigo (A-7573) que mostró los elotes más pequeños, con 18 cm de largo (Figura 1 E). Estos resultados indican que la selección en familias que se hizo en la

variedad C<sub>1</sub>SMJ hizo posible controlar mejor el carácter de longitud de mazorca; de ahí que sea importante hacer pre mejoramiento en las variedades nativas y posteriormente cruzarlas con maíces mejorados, como lo propuso Coutiño-Estrada *et al.* (2010a). Además, es de resaltar la importancia de la raza Jala como fuente de alelos para obtener variedades con mayor longitud de elote, como lo sugirió Valdivia-Bernal *et al.* (2010). En general, las retrocruzas evaluadas mostraron tamaños adecuados para el mercado de elote, pues según Tracy (2000) el tipo preferido de tamaño es de unos 20 a 23 cm. Con respecto a los ambientes, en Xalisco se obtuvieron los tamaños más grandes (23 cm) y en Tetitlán, el promedio más bajo (19 cm); lo anterior fue reflejo del comportamiento de las variedades en los ambientes de evaluación, como lo observaron Coutiño-Estrada *et al.* (2015) en variedades nativas de Chiapas.

En contenido de sólidos solubles, el 69 % de las retrocruzas fueron estadísticamente iguales a los testigos comerciales A-7573 y H-561, que presentaron los promedios más altos con 10.0 y 9.96 °Brix (Figura 3A). Las retrocruzas con 25 % de germoplasma de la variedad Jala obtuvieron en promedio mayor contenido de sólidos solubles (8.21 °Brix) que las formadas con 75 % de la variedad C<sub>1</sub>SMJ (7.6 °Brix). Los resultados fueron similares al que presentaron los progenitores, TX UAN y C<sub>1</sub>SMJ, pero muy diferentes a los valores que reportaron Valdivia-Bernal *et al.* (2010) para una población local de la raza Jala (2.53 °Brix) o para el híbrido A-7573 (1.65 °Brix), posiblemente por el equipo que utilizaron para medir sólidos solubles en su estudio. Entre ambientes, se observó que en la localidad de Tetitlán se obtuvo el mayor contenido de grados Brix, mientras que los valores más bajos se observaron en Jala y Xalisco, consecuencia de la variabilidad entre localidades (Figura 4A), como lo reportó Coutiño-Estrada *et al.* (2015), en un trabajo similar.

Las diferencias que se observaron en el contenido de sólidos solubles del grano pudieran ser causadas también del estado de madurez del grano, cuando se hizo la medición. En este sentido los híbridos comerciales de maíz se encontraban en

etapa de madurez R4 y las retrocruzas y sus progenitores, que se hallaban en etapa de madurez R3. Estos detalles se deben tener en cuenta al momento de medir los sólidos solubles totales, ya que Hale *et al.* (2005) mencionan que la etapa de madurez del elote afecta la sacarosa y azúcares totales en maíces dulces con los genes *su*, *se*, *sh<sub>2</sub>* pues tienen valores más altos en etapas tardías y la concentración varía entre fenotipos y dentro de ellos. Por lo anterior, se puede comentar que los criterios para calidad cuantitativa de elote en los maíces mexicanos varían entre y dentro poblaciones, así como entre tipos de maíces, y a la fecha, lo que prevalece en los mercados de abastos del país se limita principalmente a un tamaño uniforme de elote y que tenga mayor vida de anaquel.

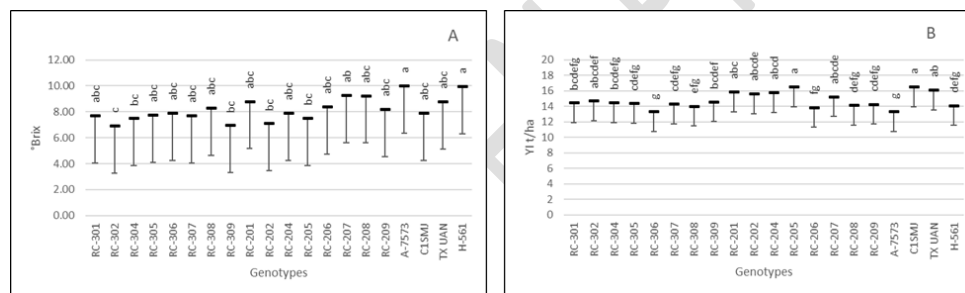


Figure 3. **Grades Brix (A) and Fresh Corn Yield (B) in maize population selected from a composite of race Jala.** Means with the same letter are statically equal (Tukey, 0.05).

Figura 3. **Grados Brix (A) y Rendimiento de elote (B) en poblaciones de maíz seleccionadas de un compuesto de la Raza Jala.** Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

En rendimiento de elote, de las 16 retrocruzas RC<sub>1</sub>F<sub>2</sub> evaluadas, seis formaron el grupo estadístico superior y al comparar las retrocruzas con el testigo comercial A-7573, el 58 % lo superaron en promedio con 2.156 t ha<sup>-1</sup> (Figura 3B). Este resultado evidencia la contribución genética de la selección familiar en la variedad Jala (C<sub>1</sub>SMJ) para formar las retrocruzas que fueron la base de este estudio, donde destacó la RC205 con 16.541 t ha<sup>-1</sup>(Figura 3B) y apoyan que el mejoramiento previo

hecho en el germoplasma de la raza Jala fue adecuado para formar poblaciones eloteras. Con respecto a las localidades, en San José de Mojarras se presentó el rendimiento más alto con  $16.9 \text{ t ha}^{-1}$ , lo que confirma la influencia del ambiente en el rendimiento del elote, como lo observaron *Ortíz-Torres et al.* (2013), en evaluaciones previas.

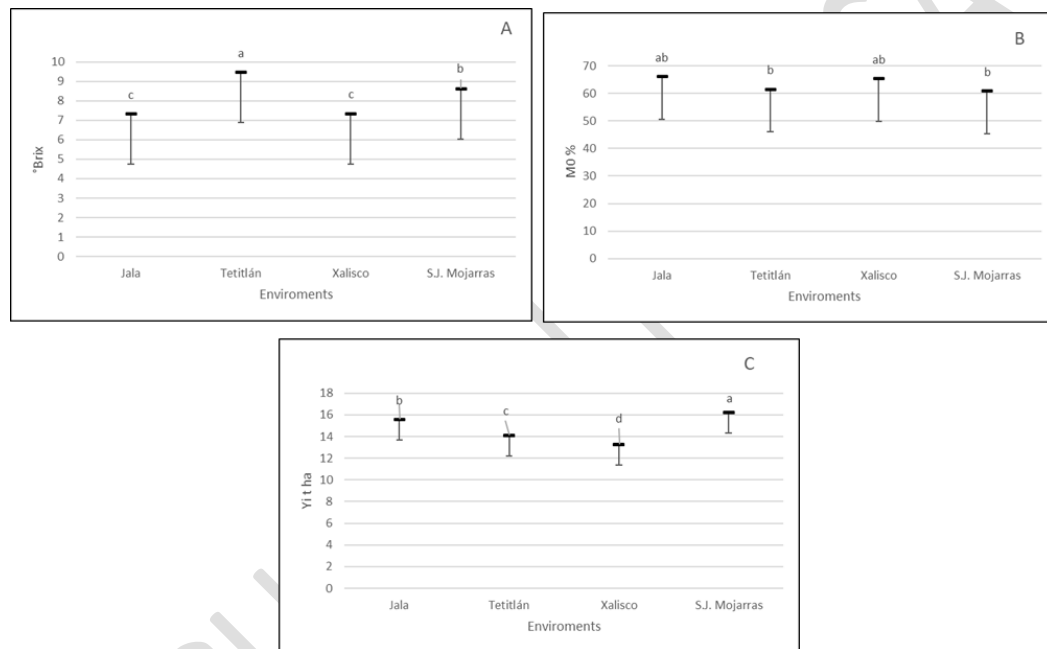


Figure 4. **Grados Brix (A), Moisture (B), and Fresh corn Yield (C) in environments.** Means with the same letter are statically equal (Tukey, 0.05).

Figura 4. **Grados Brix (A), Humedad (B) y Rendimiento de elote (C) en ambientes.** Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0,05).

## Conclusiones

Las poblaciones mejoradas en lo general fueron más tardías entre 6 y 11 días que el testigo comercial elotero (A-7573) y fueron más altas en altura de planta y mazorca. El 25 % superó en longitud de elote al testigo A-7573 y un 69 % de las variedades fueron estadísticamente iguales en sólidos solubles (10 °Brix). Para rendimiento de elote, el 58 % de las retrocruzas superaron en promedio al testigo



A-7573 con 2.156 t ha<sup>-1</sup>, lo que evidenció que las RC<sub>1</sub>F<sub>2</sub> evaluadas a partir de la selección familiar practicada en la variedad Jala (C<sub>1</sub>SMJ) favoreció la acumulación de alelos favorables para tamaño y calidad de elote, de ahí que sea importante hacer pre mejoramiento en las variedades nativas y posteriormente cruzarlos con maíces mejorados para obtener poblaciones con mejores características agronómicas y mayor rendimiento de elote.

## Referencias

Aguilar-Castillo, J. A., & Carballo-Carballo, A. (2007). Recuperación, conservación y aprovechamiento de la raza Jala de maíz: Una alternativa para las razas en peligro de extinción. Colegio de Posgraduados y Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas.

Andrés-Meza, P., Rodríguez-Montalvo, F. A., Sierra-Macías, M., Leyva-Ovalle, O. R., Palafox-Caballero, A., Espinosa-Calderón, A., Tadeo-Robledo, M., Vázquez-Carrillo, M. G., Gómez-Montiel, N. O., Herrera-Corredor, A., Cebada-Merino, M., Del Rosario-Arellano, J. L., López-Romero, G., & Nájera-Contreras, R. (2017). Híbridos de maíz con potencial para producción de elote en regiones tropicales de México. In: Seguridad Alimentaria: Aportaciones Científicas y Agrotecnológicas. J. Martínez-Herrera, M.A. Ramírez-Guillermo y J. Cámara-Córdova (Eds) pp. 125-129. UJAT Villahermosa, Tabasco, México.  
[https://www.researchgate.net/profile/Jorge\\_Herrera13/publication/321288944\\_Seguridad\\_Alimentaria\\_Aportaciones\\_Cientificas\\_y\\_Tecnologicas/links/5a18f918a6fdcc50ade7edd2/Seguridad-Alimentaria-Aportaciones-Cientificas-y-Tecnologicas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Herrera13/publication/321288944_Seguridad_Alimentaria_Aportaciones_Cientificas_y_Tecnologicas/links/5a18f918a6fdcc50ade7edd2/Seguridad-Alimentaria-Aportaciones-Cientificas-y-Tecnologicas.pdf)

Carballo-Carballo, A., & Benítez-Vázquez, A. (2003). Manual Gráfico para la Descripción Varietal del Maíz (*Zea mays* L.). Segunda Edición. Secretaría de

Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

Coutiño-Estrada, B., Vidal-Martínez, V.A., Cruz-Gómez, B., & Cruz-Vázquez, C. (2010a). Aptitud combinatoria general y específica del contenido de azúcares en maíces criollos eloteros. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33 (Esp4), 57-61. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61014255010.pdf>

Coutiño-Estrada, B., Vidal-Martínez, V. A., & Sánchez-Grajales, G. (2010b). Selección de maíces criollos con calidad elotera bajo condiciones de riego y temporal en Chiapas. En: Mejoramiento, Conservación y Uso de los Maíces Criollos. M. B. Nájera-Rincón & C. A. Ramírez-Mandujano (eds). Pp. 178-190. Publicación Especial. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. D. F. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=5780323&pid=S1027-152X201300020000800010&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=5780323&pid=S1027-152X201300020000800010&lng=es)

Coutiño-Estrada, B., Salinas-Moreno, Y., Gómez-Montiel, N., & Vidal-Martínez, V. A. (2013). 'H-561' nuevo híbrido de maíz resistente a pudriciones de mazorca para regiones tropicales. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(1), 85-87. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802013000100010](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000100010)

Coutiño-Estrada, B., Vidal-Martínez, V.A. Cruz-Vázquez, C., & Gómez-González, M. (2015). Características eloteras y de grano de variedades nativas de Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), 119-1127. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i5.603>

Hale, T. A., Hassell, R. L., & Phillips, T. (2005). Refractometer measurements of soluble solid concentration do not reliably predict sugar content in sweet corn.

- Hallauer, A. R., Carena, M. J., & Miranda F. J. B. (2010). Quantitative genetics in maize breeding. Ed. Springer 3rd edición. USA. 664 p.  
<https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0766-0>
- Jasso-Bobadilla, G., Pérez-López, D. J., González-Huerta, D., Sangerman-Jarquín D. M., & Navarro-Bravo, A. (2019). Estudio preliminar para determinar diferencias fenotípicas y tamaño de muestra en maíz Cacahuancintle. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(8), 1771-1782.  
<https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1765>
- Lafitte, H. R. (1994). Identificación de problemas en la producción de maíz tropical: Guía de campo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México, D.F. <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/727>
- López-Guzmán, J. A., Aguilar-Castillo, J. A., García-Zavala, J. J., & Lobato-Ortíz, R. (2018). Adaptabilidad y estabilidad de longitud de mazorca de maíz raza jala en cinco ambientes. *Revista Bio Ciencias*, 5(nesp2), e472.  
<http://dx.doi.org/10.15741/revbio.05.03.02>
- Martín-López, L., Ron-Parra J., Sánchez-González J. J., De la Cruz-Larios, L., Morales-Rivera, M. M., Carrera-Valtierra J. A., Ortega-Corona, A., Vidal-Martínez, V. A., & Guerrero-Herrera, J. M. (2008). Caracterización agronómica y morfológica de maíces nativos del noroccidente de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(4), 331-340.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61031405>
- Márquez-Sánchez, F. (1990). Backcross theory for maize. I. Homozygosis and heterosis. *Maydica*, 35:17-22.

- Márquez-Sánchez, F., Sahagún-Castellanos, L., Carrera-Valtierra, J. A., & Barrera-Gutiérrez, E. (2000). Retrocruza limitada para el mejoramiento de maíces criollos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Márquez-Sánchez, F. (2008) De las variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) a los híbridos transgénicos. I. Recolección de germoplasma y variedades mejoradas. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 5(2), 151-166 <http://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v6n2/v6n2a2.pdf>
- Ortega-Paczka, R. (2003). La diversidad del maíz en México. En: Sin maíz no hay país. Culturas populares de México. México D.F.
- Ortiz-Torres, E., Antonio-López, P., Gil-Muñoz, A., Guerrero-Rodríguez, J. D., López-Sánchez, H., Taboada-Gaytán, O. R, Hernández-Guzmán, J. A., & Valdez-Ramírez, M. (2013). Rendimiento y calidad de elote en poblaciones nativas de maíz de Tehuacán, Puebla. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 19 (2), 225- 238. <https://www.redalyc.org/pdf/609/60927902008.pdf>
- Osorio-Saenz, A., Santacruz-Varela, A., Córdova-Téllez, L., GonzálezHernández, V. A., Mascorro-Gallardo, J. O., Conde-Martínez, F. V., & Carrillo-Castañeda, G. (2019). Mexican maize landrace for corn on the cob production at the Central Highlands. *Maydica electronic publication*, 64(2). <https://journals-crea.4science.it/index.php/maydica/article/view/1942/1237>
- Paliwal, R. L. Granados, G., Lafitte, H. R., Violic, A. D., & Marathée, J. P. (2001). El Maíz en los Trópicos: Mejoramiento y Producción, FAO, Departamento de Agricultura. Roma. <https://www.fao.org/3/x7650s/x7650s00.htm>
- Ron-Parra. J., Sánchez-González, J., Jiménez, C.A., Carrera-Valtierra, J. A., Martín-López. J., Morales, R. M.; De La Cruz-Larios, L., Hurtado-De la Peña, S. A., Mena-Munguía, S., & Rodríguez-Flores, J. G. (2006). Maíces nativos del Occidente de México I. Colectas 2004 SCENTIA – CUCBA.

[http://www.cucba.udg.mx/sites/default/files/publicaciones1/page\\_scientia\\_cucba/Scientia-CUCBA%208\(1\).pdf](http://www.cucba.udg.mx/sites/default/files/publicaciones1/page_scientia_cucba/Scientia-CUCBA%208(1).pdf)

SAS Institute. 2002. SAS user's guide; Statistic.SAS Institute. Cary, NC. USA

Servicio de información Agroalimentario y Pesquera (2020). Cierre de la producción agrícola nacional en el año 2020. Disponible en <https://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-producción.agricola.nacional/> consultado el 24 de junio de 2021.

Sánchez, G. J. J., & M. M. Goodman (1992) Relationships among the Mexican races of maize. *Economic Botany*, 46, 72-85 <https://doi.org/10.1007/BF02985256>

Stubsgaard, F. (1997). Calibration of seed moisture meter. Technical Note no. 47. Danida Forest Seed Centre Humlebeak, Denmark. [https://forskning.ku.dk/soeg/result/?pure=files%2F40335596%2FTN47\\_FIN\\_AL.pdf](https://forskning.ku.dk/soeg/result/?pure=files%2F40335596%2FTN47_FIN_AL.pdf)

Tracy, W. F. (2000). Sweet corn. En: Specialty Corns. Hallauer, A. R. (ed). pp. 147-187. CRC Press. Second Edition. Boca Raton, Florida. United States of America. <http://pustakapertanianub.staff.ub.ac.id/files/2012/12/Specialty-Corns.pdf>

Valdivia-Bernal, R., Caro-Velarde, F., Medina-Torres, R., Ortiz-Catón, M., Espinosa-Calderón, A., Vidal-Martínez, V. A., & Ortega-Corona, A. (2010). Contribución genética del criollo Jala en variedades eloteras del maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(Esp4), 63-67. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0187-73802010000500013&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-73802010000500013&lng=es&nrm=iso)

Vázquez-Carrillo, M. G., Guzmán-Báez, L., Andrés-García, J. L., Márquez-Sánchez, F., & Castillo-Merino, J. (2003). Calidad de grano y tortillas de

maíces criollos y sus retrocruzas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26 (4), 231-238. <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/26-4/3a.pdf>

Vidal-Martínez, V. A. (1993). Guía para cultivar maíz elotero de riego en Nayarit. Secretaria de Agricultura y Recurso Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigaciones del Pacífico Centro, Nayarit. Campo Experimental "Santiago Ixcuintla". Santiago, Ixcuintla, Nayarit, México.

ARTÍCULO EN PRENSA