







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.

Rojas-Polanco, A.¹ , Aguilar-Castillo, J. A.^{1*} , Valdivia-Bernal, R.¹ ,
Vidal-Martínez, V. A.² , Juárez-Rosete, C. R.¹ , Ruelas-Hernández, P. G.¹ .

¹ Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit.

² INIFAP Campo Experimental Santiago Ixcuintla

Please cite this article as/Como citar este artículo: Rojas-Polanco, A., Aguilar-Castillo, J. A., Valdivia-Bernal, R., Vidal-Martínez, V. A., JuárezRosete, 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>



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_1F_2 selected for fresh corn quality from a composite of Raza Jala maize (C_1SMJ). 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_1F_2 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⁻¹, which showed that the RC_1F_2 evaluated from the family selection practiced on the Jala variety (C_1SMJ) favored the accumulation of favorable alleles for corn size and quality.

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: March 17th 2022 2022.

Accepted/Aceptado: October 05th 2022.

Available on line/Publicado: November 15th 2022.

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_1F_2 seleccionadas para calidad de elote a partir de un compuesto de maíz de la Raza Jala (C_1SMJ). 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_1F_2 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⁻¹, lo que evidenció que las RC_1F_2 evaluadas a partir de la selección familiar practicada en la variedad Jala (C_1SMJ) favoreció la acumulación de alelos favorables para tamaño y calidad de elote.

*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 . <http://www.uan.edu.mx/es/unidad-academica-de-agricultura>

KEY WORDS

Zea mays, backcross, degrees Brix and yield tender maize.

PALABRAS CLAVE

Zea mays, retrocruzas, grados Brix y rendimiento de elote.

Introduction

In Mexico, fresh corn consumption is part of the multiple uses of maize in the Mexican diet, as it has a culinary tradition and many popular festivities, it can be consumed roasted, boiled, in soups, puddings, or canned. This tradition has been inherited from Mesoamerican people and pre-Hispanic cultures to Mexicans for hundreds of years. The Mexican natives were the ones who made maize evolve, formed the native breeds, and through interracial crosses, gave rise to modern landraces, from which the current high-yielding hybrids have been obtained (Márquez-Sánchez, 2008). In this sense, the native races of maize that stand out as fresh corn in western Mexico are Jala, Tabloncillo, Bofo, Harinoso de Ocho, Elotero de Sinaloa, Elotes Occidentales, and Dulce (Ortega-Paczka, 2003; Ron-Parra *et al.*, 2006), which were empirically selected by Mexican farmers for this purpose.

Fresh corn ears production represents advantages over grain production; the production cycle is shortened, ear rot and storage pests are avoided, and the rest of the plant can be used for forage (Ortiz-Torres *et al.*, 2013). In 2020, an area of 69,893 hectares of corn was cultivated in Mexico for fresh corn production with a yield of 947,998 tons and an average production of 14.6 t ha⁻¹; the states of Puebla (15,599 ha), Jalisco (8,105 ha), and State of Mexico (4,907 ha) were the main producers (SIAP, 2020).

Currently, in the country there is a lack of improved maize especially for the fresh corn ear market, although farmers use native seeds to supply local markets, as is the case of varieties of Cacahuacintle (Jasso-Bobadilla *et al.*, 2019; Osorio-Saenz *et al.*, 2019), Chalqueños and Elotes Cónicos in central Mexico (Osorio-Saenz *et al.*, 2019) or plant commercial maize hybrids with suitable attributes for commercialization, such as the case of Monsanto's A-7573 for larger areas (Andrés-Meza *et al.*, 2017).

In general, maize breeders have made limited use of the diversity safeguarded by Mexican farmers, since

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 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,

they work mainly with four landraces, Chalqueño and Cónico for the Mesa Central, Celaya for the Bajío, and Tuxpeño for the Gulf region (Márquez-Sánchez, 2008); however, there are 49 racial groups in Mexico (Sánchez & Goodman, 1992), with a wide possibility of use to make genetic improvement with a specific quality. In this sense, Coutiño-Estrada *et al.* (2010a) identified in the state of Chiapas maize of the Tuxpeño race with excellent traits for fresh corn, especially for length and sweet flavor due to its sugar content (up to 13.8 ° Brix). Meanwhile, Ortiz-Torres *et al.* (2013) reported high fresh corn yield variation and other quality indicators among maize populations in the Tehuacán Valley, Puebla.

By utilizing the diversity of native Mexican maize, fresh corn quality could be improved through an intrapopulation recurrent selection scheme, which increases the frequency of genes for quantitative traits that accumulate in selection cycles (Hallauer *et al.*, 2010), as proposed by Coutiño-Estrada *et al.* (2010b) in native populations of the Tuxpeño race and Valdivia-Bernal *et al.* (2010) in a maize of the Jala landrace, where they found that additive effects were the most important for sweetness and fresh corn length in a diallel cross. However, fresh corn ear quality traits are also caused by the wide variability of pericarp thickness and endosperm starch texture (Paliwal *et al.*, 2001), so they should also be considered as selection criteria in a breeding program.

Márquez-Sánchez (1990) proposed the limited backcross breeding method to use and increase grain yield in native populations of maize, and consists of crossing improved varieties (donor) with native populations (recurrent) and subsequently making only one backcross to the original population. Márquez-Sánchez *et al.* (2000) called these original populations with backcrossing, $\frac{3}{4}$ improved varieties and pointed out that there is a grain yield superiority of up to 25.6 % over their original counterparts. With this methodology, Vázquez-Carrillo *et al.* (2003) developed improved maize varieties with higher yields than the original native variety, up to 30 %, and meet the quality specifications of the native varieties.

Currently, there is limited information on fresh corn ear varieties formed from any breeding scheme using native maize. The limited backcrossing scheme proposed by Márquez-Sánchez (1990) and applied by Márquez-

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 eloteras 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

Sánchez *et al.* (2000) and Vázquez-Carrillo *et al.* (2003) among others, has focused on increasing grain yield with the direct use of native maize, without pre-breeding. Therefore, the objective of the present work was to evaluate the potential and quality of fresh corn ear from maize populations formed from the best half-sib families of a maize composite of the Jala race that were backcrossed to an improved variety.

Material and Methods

Selection procedures and methods

In 2009, 64 half-sib families were selected for fresh corn ear size and stability of a maize composite of the Jala race named C₁SMJ, which were crossed with the TX UAN tester, which is an improved maize population obtained through mass selection. In 2010, the best eight test crosses (half-sib families x improved variety) were evaluated and selected by high specific combining ability (SCA). In 2011 the best eight crosses with SCA were crossed to both parents (C₁SMJ and TX UAN), thus, in 2012 the eight backcrosses were advanced to the F₂ generation through fraternal crosses, giving a total of 16 varieties called RC₁F₂ which constitute the basis for the present study.

The genetic materials were essayed in the 2013 spring-summer cycle, under rainfed conditions, in four locations in the state of Nayarit. The sowing dates were: on June 13 in Xalisco (21°25'42.80"N and 104°53'22.06" W), on July 2 in Jala (21°05'31.92" N and 104°26'27.15" W), on July 8 in Tetitlán (21°08'12.06" N and 104°36'35.53" W) and on July 21 in San José de Mojarras (21°26'03.16" N and 104°35'26.90" W). The trial included as controls the TX UAN parents, the maize composite of the Jala race (C₁SMJ), and the commercial hybrids A-7573 from the company Asgrow-Monsanto recognized in the national market for fresh corn ear production (Valdivia-Bernal *et al.*, 2010) and H-561 from the National Institute of Agricultural and Livestock Research (INIFAP), which is resistant to ear rot and has excellent characteristics for the nixtamalized flour industry (Coutiño-Estrada *et al.*, 2013).

The experimental design used was a completely randomized block design with three replications per location with a useful plot of four rows of five meters by

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 C₁SMJ, 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 cruces 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 (C₁SMJ y TX UAN), para que en el año 2012 se avanzaron las ocho retrocruzas a la generación F₂ a través de cruces fraternales, dando un total de 16 variedades denominadas RC₁F₂ 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 (C₁SMJ) 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 wide, two seeds were sown per stroke to then leave one plant, the density was 62,000 plants ha⁻¹. Agronomic management was carried out according to INIFAP recommendations for the state of Nayarit (Vidal-Martínez, 1993).

0.80 cm de ancho, se sembraron dos semillas por golpe para luego dejar una planta, la densidad fue de 62,000 plantas ha⁻¹. El manejo agronómico se hizo de acuerdo con las recomendaciones del INIFAP para el estado de Nayarit (Vidal-Martínez, 1993).

Variables evaluated in plant

The variables evaluated were silking days (SD), tassel days (TD), plant height (PH), and ear height (EH) in centimeters, according to the descriptors of Carballo-Carballo and Benítez-Vázquez (2003).

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).

Tests for fresh corn ear quality

The sample size was two fresh corn per replicate chosen randomly from the useful plot. The harvested corn was left with its husk cover in a cellar at room temperature for 36 h to simulate the time from harvest to consumption. After this time, quality data were obtained. The corn of the RC¹F², TX UAN, and JC₁SM varieties were cut at the R3 reproductive stage, while the commercial hybrids were cut at the R4 stage (Lafitte, 1994). This was done based on the differences in the flowering and grain filling dates of the varieties (Lafitte, 1994).

The variables for quality were stalk length in cm (PL), fresh corn length in cm (GEL), and ear diameter in mm (GED) according to the descriptors of Carballo-Carballo & Benítez-Vázquez (2003). Also in two replications, the average fresh weight of 100 kernels was determined, which were subsequently subjected for 72 hours to drying in an oven at 70 ± 1 °C obtaining the dry weight of grain in g, with these data the percentage of moisture (MOI) was calculated according to the equation of Stubsgaard (1997), to quantify the soluble solids in the juice that was extracted from a sample of 20 kernels per fresh corn ear (Ortiz-Torres *et al.*, 2013), which was placed in an ATAGO® digital refractometer, data were expressed in Brix degrees (BRI).

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 RC¹F², TX UAN, y JC₁SM 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 (Lafitte, 1994).

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 ± 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).

The yield of fresh corn ear (YI)

In a sample of three randomly cut fresh corn ear per experimental unit, without leaves and peduncle, yield ($t\ ha^{-1}$) was determined. This was done to avoid biases induced by differences between genotype organs.

Statistical analysis

For each variable, a combined ANOVA of locations was performed. The genotypes were considered as fixed effects and the environments as random effects, testing these in the F test against the nesting of replications within environments, whose model was:

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

Where Y_{ijk} = observed value of the j -th replicate nested in the i -th location of the k -th genotype, μ = effect of the general mean, L_i = effect of the i -th location, $R_j(L_i)$ = effect of the j -th replicate nested in the i -th location, G_k = effect of the k -th genotype, $L_i \times G_k$ = effect of the interaction of i -th location of k -th genotype, E_{ijk} = effect of the experimental error. Obtained data were analyzed with the GLM procedure of the SAS V.9.0 statistical package (SAS Institute, 2002) and Tukey tests were also performed for the comparison of averages.

Results and Discussion

In the combined ANOVA, significance ($p \leq 0.01$) was detected among genotypes (Table 1), for seven of the variables analyzed: silking and tassel days, plant height, ear height, fresh corn length, Brix degrees, and fresh corn ear yield. The fresh corn diameter, peduncle length and percent moisture content were not significant. The detection of statistical differences among genotypes indicates the presence of variability among them, as reported by formerly reported by other authors (Coutiño-Estrada *et al.*, 2010a, Martín-López *et al.*, 2008).

Between locations (Table 1) there were significances ($p \leq 0.01$) for the variables of silking days, tassel days, plant height, ear height, fresh corn ear length, peduncle length, Brix degrees, and fresh corn yield. Fresh corn diameter and percent moisture content were not

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, μ = 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.

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

significantly different. The significance of the variables among locations corroborates the influence of the environment on genotypes in the overall average fresh corn quality and yield, as observed by Ortiz-Torres *et al.* (2013).

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).

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 ^{ns}	120.893**	3.750**	1.221	1.501
TD	644.572**	2.258 ^{ns}	124.374**	4.322**	1.389	1.561
PH	31099.408**	2531.700 ^{ns}	8124.111**	851.213**	677.680	9.080
EH	11694.722**	1079.250 ^{ns}	5726.866**	562.846 ^{ns}	469.301	15.295
GEL	115.569**	3.230 ^{ns}	16.859**	3.953 ^{ns}	3.403	8.753
GED	0.130 ^{ns}	0.128 ^{ns}	0.085 ^{ns}	0.072 ^{ns}	0.113	7.309
PL	32.903**	0.941 ^{ns}	4.712 ^{ns}	4.154 ^{ns}	3.175	28.847
BRIX	43.382**	3.115 ^{ns}	6.571**	2.439 ^{ns}	1.615	15.485
MOI	277.040 ^{ns}	104.050 ^{ns}	189.030 ^{ns}	58.947 ^{ns}	57.081	11.870
YI	71.395**	1.571 ^{ns}	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.

The Gen x Loc interaction was significant ($p \leq 0.01$) in four variables: silking and tassel days, plant height, and fresh corn yield. These differences in the behavior of genotypes across environments should be taken into account to avoid discarding varieties that may be superior in a given environment, as observed by López-Guzmán *et al.* (2018) in Jala maize populations. However, this research was conflicting with reports in a similar study performed by Coutiño-Estrada *et al.*

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) and Martín-López *et al.* (2008) for most of the fresh corn quality variables.

Regarding silking and tassel days, the variety C₁SMJ was statistically ($p \leq 0.05$) superior to other genotypes (Figures 1A and B), the backcrosses to the parent (C₁SMJ) had an SD between 73 and 76 days and a TD between 75-78 days, while the group of varieties with ¼ of TX UAN presented between 71 to 74 days for SD and between 72 to 76 days for TD (Figure 1A and B). These results indicate that the performance shown by these genotypes was intermediate when compared to its parents. The commercial hybrids A 7573 and H-561 showed an early performance, 65 and 67 days, respectively. By environment, it was observed that the varieties were earlier in San José de Mojarras than in the other locations, possibly due to the delayed sowing date and the lower altitude of this location (Figures 2A and B).

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 C₁SMJ fue estadísticamente ($p \leq 0.05$) superior a los otros genotipos (Figura 1 A y B), las retrocruzas hacia el progenitor (C₁SMJ) tuvieron una SD entre 73 y 76 días y una TD entre 75-78 días; en tanto que el grupo de variedades con ¼ 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).

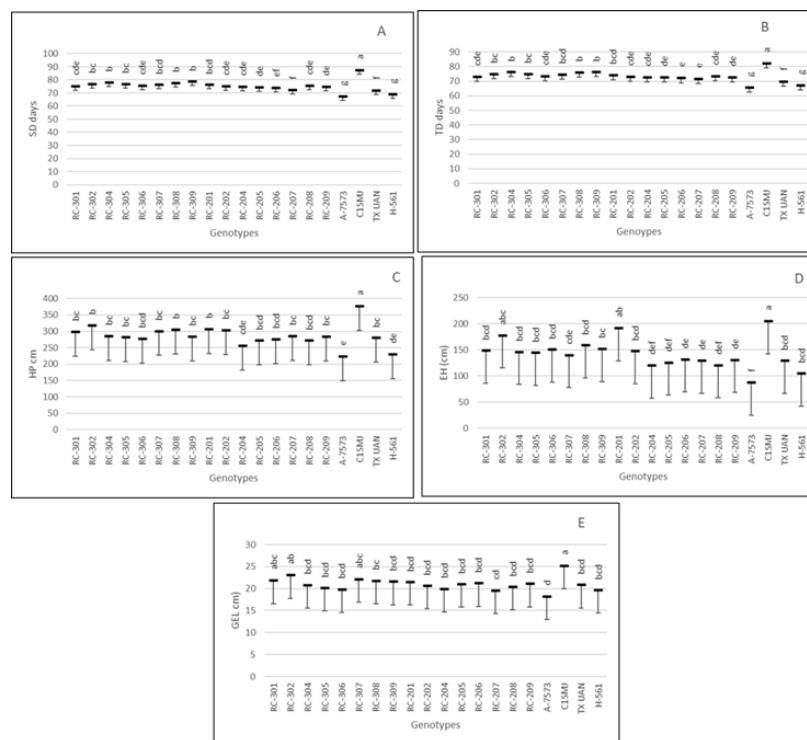


Figure 1. Silking days (A), Tassel days (B), Plant height (C), Ear height (D), and Fresh corn ear length (E) in maize population selected from a composite of race Jala. Means with the same letter are statically equal (Tukey, 0.05).

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).

Backcrosses to the C₁SMJ (donor) parent families were 32 and 55 % higher in plant and ear than the commercial controls (A-7573 and H-561) but 21 and 27 % lower in plant and ear than the C₁SMJ variety, which was statistically the highest genotype (Figures 1C and D). On the other hand, the backcrosses to the recurrent donor (TX UAN) were 25 and 61 % taller in plant and ear than the commercial controls that presented on average 227 and 97 cm, respectively. These varieties were very similar in plant height to the TX UAN parent; however, 56 % of these backcrosses had a lower ear height (Figures 1C and D), so the genetic improvement achieved by limited backcrossing using half-sib families selected from the C₁SMJ variety was effective to obtain varieties with better agronomic traits.

Las retrocruzas hacia las familias del progenitor C₁SMJ (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 C₁SMJ 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 C₁SMJ fue efectivo para obtener variedades con mejores características agronómicas.

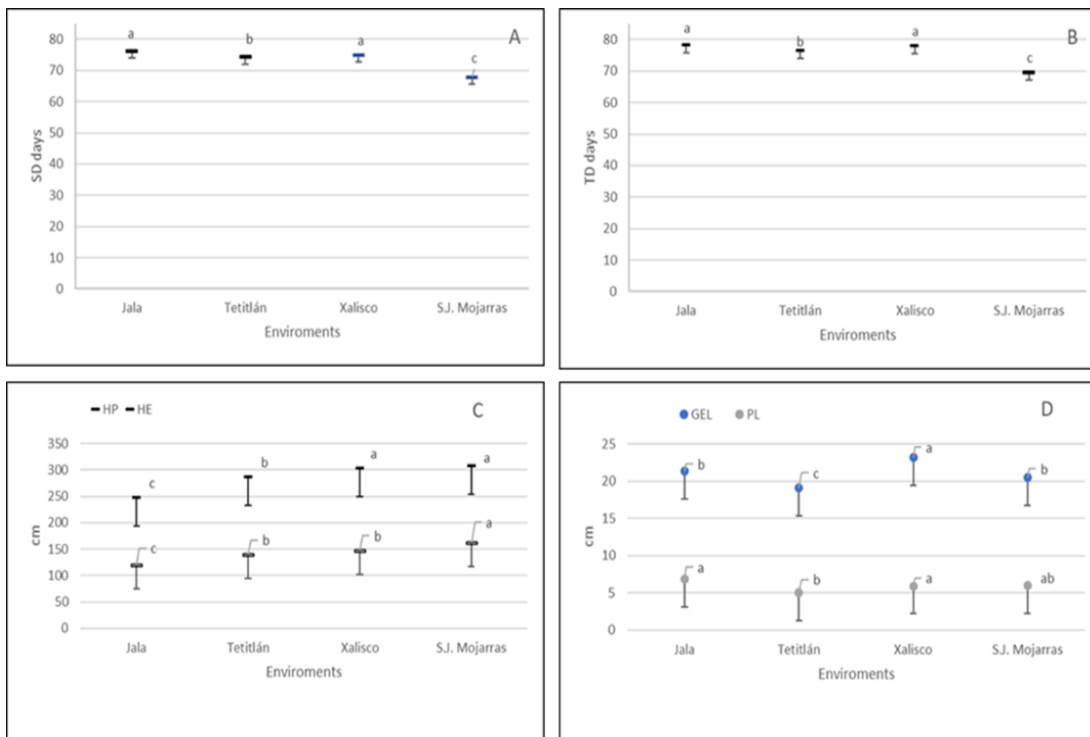


Figure 2. Silking days (A), Tassel days (B), Plant and ear height (C), Fresh corn ear, and peduncle length (D) in environments. Means with the same letter are statically equal (Tukey, 0.05).

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).

The environment where plant and ear height were best expressed was San José de Mojarras, with an average of 308 and 161 cm, respectively (Figures 1C and 1D); while in the locality of Jala, plants were smaller, with an HP of 247 cm and HE of 120 cm, possibly attributed to low humidity and fertility of the soils (Aguilar-Castillo & Carballo-Carballo, 2007).

In the fresh corn length variable, the C₁SMJ parent was the largest with an average of 25.2 cm, but statistically equal to the varieties RC-302, RC-307, and RC-301. Meanwhile, 25% of the backcrosses statistically outperformed the control (A-7573) which showed the smallest fresh corn at 18 cm long (Figure 1E). These results indicate that the selection in families made in variety C₁SMJ made it possible to better control the ear length trait; hence, it is important to perform pre-breeding in native varieties and subsequently cross them with improved maize, as proposed by Coutiño-Estrada *et al.* (2010a). In addition, it is important to highlight the importance of the Jala landrace as a source of alleles to obtain varieties with greater fresh corn length, as suggested by Valdivia-Bernal *et al.* (2010). In general, the backcrosses evaluated showed adequate sizes for the fresh corn market, since according to Tracy (2000) the preferred type size is about 20 to 23 cm. With respect to the environments, the largest sizes were obtained in Xalisco (23 cm) and in Tetitlán, with the lowest average (19 cm); the above was a reflection of the behavior of the varieties in the evaluation environments, as observed by Coutiño-Estrada *et al.* (2015) in native varieties from Chiapas.

In soluble solids content, 69 % of the backcrosses were statistically equal to the commercial controls A-7573 and H-561, which presented the highest averages with 10.0 and 9.96 ° Brix (Figure 3A). The backcrosses with 25 % germplasm of the Jala variety obtained on average higher soluble solids content (8.21 °Brix) than those formed with 75 % of the C₁SMJ variety (7.6 °Brix). The results were like those of the parents, TX UAN and C₁SMJ, but very different from the values reported by Valdivia-Bernal *et al.* (2010) for a local population of the Jala landrace (2.53 °Brix) or for the hybrid A-7573 (1.65 °Brix), possibly due to the equipment used to measure soluble solids in their study. Between environments, it was observed that the highest Brix content was obtained in the Tetitlán locality, while the lowest values were observed in Jala and Xalisco, a consequence of the

El ambiente donde mejor se expresó la altura de planta y mazorca fue San José de Mojarras, 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 C₁SMJ 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 C₁SMJ 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 reflejó 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 C₁SMJ (7.6 °Brix). Los resultados fueron similares al que presentaron los progenitores, TX UAN y C₁SMJ, 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

variability between localities (Figure 4A), as reported by Coutiño-Estrada *et al.* (2015), in similar work.

Observed differences in the grain soluble solids content could also be caused by the grain maturity stage at the moment that the measurement was made. In this sense, the commercial corn hybrids were analyzed at the R4 maturity stage, while the backcrosses and their parents at the R3 maturity stage. These details should be considered when measuring total soluble solids since Hale *et al.* (2005) mention that the maturity stage of fresh corn affects sucrose and total sugars in sweet corn with the *su*, *se*, and *sh₂* genes since they have higher values at later stages and the concentration varies between and within phenotypes. Therefore, it can be inferred that the criteria for quantitative quality of fresh corn ear in Mexican maize vary between and within populations, as well as between types of corn, and to date, what prevails in the country's supply markets is mainly limited to a uniform size of fresh corn and that it has a longer shelf life.

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, 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*, *sh₂* 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.

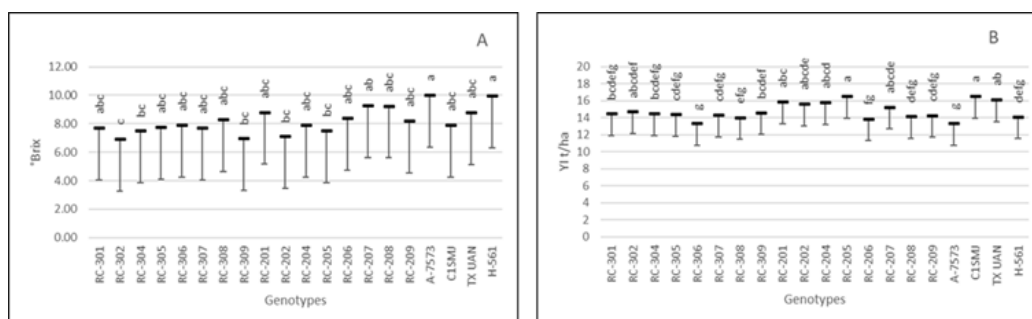


Figure 3. Grades Brix (A) and Fresh Corn Yield (B) in maize population selected from a composite of race Jala. Means with the same letter are statically equal (Tukey, 0.05).

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).

In fresh corn ear yield, from the 16 RC₁F₂ backcrosses evaluated, six formed the superior statistical group and when comparing the backcrosses with the commercial control A-7573, 58 % exceeded it on average with 2.156 t ha⁻¹ (Figure 3B). This result evidences the genetic contribution of family selection in the Jala variety (C₁SMJ) to form the backcrosses that were the basis of

En rendimiento de elote, de las 16 retrocruzas RC₁F₂ 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⁻¹ (Figura 3B). Este resultado evidencia la contribución genética de la selección familiar en la variedad Jala (C₁SMJ) para formar las retrocruzas que fueron la base de este estudio, donde

this study, where RC205 stood out with 16.541 t ha⁻¹ (Figure 3B) and supports that the previous improvement made in the germplasm of the Jala race was adequate to form corn populations. Regarding locations, San José de Mojarras showed the highest yield with 16.9 t ha⁻¹, which confirms the influence of the environment on fresh corn yield, as observed by Ortiz-Torres *et al.* (2013), in previous evaluations.

destacó la RC205 con 16.541 t ha⁻¹(Figura 3B) y apoyan que el mejoramiento previo hecho en el germoplasma de la raza Jala fue adecuado para formar poblaciones eloterar. Con respecto a las localidades, en San José de Mojarras se presentó el rendimiento más alto con 16.9 t ha⁻¹, lo que confirma la influencia del ambiente en el rendimiento del elote, como lo observaron Ortiz-Torres *et al.* (2013), en evaluaciones previas.

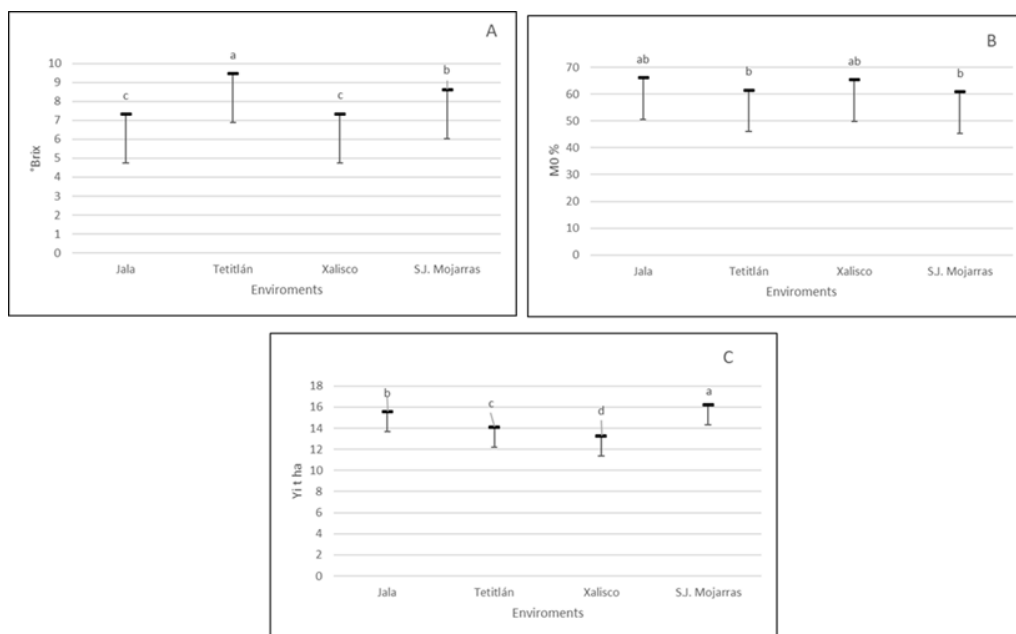


Figure 4. Grades Brix (A), Moisture (B), and Fresh corn Yield (C) in environments. Means with the same letter are statically equal (Tukey, 0.05).

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).

Conclusions

The improved populations were generally later between 6 and 11 days than the commercial control fresh corn (A-7573) and were taller in plant and ear height. Twenty-five percent exceeded the A-7573 control in fresh corn length and 69% of the varieties were statistically equal in soluble solids (10 °Brix). For fresh corn ear yield, 58 % of the backcrosses surpassed the control A-7573 with

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

2.156 t ha⁻¹, which showed that the RC¹F² evaluated from the family selection practiced in the Jala variety (C1SMJ) promoted the accumulation of favorable alleles for fresh corn size and quality, hence it is suggested that to achieve better results, it is necessary to make pre-improvement in native varieties and subsequently cross them with improved maize to obtain populations with better agronomic traits and higher fresh corn yield.

A-7573 con 2.156 t ha⁻¹, lo que evidenció que las RC¹F² evaluadas a partir de la selección familiar practicada en la variedad Jala (C1SMJ) 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-Macias, 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
- 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 Fitotecnía 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
- 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 Fitotecnía Mexicana*, 36(1), 85-87. 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. *HortTechnology*, 15(3), 668-672. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.15.3.0668>
- 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 Cacahuacintle. *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-Ortiz, 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/publicaciones/1/page_scientia_cucba/Scientia-CUCBA%208\(1\).pdf](http://www.cucba.udg.mx/sites/default/files/publicaciones/1/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_FINAL.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 eloterías 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
- 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.