



TRES CICLOS DE SELECCIÓN MODIFICADA MAZORCA POR SURCO EN MAÍZ ZAPALOTE CHICO

THREE CYCLES OF MODIFIED EAR-TO-ROW SELECTION IN ZAPALOTE CHICO CORN

Bulmaro Coutiño-Estrada^{1*}, Noel Gómez-Montiel² y Víctor Vidal-Martínez³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Centro de Chiapas, Ocozocoautla, Chiapas, México. ²INIFAP, Campo Experimental Iguala, Iguala, Guerrero, México. ³INIFAP, Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México.

*Autor de correspondencia (coutino.bulmaro@inifap.gob.mx)

RESUMEN

Muchos productores de maíz (*Zea mays* L.), de subsistencia principalmente, cultivan variedades criollas precoces para tener grano en un tiempo más corto y para sembrar dos o tres veces al año; estas variedades nativas de las razas Zapalote Chico y Zapalote Grande se cultivan en 34 comunidades de siete de los 10 Distritos de Desarrollo Rural de Chiapas, México, pero aun no hay variedades mejoradas provenientes de ellas. Por ello se utilizaron seis muestras de productores con el objetivo de iniciar un método de mejoramiento genético y formar una variedad mejorada. El compuesto de maíz utilizado tenía germoplasma de las razas Zapalote Chico, Zapalote Grande y Tuxpeño, por lo que se realizó pre-mejoramiento para depurarlo hacia características de planta y mazorca típicas de Zapalote Chico. Se realizaron tres ciclos de selección modificada mazorca por surco de familias de medios hermanos maternos para uniformizar el tipo de planta, precocidad y mejorar rendimiento de grano. En el ciclo primavera-verano 2024 se evaluaron en una localidad 155 familias, más el ciclo 2 (C2) como testigo, en un diseño experimental látice simple rectangular 13 × 12, en parcelas de un surco de 3 m con 16 plantas, a una densidad de población de 88 mil plantas ha⁻¹. Se midieron las variables días a floración femenina y masculina, altura de planta y de mazorca en cm y se estimó el rendimiento de grano en t ha⁻¹. Se realizó análisis de varianza y prueba de medias con la diferencia honesta significativa. Se encontró significancia para días a floración femenina y masculina y rendimiento de grano, con promedios de 47, 49 días y 3.879 t ha⁻¹, respectivamente. De las familias estadísticamente superiores, fueron seleccionadas las mejores 24 con rendimientos de 5.691 a 4.531 t ha⁻¹, y con semilla remanente de las mismas se sembró un lote de recombinación genética, para volver a seleccionar 155 nuevas familias y continuar el cuarto ciclo de selección.

Palabras clave: *Zea mays*, maíz precoz, selección recurrente, variedad Cuarentano.

SUMMARY

Many producers of maize (*Zea mays* L.), mainly of subsistence, grow early landraces to get grain in a shorter time and to plant two or three times a year; these native varieties of the Zapalote Chico and Zapalote Grande landraces are grown in 34 communities in seven of the 10 Rural Development Districts of Chiapas, Mexico, but there are still no improved varieties derived from them. For this reason, six samples from producers were used with the aim of initiating a breeding method and producing an improved variety. The maize composite used had germplasm of the Zapalote Chico, Zapalote Grande and Tuxpeño landraces, thus, pre-breeding was carried out to purify it for plant and

ear characteristics typical of Zapalote Chico. Three cycles of modified ear-to-row maternal half-sib selection were carried out to standardize the type of plant, earliness and improve grain yield. In the 2024 Spring-Summer season, 155 families were evaluated in one locality, plus cycle 2 (C2) as a control, under a 13 × 12 rectangular simple lattice experimental design, in plots of a 3-m single row with 16 plants, at a population density of 88 thousand plants ha⁻¹. Measured variables were days to female and male flowering, plant and ear height in cm, and grain yield in t ha⁻¹. Analysis of variance and a mean test with the significant honest difference were performed. Significance was found for days to female and male flowering and for grain yield, with averages of 47, 49 days, and 3.879 t ha⁻¹, respectively. From the statistically superior families, the best 24 were selected with yields of 5.691 to 4.531 t ha⁻¹, and with remnant seed from them, a plot of genetic recombination was planted, to re-select 155 new half-sib families to continue the fourth selection cycle.

Index words: *Zea mays*, early maize, recurrent selection, variety Cuarentano.

INTRODUCCIÓN

En México, Chiapas es el estado con mayor superficie cultivada con maíz (*Zea mays* L.) con 687,363 ha en 2024, pero es el décimo en producción de grano con 1,389,963 t y un rendimiento promedio de 2.02 t ha⁻¹; se estima que en el 65 % de la superficie cultivada se siembran semillas de variedades criollas y generaciones avanzadas de variedades mejoradas (SIAP, 2024). Algunos productores de maíz, principalmente los de subsistencia, cultivan variedades nativas precoces para tener grano en un tiempo más corto y hacer dos o tres siembras al año. Estas variedades, de las razas Zapalote Chico y Zapalote Grande, se han encontrado cultivadas en 34 localidades de las regiones Costa, Soconusco, Frailesca, Centro, Palenque, Selva Lacandona y Motozintla del estado de Chiapas, México (Coutiño et al., 2021) y se les conoce con diversos nombres como Cuarentano, Violento, Conejito, Juchi, Opamil, Chimbo, entre otros.

El mejoramiento genético por medio de la selección modificada mazorca por surco (Compton y Comstock,

1976; Lonnquist, 1964; Webel y Lonnquist, 1976) es una modalidad de selección recurrente (Compton y Bahadur, 1977) y de selección combinada (Márquez, 1988), se ha usado exitosamente para incrementar el rendimiento de grano de maíz y otras características; por ejemplo, para reducir la altura de planta y de mazorca, y el tamaño de espiga, el ciclo biológico, el intervalo de la antesis a la floración femenina y la esterilidad, y para mejorar prolificidad, índice de cosecha, tolerancia a sequía, a insectos y a enfermedades. Edwards (2010) afirma que la metodología de selección de medios hermanos en la población BS13(S) mejoró el rendimiento, la humedad de grano, acame de tallo, acame de raíz y la densidad final de plantas.

La selección recurrente en maíz precoz es un proceso de mejoramiento genético que busca aumentar el rendimiento y otras características deseables en variedades de maíz de ciclo corto, mediante ciclos repetidos de selección y recombinación; este método es especialmente útil para mejorar la adaptabilidad de los maíces precoces a condiciones específicas y para obtener avances genéticos más rápidos que con métodos tradicionales (Lamkey, 1992).

El desarrollo de progenies o familias, su evaluación en la región de interés, la selección de las mejores, y su recombinación genética por varios ciclos, hace que las poblaciones mejoradas lleguen a ser agrónomicamente superiores a las originales y a mantener suficiente variabilidad genética en los caracteres elegidos, lo que les permite seguir en uso a largo plazo (Souza, 1999). Al respecto, Coutiño *et al.* (2008) utilizaron esta metodología para renovar las variedades mejoradas V424, V531 y V526.

Esta metodología de selección recurrente, utilizando familias de medios hermanos, también se ha utilizado con éxito en otras especies como calabaza, trigo, soya, algodón, melón (Espinosa-Carillo y Vallejo-Cabrera, 2020). En calabaza (*Cucurbita pepo*, *C. moschata*, *C. argirosperma*), fue efectiva para incrementar el número de frutos por planta, peso de frutos, rendimiento de semilla y grosor de pulpa (Meneses-Márquez *et al.*, 2002; Sánchez-Hernández *et al.*, 2014). Meneses-Márquez *et al.* (2009) reportaron que en cinco ciclos de selección combinada de familias de medios hermanos maternos en *Cucurbita pepo* se incrementó la frecuencia de frutos de alta calidad (73 %), y en sabor de la pulpa, y Sánchez-Hernández *et al.* (2000) encontraron respuesta positiva para el color de la pulpa, y en calabaza pipiana mejoraron el sabor dulce de la pulpa. En el fruto de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) y utilizando 20 FMH, Lagos *et al.* (2020) encontraron amplia variabilidad

fenotípica y hubo familias con mayor rendimiento de grano y peso de fruto. En tomate de cáscara (*Physalis philadelphica*), Peña-Lomelí *et al.* (2013) estudiando 100 FMH, encontraron diferencias significativas en altura de la primera bifurcación y número de frutos amarrados, lo que les permitió seleccionar el 10 % de las mejores familias.

El objetivo de este estudio fue realizar y evaluar el tercer ciclo de selección modificada mazorca por surco en una población de maíz de la raza Zapalote Chico, para formar una variedad precoz, de planta baja y mayor rendimiento de grano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

En los años 2009 y 2010 se colectaron ocho muestras de 25 mazorcas de variedades precoces nativas denominadas 'Cuarentano', 'Conejito', 'Chimbo', 'Morado' y 'Crema', de la raza Zapalote Chico, cultivadas por productores de la región Central de Chiapas, México. En el 2021 se regresó en busca de más semilla en el municipio de Cintalapa, que es una zona donde se cultivan variedades nativas de las razas Zapalote Chico, Zapalote Grande, Olotillo y Tuxpeño, principalmente (Coutiño *et al.*, 2021), y se obtuvieron seis muestras (en mazorca y en grano) del productor Leopoldo Hernández Pérez y sus familiares del ejido Abelardo R. Rodríguez.

Observación, recombinación en campo y selección inicial de familias

Un compuesto mecánico balanceado de la semilla de las seis muestras colectadas en 2021 se sembró en temporal en el ciclo agrícola P.V. 2021 en el Campo Experimental Centro de Chiapas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, municipio de Ocozocoautla, Chiapas, México, para conocer el tipo de planta, floración, y tipo de mazorca. Se observó amplia variabilidad de plantas y mazorcas, con fenotipos de Zapalote Chico, Zapalote Grande y Tuxpeño, debido a que los productores siembran más de una variedad criolla en sus predios y se propicia la mezcla entre ellas. Al inicio de floración, se desespigaron las plantas más tardías y a la cosecha, en noviembre del 2021, fueron seleccionadas las plantas más bajas y precoces, dando preferencia a las de competencia completa; se escogieron 150 mazorcas sanas, uniformes, y típicas de la raza Zapalote Chico, considerándolas como familias de medios hermanos maternos (FMHM).

Evaluación y selección de familias MH

La semilla de las 150 FMHM se sembró en el temporal del ciclo P.V. 2022 en surcos individuales (mazorca por surco), y a la cosecha fueron seleccionadas visualmente 45 nuevas FMHM de plantas precoces (menos de 49 días a floración), bajas de altura (menos de 2.5 m) y con mazorcas típicas de esta raza, las cuales son de 10 cm de longitud, 4.0 cm de diámetro, con 8 a 10 hileras con 24 granos, de forma cónica-cilíndrica y endospermo de textura dentada (Coutiño *et al.*, 2021; Wellhaussen *et al.*, 1952).

Evaluación y recombinación de familias seleccionadas para obtener Ciclo 1

En el ciclo de riego O. I. 2022/2023 se sembró un lote de recombinación genética de las 45 nuevas FMHM, en la proporción dos surcos macho:cuatro surcos familias hembra, con 20 plantas por surco de 5 m y 0.75 m de separación entre surcos, para tener una densidad de población de 66,500 plantas ha⁻¹, siendo el macho un compuesto mecánico balanceado de las 45 FMHM (C1). A la cosecha se aplicó una presión de selección $p = 14\%$ y se escogieron visualmente las mejores cinco o seis mazorcas dentro de cada familia hembra, generando 238 nuevas FMHM para iniciar el segundo ciclo de selección.

Evaluación y recombinación de familias MH Ciclo 1 para obtener Ciclo 2

En el ciclo de temporal P.V. 2023 se evaluaron las 238 FMHM, bajo un diseño experimental bloques completos al azar con dos repeticiones, en un surco de 1.5 m de largo con 11 plantas. A la cosecha se aplicó una presión de selección entre familias $p_b = 12\%$ para seleccionar las mejores FMH. En el ciclo de riego O.I 2023/2024 se recombinaron genéticamente estas mejores 28 FMH, en un surco de 20 plantas, con un compuesto mecánico balanceado (C2) de ellas como polinizador en la proporción de 2:4 y se aplicó una presión de selección dentro de familias $p_w = 30\%$ para generar 155 nuevas FMH, y con ellas iniciar el ciclo tres de selección.

Evaluación y recombinación de familias MH Ciclo 2 para obtener Ciclo 3

Diseño experimental y manejo agronómico

En el ciclo de temporal del P.V. 2024 se evaluaron en el Campo Experimental Centro de Chiapas las 155 FMHM, más el ciclo 2 de selección (C2) formado por un compuesto mecánico balanceado de semilla de las 28 FMH. Las 156 familias se sortearon aleatoriamente en un diseño experimental látice simple rectangular 13×12 , y

se sembraron en Ocozocoautla, Chiapas, en parcelas de 16 plantas distribuidas en un surco de 3 m de longitud y una separación de 0.75 cm, a una densidad de población aproximada de 66,500 plantas ha⁻¹. Para asegurar esta densidad se sembraron dos semillas por punto y después de la emergencia se raleó a una planta por mata.

El experimento se sembró el 9 de julio de 2024; después de la siembra se aplicó el herbicida Atrazina en dosis de 3 L ha⁻¹ para prevenir la nacencia de maleza y posteriormente se aplicó un herbicida post-emergente a base de Mesotrione más Nicosulfurón en dosis de 1.0 L ha⁻¹ para eliminar maleza y reducir así la competencia por agua, luz y nutrientes y mantener limpio el cultivo. La dosis de fertilización que se empleó fue 123N-60P-00K, utilizando urea y fosfato diamónico; durante la emergencia, se aplicó la mitad del nitrógeno y todo el fósforo y el resto del nitrógeno se suministró 20 días después, cuando había suficiente humedad en el terreno, tapando el fertilizante en forma manual con el suelo húmedo. Cuando hubo presencia de plagas en el follaje de plántulas pequeñas recién germinadas y de dos semanas de edad, se aplicó insecticida líquido Spinetoram en dosis de 100 mL ha⁻¹ para controlar gusanos falso medidor (*Trichoplusia ni*) y soldado (*Mythimna unipuncta*), y en plántulas grandes, de 40 a 45 días de edad, se aplicó Permetrina granulado en dosis de 10 kg ha⁻¹ para controlar y prevenir los daños del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Variables medidas y análisis estadísticos

Se registraron los datos de días a floración femenina (FF) y masculina (FM), altura de planta (AP) y de mazorca (AM) en cm, de acuerdo con el manual del SNICS (2010), y en la cosecha, que fue el 19 de noviembre, se obtuvo el peso de todas las mazorcas por parcela (kg) con una báscula electrónica de 50 kg (Torrey, México), porcentaje de humedad de grano, con un determinador portátil (Marca Dickey-John, Auburn, Illinois, EUA), porcentaje de desgrane (peso de grano de cinco mazorcas/peso total de cinco mazorcas) y se estimó el rendimiento de grano en t ha⁻¹, considerando el tamaño de la parcela útil de un surco de 3 m de longitud y 0.75 cm de ancho, a una humedad de 14 %, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Rend} = \frac{\text{PC} \times \text{MS} \times \text{G} \times \left(\frac{10\,000}{1 \times 0.75 \times 3} \right)}{0.86}$$

Donde PC: peso de campo de la totalidad de las mazorcas cosechadas de cada parcela en kg, MS: porcentaje de materia seca $(100 - \% \text{ humedad de grano})/100$, G: porcentaje de grano de 5 mazorcas y 0.86 es una constante utilizada para estimar rendimiento con una humedad comercial del 14 %.

A estas variables se les realizó análisis de varianza con el procedimiento Lattice (Coutiño, 2024) del SAS® Versión 9.3 (SAS Institute, 2022), así como la prueba de medias de la diferencia honesta significativa ($DHS_{0.05}$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza

El análisis de varianza del diseño experimental látice fue más eficiente para todas las variables analizadas, desde 7 hasta 32 %, en relación con el diseño experimental bloques completos al azar (BCA). Se detectó significancia entre las familias para las variables días a floración femenina y masculina ($P \leq 0.0001$) y rendimiento de grano ($P \leq 0.0039$), no así para las variables altura de planta y altura de mazorca (Cuadro 1). Al respecto, Cabrera-Toledo *et al.* (2019) reportaron que existe amplia variabilidad en las características agronómicas de variedades de la raza Zapalote Chico cultivadas en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México, región colindante con el municipio de Cintalapa, Chiapas, México, de donde proviene la población de este estudio.

Comparación de medias

Días a floración femenina

Algunos productores de esta raza de maíz Zapalote Chico le denominan 'Cuarentano', porque alcanza la floración en alrededor de los 40 días, a diferencia de los maíces de la raza Tuxpeño, que por lo general florecen alrededor de los

60 días (Coutiño *et al.*, 2008). El intervalo de la floración femenina, con estigmas visibles de más de 3 cm de longitud fue de 49 a 44 días, con un promedio de 48 días (Cuadro 2); estadísticamente, sólo cuatro familias fueron las más precoces, de 45 a 44 días, lo que significa que el 3 % de las FMH fueron muy precoces, lo que es similar a lo reportado por Cabrera-Toledo *et al.* (2019), quienes encontraron un promedio de días a floración femenina de 49 días en 18 colectas de Zapalote Chico, y casi coincide con los 48 días registrados en el P.V. 2021 en la primera siembra que se hizo de la población original (C0).

Días a floración masculina

El intervalo de días a floración masculina, cuando la mitad de las espigas de casi todas las plantas de la parcela experimental estaban derramando polen, fue de los 49 a 43 días, y el promedio fue a los 46 días, siendo cuatro familias estadísticamente las más precoces. Estos datos son muy similares a lo reportado por Cabrera-Toledo *et al.* (2019), quienes encontraron que las colectas del Istmo de Tehuantepec florecieron a los 47 días en promedio, y difieren con lo encontrado en el C0, sembrado en el ciclo P.V. 2021, donde el promedio de floración masculina fue a los 50 días, porque había plantas de Zapalote Grande y de Tuxpeño, las cuales son ligeramente más tardías que las de Zapalote Chico.

Alturas de planta y de mazorca

En el ciclo agrícola de temporal P.V. 2024, el intervalo de alturas de planta y mazorca de estas familias fue de 260 a

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza de cinco caracteres medidos en maíz Zapalote Chico, Ocozocoautla, Chiapas, México, 2024.

Fuente de variación	GL	FF	FM	AP	AM	REND
Repeticiones (Reps)	1	0.8205	0.7212	119.39	115.71	0.3994
Bloques (Dentro de Reps) ajustados	24	4.0935	4.1451	1833.52	677.38	1.4723
Familias (sin ajustar)	155	4.12**	3.97**	593.26	237.79	1.29**
Error dentro de Bloques	131	1.03	1.00	307.94	215.09	0.7269
Error (como diseño BCA)	155	1.5044	1.4889	544.16	286.67	0.8423
Total	311	2.8062	2.7251	567.26	261.76	1.0660
Eficiencia relativa del diseño látice en comparación al diseño BCA (%)		130	132	132	120	107

GL: grados de libertad, FF: días a floración femenina, FM: días a floración masculina, AP: altura de planta, AM: altura de mazorca, REND: rendimiento de grano. **: diferencias significativas ($P \leq 0.01$). BCA: bloques completos al azar.

160 cm, con un promedio de 229 y 101 cm, respectivamente (Cuadro 2), y aunque no hubo diferencias estadísticas entre estas variables, las plantas fueron de menor altura que las de la población original (245 cm) sembrada en el temporal del ciclo P.V. 2021, lo cual indica que la selección practicada en plantas de menor altura fue efectiva para uniformizar la población; al respecto, Cabrera-Toledo *et al.* (2019) reportaron alturas promedio de planta y mazorca

en las colectas del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca de 197 y 79 cm, respectivamente, los cuales se asemejan con los valores encontrados en la siembra de la población original (C0), que fue de 191 y 61 cm, respectivamente. Cabrera *et al.* (2015) mostraron cifras de altura de planta y mazorca de 129 y 67 cm, respectivamente, para la raza Zapalote Chico.

Cuadro 2. Características de las 24 FMH de maíz de mayor rendimiento. Ocozocoautla, Chiapas, México. 2024.

No. de FMH	FF (d)	FM (d)	AP (cm)	AM (cm)	Rendimiento	
					(t ha ⁻¹)	(%)
104	47	49	225	109	5.691 a	150
4	47	49	244	92	5.371 a	141
9	45	47	233	98	5.302 a	140
101	48	50	245	106	5.302 a	140
112	46	48	234	96	5.210 a	137
130	45	48	260	105	5.183 a	137
64	47	49	253	102	5.164 a	136
148	47	49	244	121	5.043 a	133
2	44	46	235	91	4.975 a	131
31	46	48	206	96	4.970 a	131
50	47	50	234	101	4.947 a	130
69	48	50	235	114	4.928 a	130
143	47	49	234	94	4.912 a	129
70	47	49	248	116	4.880 a	129
21	46	48	224	96	4.828 a	127
119	43	46	235	92	4.824 a	127
20	47	49	235	91	4.773 a	126
34	46	48	217	86	4.761 a	125
46	45	47	227	99	4.738 a	125
79	46	48	231	93	4.698 a	124
103	46	48	243	96	4.683 a	123
41	46	48	225	98	4.682 a	123
124	46	48	215	98	4.655 a	123
68	43	45	252	102	4.625 a	122
C2 (T)	47	49	225	104	3.796 a	100
Promedios ₁₅₆	48	46	229	101	3.819	
DHS _{0.05}	2.1	2.1			4.223	

FF: días a floración femenina, FM: días a floración masculina, AP: altura de planta, AM: altura de mazorca, C2 T: testigo. Letras iguales indican rendimientos estadísticamente iguales (DHS_{0.05})

Rendimiento de grano

En el ciclo P. V. 2021, el rendimiento de grano de la población original (C0) fue de 3.987 t ha⁻¹. En el ciclo agrícola siguiente, P.V. 2022, el rendimiento promedio de las familias fue de 3.337 t ha⁻¹ y en el P.V. 2024, el rendimiento promedio de las 156 familias fue de 3.819 t ha⁻¹ (Figura 1), y sobresalieron estadísticamente con rendimientos de 5.691 a 2.0 t ha⁻¹, igualando al testigo (C2), que tuvo un rendimiento de 3.796 t ha⁻¹.

Cabrera *et al.* (2015) encontraron diferencias significativas entre variedades, año agrícola y para la interacción de ambos factores en características de planta, mazorca y grano en variedades de Zapalote Chico evaluadas en el Istmo de Tehuantepec; el rendimiento de grano para variedades y años fluctuó entre 1.73 y 2.97 t ha⁻¹, resultados menores a los encontrados en este estudio, y concluyeron que en la región del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México, existe amplia variación genética entre y dentro de poblaciones de maíz de esta raza.

López-Romero *et al.* (2005) mencionaron que el maíz Zapalote Chico puede consumirse en elote a los 60 días después de la siembra, y a los 70 d en tortillas, y seca totalmente a los 90 d, y en su lugar de origen crece en tres condiciones a lo largo del año: de febrero a mayo con riego, de junio a octubre en la estación lluviosa, y de octubre a enero con humedad residual (Taba *et al.*, 2006).

Utilizando esta misma metodología de mejoramiento genético, con familias de hermanos completos, en las poblaciones originales V424, V534 y V526, Coutiño *et al.* (2008) reportaron ganancias totales de 0.474, 0.823 y 0.713 t ha⁻¹, respectivamente, en tres ciclos de selección, de donde se liberaron las nuevas variedades V560, V561 y V562, y después de dos ciclos de selección utilizando familias de medios hermanos de las poblaciones Comiteco Blanco y Comiteco Amarillo, se liberaron las variedades V229 y V231A, respectivamente (Coutiño *et al.*, 2004), y con seis ciclos de selección realizados en la Población Comiteco Blanco se liberó la variedad de maíz V240 (Coutiño y Vidal, 2020). En calabaza, al aplicar tres ciclos de selección con esta metodología y usando familias de medios hermanos maternos en la variedad Mazapa, Sánchez-Hernández *et al.* (2014) encontraron valores altos en número de frutos por planta, peso de frutos y rendimiento de semilla por hectárea.

A manera de seguimiento del presente estudio, en el ciclo de riego O.I. 2024-2025 se sembró un lote aislado para recombinar genéticamente las 24 familias sobresalientes del ciclo de temporal del P.V. 2024 y serán seleccionadas visualmente las mejores 6 mazorcas dentro de cada familia para generar 155 nuevas familias con el fenotipo de Zapalote Chico, para iniciar el cuarto ciclo de selección modificada mazorca por surco. De igual forma, se recombinarán manualmente algunas de las mejores familias para formar nuevas variedades, las cuales serán evaluadas para seleccionar la mejor de ellas con fines de liberación próxima.

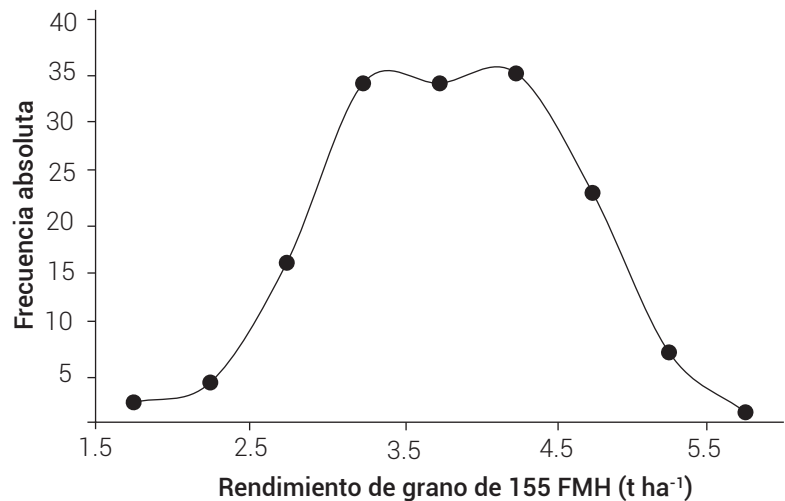


Figura 1. Distribución de frecuencias del rendimiento de grano de FMH de maíz Zapalote Chico, Ocozocoautla, Chiapas, México, 2024.

CONCLUSIONES

La evaluación de 155 FMH de maíz de la población Cuarentano de Zapalote Chico realizada en el ciclo PV 2024 en Ocozocoautla, Chiapas, no detectó variación significativa para altura de planta y de mazorca, pero sí para días a floración femenina y masculina y rendimiento de grano, con promedios de 46, 49 días y 3.819 t ha⁻¹, respectivamente. Fueron seleccionadas 24 familias de medios hermanos con rendimientos de 5.691 a 4.531 t ha⁻¹, las cuales superaron numéricamente desde 50 a 22 % el rendimiento del Ciclo 2 (3.796 t ha⁻¹). Estas familias de medios hermanos se recombinarán genéticamente para volver a seleccionar 155 nuevas familias e iniciar el cuarto ciclo de selección.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al INIFAP el financiamiento del proyecto "Mejoramiento genético y registro de variedades de maíz para el trópico bajo de México y sus nichos ecológicos", durante los años 2022 a 2024.

BIBLIOGRAFÍA

- Cabrera T. J. M., A. Carballo C. y F. Aragón C. (2015) Evaluación agronomica de maíces raza Zapalote Chico en la región Istmeña de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Esp. 11:2075-2082, <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i11.775>
- Cabrera-Toledo J. M., A. Carballo-Carballo, J. A. Mejía-Contreras, G. García-De los Santos y H. Vaquera-Huerta (2019) Caracterización de poblaciones sobresalientes de maíz de la raza Zapalote Chico. *Revista Fitotecnia Mexicana* 42:269-279, <https://doi.org/10.35196/rfm.2019.3.269>
- Compton W. A. and K. Bahadur (1977) Ten cycles of progress from modified ear-to-row selection in corn. *Crop Science* 17:378-380, <https://doi.org/10.2135/cropsci1977.0011183X001700030009x>
- Compton W. A. and R. E. Comstock (1976) More on modified ear-to-row selection in corn. *Crop Science* 16:122, <https://doi.org/10.2135/cropsci1976.0011183X001600010034x>
- Coutiño E. B. (2024) Diseños y Análisis Estadísticos de Experimentos Agropecuarios. Barkerbooks. Los Angeles, California, USA. 338 p.
- Coutiño E. B. y V. A. Vidal M. (2020) V240, nueva variedad subtropical de maíz comiteco. *Revista Fitotecnia Mexicana* 43:349-350, <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.3.349>
- Coutiño E. B., E. Betanzos M., A. Ramírez F. y N. Espinosa P. (2004) V-229 y V-231A, primeras variedades mejoradas de maíz de la raza Comiteco. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27:295-296, <https://doi.org/10.35196/rfm.2004.3.295>
- Coutiño E. B., G. Sánchez G. y V. A. Vidal M. (2008) Selección entre y dentro de familias de hermanos completos de maíz en Chiapas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31:115-123, <https://doi.org/10.35196/rfm.2008.2.115>
- Coutiño E. B., C. Cruz V., J. M. Hernández C., N. Gómez M., F. J. Cruz C., V. Vidal M. y E. Aguilar J. (2021) Variación Fenotípica de Razas de Maíz Cultivadas en Chiapas, México. Libro Técnico No. 14. Campo Experimental Centro de Chiapas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Ocozocoautla, Chiapas, México. 303 p.
- Edwards J. (2010) Testcross response to four cycles of half-sib and S₂ recurrent selection in the BS13 maize (*Zea mays* L.) population. *Crop Science* 50:1840-1847, <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.09.0557>
- Espinosa-Carillo J. F. y F. A. Vallejo-Cabrera (2020). Variabilidad genética de familias de medios hermanos de melón criollo ecuatoriano *Cucumis melo* var. Dudaim (L.) Naudin. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica* 23:e1762, <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1762>
- Lagos S. L. K., F. A. Vallejo C., T. C. Lagos B. y D. E. Duarte A. (2020) Evaluación agronomica de familias de medios hermanos de lulo de Castilla, *Solanum quitoense* Lam. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica* 23:1-10, <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1334>
- Lamkey K. R. (1992) 50 years of recurrent selection in the Iowa Stiff Stalk Shynthetic maize population. *Maydica* 37:19-28.
- Lonnquist J. H. (1964) A modification of the ear-to-row procedure for the improvement of maize populations. *Crop Science* 4:227-228, <https://doi.org/10.2135/cropsci1964.0011183X000400020033x>
- López-Romero G., A. Santacruz-Varela, A. Muñoz-Orozco, F. Castillo-González, L. Córdova-Téllez y H. Vaquera-Huerta (2005) Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, México. *Interciencia* 30:284-290.
- Márquez S. F. (1988) Genotecnia Vegetal. Métodos, Teoría y Resultados. Tomo I. AGT Editor. México, D. F. 665 p.
- Meneses-Márquez I., C. Villanueva-Verduzco, J. Sahagún-Castellanos, T. R. Vázquez-Rojas y L. C. Merrick (2002) Componentes de varianza genética y respuesta a la selección combinada en calabaza (*Cucurbita pepo* L.) bajo el sistema milpa. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 8: 5-23, <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2000.08.061>
- Meneses-Márquez I., C. Villanueva-Verduzco y J. Sahagún-Castellanos (2009) Cambios en la calidad de fruto maduro en una población sintética de calabaza (*Cucurbita pepo* L.). *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 15:269-274, <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2009.15.037>
- Peña-Lomelí A., H. Guerrero-Ramos, J. E. Rodríguez-Pérez, J. Sahagún-Castellanos y N. Magaña-Lira (2013) Elección temprana en familias de medios hermanos maternos de tomate de cáscara de la raza Puebla. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19:5-13, <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2012.01.18>
- Sánchez-Hernández M. A., C. Villanueva-Verduzco, J. Sahagún-Castellanos y L. C. Merrick (2000) Variación genética y respuesta a la selección combinada en una variedad criolla de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6:221-240, <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.1999.10.068>
- Sánchez-Hernández M. A., C. Villanueva-Verduzco, C. Sánchez-Hernández, J. Sahagún-Castellanos y E. Villanueva-Sánchez (2014) Respuesta a la selección participativa en variedades de calabaza de la Sierra Norte de Puebla, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 20:41-56, <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.10.058>
- SAS Institute (2022) SAS/STAT® User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2024) Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Ciudad de México, México. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/ (Agosto 2025).
- SNICS, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (2010) Manual Gráfico para la Descripción Varietal en Maíz (*Zea mays* L.). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, Colegio de Postgraduados, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Tlalnepantla, Estado de México. México. 69 p.
- Souza C. L. (1999) Recurrent selection and heterosis. In: The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. J. G. Coors and S. Pandey (eds.). CIMMYT-American Society of Agronomy-Crop Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA. pp:247-253.
- Taba S., J. Díaz, F. Aragón C., F. Rincón-Sánchez, J. M. Hernández and M. Krakowsky (2006) Evaluation of Zapalote Chico accessions for conservation and enhancement. *Maydica* 51:209-218.
- Webel O. D. and J. H. Lonnquist (1976) An evaluation of modified ear-to-row selection in a population of corn (*Zea mays* L.). *Crop Science* 7:651-655, <https://doi.org/10.2135/cropsci1967.0011>

183X000700060028x

Wellhausen E. J., L. M. Roberts y E. Hernández X. en colaboración con P. C. Mangelsdorf (1952) Razas de maíz en México, su origen, características y distribución. Folleto Técnico. Secretaría de Agricultura y Ganadería-Fundación Rockefeller. México, D. F. 237 p.