

Artículo de Investigación

Evaluación de dos ciclos de selección masal visual estratificada en maíz nativo cuarentano (Zapalote Chico) en Chiapas

Evaluation of two cycles of stratified visual mass selection in the native cuarentano maize (Zapalote Chico) in Chiapas

Juan Carlos Caballero-Salinas ^{1,*}, Humberto Conde-Torrez ¹, Francisco Javier Sánchez-Ramírez ²

¹ Centro Académico Regional Chiapas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Prolongación Benito Juárez, Rancho La Concordia, 30400. Cintalapa, Chiapas, México.

² Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista, 25315. Saltillo, Coahuila, México.

* Autor para correspondencia: jccs.uaaan@gmail.com

Recibido:

15/02/2026

Aceptado:

27/04/2026

Publicado:

30/04/2026

Como citar:

Caballero-Salinas J.C., Conde-Torrez H., Sánchez-Ramírez F.J. (2026). Evaluación de dos ciclos de selección masal visual estratificada en maíz nativo cuarentano (Zapalote Chico) en Chiapas. *Universitas Agri* 5(1): e64. <https://doi.org/10.59741/agri.v5i1.64>

RESUMEN

La selección masal (SM) es el método más antiguo de mejoramiento genético y es común entre agricultores de pequeña escala. Es efectivo para mejorar características agronómicas de alta heredabilidad y aumentar el rendimiento. La elección de las mazorcas para obtener la semilla del siguiente ciclo la realiza el agricultor desde el “montón” sin evaluar la progenie. La eficiencia de la SM puede incrementarse si la selección se lleva a cabo en la parcela mediante la selección masal visual estratificada (SMVE). El objetivo del estudio fue analizar el efecto de dos ciclos (C2) de SMVE en planta y mazorca sobre las características morfológicas y el rendimiento de grano del maíz cuarentano amarillo de la raza Zapalote Chico. La evaluación se realizó con base en la metodología del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), que consiste en establecer un lote dividido en 60 sublotos de 5 filas con 22 plantas cada una. En los dos ciclos de SMVE, los días a floración masculina (DFM) y días a floración femenina (DFF) disminuyeron de 47 y 50 días a 42 y 45 días, respectivamente. Los valores de altura de planta (AP) aumentaron de 121.7 cm en el C0 a 145.4 (± 20.4) en el C1 y 205.9 cm (± 31.7) en el C2. La longitud de mazorca (LM) se incrementó en un 37.8 %, mientras que el diámetro no presentó cambios. El rendimiento de grano aumentó de 1.94 t ha⁻¹ (C0) a 2.42 t ha⁻¹ en el C2. Los dos ciclos de SMVE aplicados al maíz cuarentano disminuyeron los días a floración y aumentaron los componentes de la mazorca. Se recomienda continuar con la SMVE en este maíz nativo, dada su relevancia por los atributos fitogenéticos, especialmente su precocidad.

Palabras clave: maíz cuarentano, mejoramiento genético, morfología, precocidad, rendimiento de grano.



ABSTRACT

Mass selection (MS) is the oldest method of genetic improvement and is common among small-scale farmers. It is effective for improving highly heritable agronomic traits and increasing yield. The selection of ears of corn for the next growing season is made by the farmer without evaluating the progeny. The efficiency of MS can be increased if selection is carried out in the field using stratified visual mass selection (SVMS). The objective of this study was to analyze the effect of two cycles (C2) of SVMS on both plant and ear characteristics and grain yield of Zapalote Chico yellow maize. The evaluation was based on the methodology of the National Seed Inspection and Certification Service (SNICS), which consists of establishing a plot divided into 60 subplots of 5 rows with 22 plants each. In both cycles of SMVE, days to male flowering (DFM) and days to female flowering (DFF) decreased from 47 and 50 days to 42 and 45 days, respectively. Plant height (PH) increased from 121.7 cm in C0 to 145.4 (± 20.4) in C1 and 205.9 cm (± 31.7) in C2. Ear length (EL) increased by 37.8%, while diameter remained unchanged. Grain yield increased from 1.94 t ha⁻¹ (C0) to 2.42 t ha⁻¹ in C2. The two cycles of SMVE applied to the *cuarentano* maize decreased days to flowering and increased ear components. It is recommended to continue with SMVE in this native maize, given its relevance for its phylogenetic attributes, especially its earliness.

Keywords: *cuarentano* maize, earliness, genetic improvement, grain yield, morphology.

1. INTRODUCCIÓN

En Chiapas, aproximadamente en el 74 % de la superficie agrícola cultivada de maíz se emplean semillas de variedades nativas o criollas que están adaptadas a las condiciones agroecológicas de la región (Velasco-Macías et al., 2025). Dentro de estas destacan las variedades que pertenecen a la raza Zapalote Chico (Coutiño-Estrada et al., 2025). Esta raza es reconocida por su ciclo corto de producción debido a su rápida madurez fisiológica y alta eficiencia fotosintética. Se encuentra distribuida en las regiones tropicales de los estados de Oaxaca y Chiapas, endémica del Istmo de Tehuantepec (López-Romero et al., 2005). Además de su tolerancia a la sequía y precocidad, cuenta con un tipo de almidón de alto contenido nutricional (Nuricumbo-Linares et al., 2018). Por sus características fisiológicas, morfológicas y agronómicas sobresalientes, esta raza de maíz se considera de relevancia para el mejoramiento genético (de Oliveira et al., 2018; Caballero-Salinas et al., 2024).

Para la obtención de semillas de maíz, con frecuencia los agricultores seleccionan las mejores mazorcas de su cosecha (mayor longitud y diámetro, hileras uniformes, con granos profundos y sanos) en el “montón” o la troja. Este procedimiento es el más antiguo y se le conoce como SM, el cual ha contribuido gradualmente al mejoramiento del maíz nativo, particularmente en el incremento del rendimiento y caracteres agronómicos de alta heredabilidad (Pérez-Colmenarez et al., 2002). Esta selección es un método de mejoramiento genético de polinización libre, recomendable para pequeños agricultores. Las poblaciones de maíz sometidas a SM producen genotipos superiores al recombinarse con alelos favorables (da Silva y Borges, 2024). La SM forma parte de un enfoque de selección fenotípica que favorece la cantidad de plantas/mazorcas con atributos deseados por los agricultores, como color de grano, tamaño de mazorca y altura de la planta (Saquimux-Canastuj, 2011).

Para optimizar el proceso de SM, Gardner (1961) diseñó un método que divide la parcela principal en unidades menores denominadas subplots y se cosecha únicamente en plantas que presenten competencia completa. Esta técnica se conoce como selección masal estratificada o moderna. No obstante, la aplicación de mediciones a todas las mazorcas recolectadas



en el lote resulta sumamente laboriosa; por este motivo, Molina (1983) propuso una modificación que consiste en realizar la selección visual de las plantas y mazorcas más sobresalientes en cada sublote. Este procedimiento es denominado SMVE (Pérez-Colmenarez et al., 2007).

La SMVE constituye un método que incrementa el rendimiento de grano mediante ciclos de selección en poblaciones de maíz, sin afectar la varianza genética aditiva. Por ello, este procedimiento es adecuado para el mejoramiento y adaptación de variedades nativas de maíz (López-Morales et al., 2020). Este método ha sido aplicado en diversas investigaciones para evaluar la adaptación de razas de maíz tropicales a condiciones de clima templado (Pérez Colmenarez et al., 2002; 2007; Santiago-López et al., 2020), así como para analizar la respuesta de la SM frente a la resistencia a la sequía (Avendaño Arrazate et al., 2009) y generación de variedades mejoradas de maíz (Gómez Montiel et al., 2017). En este contexto, el objetivo del estudio fue analizar el efecto de la SMVE sobre el rendimiento de grano y la morfología de la planta de una población de maíz cuarentano amarillo de la raza Zapalote Chico, cultivada en el municipio de Cintalapa, Chiapas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Metodología

El experimento se realizó en el Centro Académico Regional Chiapas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en el municipio de Cintalapa, Chiapas. El clima de la región es semicálido subhúmedo con temperatura media anual de 24.5 °C y precipitación pluvial promedio anual de 800 mm. Para el presente estudio se empleó el método de SMVE propuesto en el manual para el diseño de sistema locales de semillas elaborado por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS, 2020), cuya metodología se describe a continuación.

1. Lote de selección: se estableció sobre un terreno plano, con un perfil homogéneo de suelo arcilloso. El área experimental estuvo ubicada a una distancia aproximada de 500 m de otras áreas cultivadas con maíz, lo que garantizó su aislamiento para evitar contaminación con otra población de maíz.
2. Siembra de lote de selección: se sembraron 52 surcos, cada uno dividido en seis fajas de 6.3 m de longitud. Entre fajas se dejó una calle de un metro; los surcos 1 y 52 se utilizaron como borde. En cada faja, se marcaron 22 puntos a una distancia de 30 cm. Por lo tanto, se obtuvieron surcos con una longitud de 44.8 m. Se colocaron dos semillas por punto, transcurridos 20 días después de la siembra, se efectuó el aclareo dejando solo una planta. La siembra se realizó en el 2024, el primer ciclo de SMVE el 04 de febrero en periodo de estiaje (riego), mientras que el segundo ciclo el 24 de junio en temporada de lluvias (temporal). En el momento de realizar la siembra se trazó una línea guía perpendicular a la orientación de los surcos, que fungió como referencia para la siembra de todos los surcos.

La Figura 1 presenta el esquema correspondiente al lote de siembra, en el cual se ilustran las seis fajas perpendiculares a la orientación de los surcos, así como la conformación de 60 sublotes. Cada uno de los lotes estuvo constituido por cinco surcos.

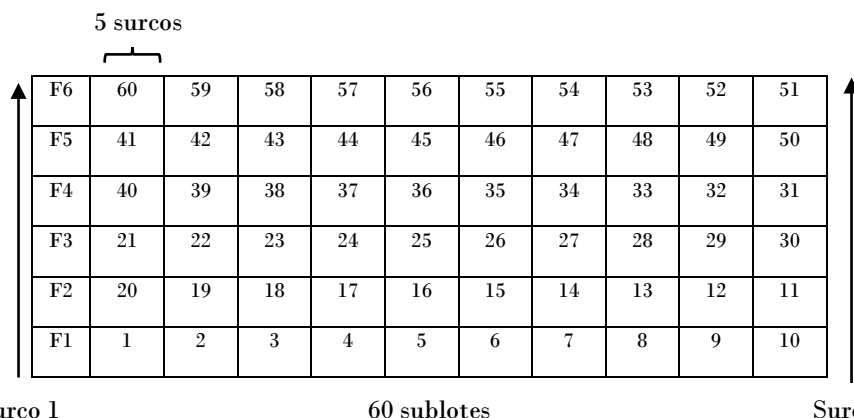


Figura 1. Esquema del lote de SMVE de maíz cuarentano amarillo en Cintalapa, Chiapas.

3. Selección de plantas: al inicio de la floración masculina y previo a la liberación de polen, se eliminaron espigas de plantas con características no deseadas con el propósito de que el polen de esas plantas no influya en el proceso de polinización. Alrededor de 20 días después de la floración, se marcaron las plantas que reunían las características deseadas (Tabla 1) con competencia completa. De cada sublote se marcaron entre 15 a 20 plantas, se descartaron las que se encontraban ubicadas en las cabeceras del sublote.
4. Cosecha del lote de selección: una vez que las plantas alcanzaron su madurez fisiológica, se procedió a recolectar las mazorcas de los 60 sublotes. De las 15 a 20 plantas previamente identificadas, se seleccionaron las que presentaron las mejores mazorcas según los criterios establecidos en la Tabla 1, de las cuales se obtuvo la semilla para el segundo ciclo. Con este procedimiento se completaron los dos ciclos de SMVE en planta y mazorca.

Tabla 1. Criterios de selección en planta y mazorca de la SMVE del maíz cuarentano amarillo en Cintalapa, Chiapas.

Características	Criterios de interés
Planta	Altura de planta y mazorca
	Resistencia al acame
	Prolificidad
	Precocidad
	Resistencia a plagas y enfermedades
Mazorca	Buena cobertura de mazorca
	Sanidad
	Diámetro de mazorca
	Longitud de mazorca
	Número de hileras
	Número de granos por hileras

2.2 Germoplasma de maíz cuarentano amarillo

El genotipo al que se aplicaron los dos ciclos de SMVE pertenece a la raza Zapalote Chico, dentro del grupo de tropicales precoces, recolectado en la Ranchería Tuxtita, municipio de Cintalapa. Es conocido localmente como maíz “cuarentano” o “violento”. En la Tabla 2 se describen las características morfológicas y fenológicas de la planta, así como los componentes de la mazorca en la población inicial del maíz cuarentano (C0).

Tabla 2. Características fenotípicas y componentes de mazorca del maíz cuarentano amarillo en el ciclo inicial (C0).

Variables morfológicas y fenológicas de la planta	
Días a floración masculina	47
Días a floración femenina	50
Días a madurez fisiológica	90
Altura de planta (cm)	121.7
Altura de mazorca (cm)	58
Diámetro de tallo (cm)	1.29
Número total de hojas	9.25
Longitud de espiga	33.50
Ramas por espiga (primarias)	8.56
Longitud de pedúnculo (cm)	9.96
Longitud de tramo ramificado (cm)	7.08
Longitud de panoja (cm)	23.29
Características de la mazorca	
Longitud de mazorca (cm)	6.89



Diámetro de mazorca (cm)	3.86
Número de hileras	9.92
Número de granos por hilera	13.53

Fuente: Caballero-Salinas et al. (2024).

2.3 Manejo agronómico del lote

La evaluación de la SMVE del maíz cuarentano se llevó a cabo en dos ciclos: el primero bajo sistema de riego por goteo y el segundo en condiciones de temporal. En ambos casos, la preparación del terreno incluyó labores con rastra mecánica y siembra manual. El diseño topológico consistió en una separación de 30 cm entre plantas y 50 cm entre surcos, con una densidad aproximada de 66, 666 plantas por ha⁻¹.

El manejo agronómico del cultivo se caracterizó por la aplicación combinada de insumos agroecológicos y químicos. En la Tabla 3 se presenta un resumen de las distintas prácticas agrícolas implementadas durante el período vegetativo del cultivo de maíz en los dos ciclos de SMVE.

Tabla 3. Labores agrícolas en los dos ciclos de SMVE del maíz cuarentano amarillo en Cintalapa, Chiapas.

C1				
Labores agrícolas	Días después de la siembra	Insumos utilizados	Dosis empleada	Dosis hectárea
1ª fertilización foliar	10	Biol supermagro	2 L/20 L de agua	20 L ha ⁻¹
2ª fertilización foliar	30	Biol supermagro	2 L/20 L de agua	20 L ha ⁻¹
Control de hierbas	15	Ninguno	Se realizó con uso de la coa de manera manual	12 jornales ha ⁻¹
Fertilización química	17	Urea (46-00-00) +humus de lombriz	4 de urea (46-00-00) +11 g de humus de lombriz	122.6 kg de N ha ⁻¹ 733 kg ha ⁻¹
Control de gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	23	Jabón potásico	600 mL/20 L de agua	12 L ha ⁻¹
	28	Spinetoram	10 mL/20 L de agua	100 mL ha ⁻¹
C2				
1.ª fertilización foliar	10	Biol supermagro	2 L/20 L de agua	20 L ha ⁻¹
2.ª fertilización foliar	30	Biol supermagro	2 L/20 L de agua	20 L ha ⁻¹
Fertilización química	17	Urea (46-00-00) +humus de lombriz	4 de urea (46-00-00) +11 g de humus de lombriz	122.6 kg de N ha ⁻¹ 733 kg ha ⁻¹
Control de gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	16	Spinetoram	10 mL/20 L de agua	100 mL ha ⁻¹
	26	Spinetoram	10 mL/20 L de agua	100 mL ha ⁻¹
Control químico de hierbas (herbicida selectivo)	30	Mesotriona	35 mL/20 L de agua	350 mL ha ⁻¹

En ambos ciclos, la fertilización se realizó de manera manual y enterrada, con el propósito de optimizar su eficiencia. Durante el C2, se registró una mayor incidencia de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), lo que requirió la aplicación del insecticida spinetoram en dos ocasiones. Además, las precipitaciones abundantes posteriores a la siembra impidieron la remoción manual de hierbas; por ello, se utilizó un herbicida selectivo para su control.

2.4 Variables evaluadas y análisis de datos

Se registraron datos de las variables (fenológica, vegetativa y de espiga) de las plantas seleccionadas de cada sublote. Posteriormente, se midieron los componentes de mazorca (Tabla 4), con base en los descriptores para maíz emitido por International Board for Plant Genetic Resources (1991).



Tabla 4. Variables registradas de la planta y mazorca de la SMVE del maíz cuarentano amarillo en Cintalapa, Chiapas

Tipo de variable	Variable	Abreviatura	Unidad de medida
Planta	Días a floración masculina	DFM	Días
	Días a floración femenina	DFF	Días
	Días a madurez fisiológica	DMF	Días
	Altura de planta	AP	cm
	Altura de mazorca	AM	cm
	Diámetro de tallo	DT	cm
	Número total de hojas	NTH	Número
	Longitud de espiga	LE	cm
	Ramas por espiga	RE	Número
	Longitud del pedúnculo	LP	cm
	Longitud del tramo ramificado	LTR	cm
	Longitud de panoja	LPA	cm
Mazorca	Diámetro de mazorca	DM	cm
	Longitud de mazorca	LM	cm
	Número de hileras por mazorca	NH	Número
	Número de granos por hilera	NGH	Número

Los datos se analizaron con estadística descriptiva (medidas de tendencia central y dispersión). Para ello, la información fue procesada mediante el paquete estadístico SAS® OnDemand for Academics lo que permitió estimar la media y moda. De igual manera, se calcularon la desviación estándar y el coeficiente de variación, que se presentan como métricas del grado de dispersión en los datos de las variables evaluadas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 *Días a floración masculina, femenina y madurez fisiológica*

El registro de DFM se efectuó cuando el 50% de las plantas en cada sublote mostraron liberación de polen. Tal como se observa en la Figura 2, existe una reducción en el número de días de floración en comparación con el C0, ya que disminuyó de un promedio de 47 días a 42 días en el ciclo C2. En este mismo sentido los DFF se redujeron de 50 a 45 días en el C2. De igual manera los DMF disminuyeron en un 5.5 % en los dos ciclos de SMVE. La raza de maíz Zapalote Chico se distingue por su precocidad (Caballero-Salinas et al., 2024), lo que permite obtener al menos dos cosechas en el mismo terreno en condiciones de temporal (López-Romero et al., 2005). Cabrera Toledo et al. (2024) evaluaron cuatro criollos superiores de Zapalote Chico, y registraron una floración masculina y femenina promedio de 47.8 y 49.6 días después de la siembra, respectivamente. En Chiapas, Coutiño-Estrada et al. (2025) reportaron, tras aplicar tres ciclos de selección modificada por surco en maíz Zapalote Chico de grano blanco, un promedio de 46 días a floración masculina (DFM) y 48 días a floración femenina (DFF).

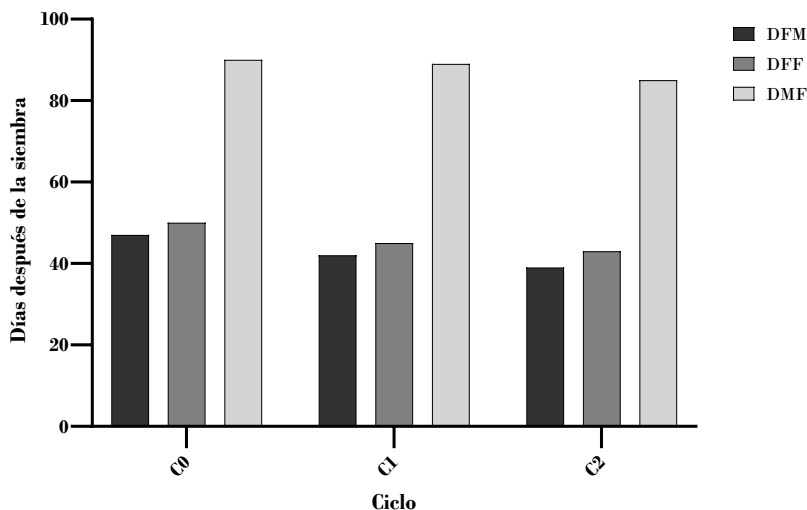


Figura 2. Cambios en los días a floración masculina (DFM), días a floración femenina (DFF) y días a madurez fisiológica (DMF) durante los dos ciclos de SMVE del maíz cuarentano amarillo en Cintalapa, Chiapas.

Diversos trabajos con selección masal visual recurrente en variedades de maíz criollo han evidenciado que es un método eficiente para disminuir los DFM y DFF, al seleccionar plantas de floración temprana (López-Morales et al., 2020). Pérez Colmenarez et al. (2002) implementaron SMV en diez variedades de maíces nativos a lo largo de nueve ciclos, observaron una disminución significativa en la floración masculina en ocho de las razas estudiadas. Las razas que mostraron mayor ganancia en precocidad fueron Pepitilla, Tabloncillo, Comiteco y Olotillo, con una disminución entre la variedad original y el último ciclo de selección de 11, 10, 10 y 9 días en la floración masculina, respectivamente. No obstante, el maíz Zapalote Chico mantuvo los mismos días a la floración masculina durante los nueve ciclos de SMV. De acuerdo con lo reportado en la investigación de López-Morales et al. (2020), tras 19 ciclos de SM se observó una reducción en la floración del maíz Tuxpeño V-520C; en el ciclo 19 el maíz mostró una disminución de 10.3 DFM y 11.8 DFF en comparación con el ciclo inicial (C0).

3.2 Características morfológicas de la planta

Los resultados muestran que la SMVE contribuyó a mejorar las características morfológicas de la planta, como el diámetro, la altura y la posición de la mazorca (Tabla 5). La altura de la planta (AP) promedio fue de 121.7 cm en C0, con un aumento del 19.47 % en comparación con C1 y del 69.18 % respecto a C2, lo cual se reflejó en un incremento del 21.08 % en comparación con C1 y 16.75 % respecto a C2 en el número total de hojas (NTH). El incremento en la AP podría estar relacionado con una selección indirecta de plantas de mayor altura; sin embargo, aunque se observó un aumento en la AP, el promedio alcanzado de 205.9 cm no presentó un problema de acame. El porcentaje de incremento en la AM fue similar al registrado en la AP, lo que favorece la cosecha y disminuye los riesgos asociados a la fauna silvestre (Caballero-Salinas et al., 2023). Por otro lado, el DT mostró un aumento de 1.29 cm en C0 a 1.5 cm en C2, es decir, un incremento del 16.27 %. La raza de maíz Zapalote Chico se caracteriza por plantas de baja altura (Wellhausen et al., 1951). López-Romero et al. (2005) clasificaron 14 poblaciones de maíz precoz, donde la AP promedio fue de 168 cm. Los resultados descritos en este estudio se encuentran dentro de los valores reportados por Cabrera-Toledo et al. (2024) y Cabrera Toledo et al. (2019). En el primer estudio, se registraron valores de 182.5 cm para AP y 77.3 cm en la AM en las cuatro variedades de Zapalote, Una de estas variedades alcanzó máximos promedios de 205 cm en AP y 94 cm en AM. Por su parte, el segundo estudio consistió en la caracterización morfológica de 18 poblaciones de Zapalote Chico, con valores promedio de 196.97 cm en AP y 79.66 cm en AM.

De acuerdo con diversos estudios que han aplicado la SM en variedades de maíces nativos, se han obtenido diversos resultados. Gómez Montiel et al. (2017) tras cinco ciclos de selección masal, lograron la disminución de plantas excesivamente altas y la reducción de la alta variabilidad en la altura de las mazorcas. Por su parte, López-Morales et al.

(2020), al evaluar los ciclos C14 y C19 de SM en el maíz tropical Tuxpeño V-520 para adaptar esta variedad a un clima templado, observaron que la AP y AM disminuyeron a medida que se avanzó en los ciclos de selección. Estos resultados respaldan la eficacia del método para modificar la AP y AM (López-Morales et al., 2020). No obstante, también se han reportado casos donde se obtuvo el efecto contrario. En el estudio de Pérez Colmenarez et al. (2002), tras nueve ciclos de SM, las razas de maíz Tepecintle, Nal-Tel y Pepitilla experimentaron incrementos significativos en AP, alcanzando aumentos promedio de 4.0, 3.1 y 2.1 cm por ciclo, respectivamente. En tanto, el Zapalote Chico mostró un aumento de altura promedio de 161.5 cm en el ciclo inicial (C0) a 170.3 cm en el ciclo nueve (C9). Aunque este cambio no fue estadísticamente significativo, representó un incremento del 0.60 % por ciclo. En razas de maíz de porte alto este incrementó en la AP y AM, que Pérez-Colmenarez et al. (2000) reconoció como un cambio agronómico indeseable.

Tabla 5. Cambios en la morfología de la planta durante los dos ciclos de SMVE del maíz cuarentano amarillo en Cintalapa, Chiapas

Variable	C1				C2			
	Media (cm)	Std Dev	Moda (cm)	CV (%)	Media (cm)	Std Dev	Moda (cm)	CV (%)
Altura de la planta (AP)	145.4	20.4	143.0	14.0	205.9	31.7	230.0	15.4
Altura de la mazorca (AM)	72.3	16.2	70.0	22.4	97.5	21.0	100.0	21.6
Diámetro de tallo (DT)	1.7	0.4	1.8	21.6	1.5	0.4	1.5	24.3
Número total de hojas (NTH)	11.2	1.4	10.0	12.4	10.8	1.3	10.0	12.1
Longitud de espiga (LE)	43.0	6.8	39.0	15.9	42.7	7.0	42.0	16.4
Ramas por espiga (RE)	16.4	5.3	16.0	32.1	12.5	3.2	10.0	25.4
Longitud de pedúnculo (LP)	8.4	3.0	9.0	35.7	9.7	3.6	10.0	37.7
Longitud de tramo ramificado (LTR)	13.1	3.9	12.0	29.8	13.0	3.5	14.0	27.2
Longitud de panoja (LPA)	35.0	6.8	33.0	19.3	33.0	6.1	30.0	18.6

Std Dev: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

En cuanto a las variables de espiga, se observó que no hubo una variación importante entre los dos ciclos de SMVE; sin embargo, sí se detectaron cambios en la mayoría de las variables al compararlas con el C0. La longitud y el número de ramas por espiga (LE y RE) aumentaron un 27.46 % y un 46.02 %, respectivamente. Por otro lado, en la variable LP se observó una disminución de 9.13 % al comparar C0 con el promedio obtenido en C1 y C2. En lo que respecta a LTR y LPA, se registró un incremento de 6 cm y 9.7 cm, respectivamente, vinculado directamente con el aumento en LE. El incremento en los valores de los componentes de la espiga resultó favorable, ya que ofrece una mayor capacidad para la producción de polen, lo que contribuye a lograr una polinización más efectiva (Cabrera-Toledo et al., 2019). Los resultados obtenidos en este estudio presentan diferencias respecto a los reportados por López-Romero et al. (2005), quienes registraron un promedio de 53.9 cm en la LE y 21.2 cm en el tamaño del pedúnculo; sin embargo, son congruentes con la descripción morfológica de Zapalote Chico presentada por Cabrera Toledo et al. (2019), donde se reportaron valores promedio de 33.15 cm para la longitud de la espiga (LE), 9.41 cm para la longitud del pedúnculo (LP) y 10.9 para las ramas primarias de espiga (RE). Al comparar con otros estudios que implementaron SM, como el de López-Morales et al. (2020), quienes aplicaron C19, se reportó una disminución en las variables LE y LTR, mientras que las RE aumentaron. En particular, se observó en este estudio que RE se incrementó a un valor de 16.4 cm en C1 y posteriormente disminuyó a 12.5 cm en C2. En este contexto, los hallazgos de Pérez-Colmenarez et al. (2000) señalaron que el número de ramas por espiga tiende a reducirse a medida que se avanza en el proceso de selección masal.

3.3 Componentes de la mazorca y rendimiento de grano

En la Tabla 6, se muestran los efectos de la SMVE en los componentes de la mazorca. En la variable LM se observó un aumento del 37.88 % con respecto a C0, mientras que el diámetro se mantuvo constante. En cuanto a las variables NH y NGH, presentaron incrementos del 10.88 % y 47.81 % en C2, respectivamente, en comparación con los valores registrados en C0. Además, se observa una importante reducción en la desviación estándar y en el coeficiente de variación en el C2, lo que indica que el conjunto de datos presentó una menor variación con respecto a la media. Las mazorcas de Zapalote Chico se caracterizan por ser cortas, con bajo número de hileras y de forma cilíndrica, presentan un ligero adelgazamiento en la parte cercana al ápice (Nuricumbo Linares et al., 2018). Sus granos son semiharinosos con un contenido proteico promedio de 12.7 %, de los más altos dentro de las razas de maíz (Castañeda-Hidalgo et al., 2020). En un análisis realizado a lo largo de cuatro ciclos en 18 poblaciones de Zapalote Chico, Cabrera Toledo et al. (2015) informaron promedios de LM de 10.47 cm, DM de 3.95 cm y NH de 10.87, valores que coinciden con los observados en el presente estudio tras los dos ciclos de SMVE. Los datos contrastan con los obtenidos en el estudio reciente de Cabrera Toledo et al. (2024), donde se reportaron valores de 11.7 cm y 4.4 cm para LM y DM, respectivamente, mientras que para NH y NGH se registraron mediciones de 12.5 y 27.2. Esta diferencia probablemente se deba a que dichos autores evaluaron cuatro variedades superiores de Zapalote Chico.

Diversos estudios han demostrado que la SM ha generado cambios positivos en la longitud y el diámetro de la mazorca. Pérez-Colmenarez et al. (2000) aplicaron el método de SMVE a una población de maíz Tuxpeño Crema 1 durante C12. Los resultados indicaron que el aumento gradual en el rendimiento de grano se atribuye principalmente al incremento en la longitud y el diámetro de la mazorca, especialmente entre los ciclos C0 y C2 de SM. De manera similar, la investigación de Santiago-López et al. (2020) reportó diferencias significativas en cuatro poblaciones de maíz Tuxpeño para las variables LM, DM, NH y NGH, tras un aumento progresivo de los valores desde C1 hasta C7.

Tabla 6. Cambios en componentes de la mazorca durante los dos ciclos de SMVE del maíz cuarentano amarillo en Cintalapa, Chiapas.

Variable	C1			C2		
	Media (cm)	Std Dev	CV	Media (cm)	Std Dev	CV
Longitud de mazorca (LM)	9.4	4.7	50.9	9.5	1.5	16.3
Diámetro de mazorca (DM)	3.9	1.6	42.4	3.9	0.4	12.5
Número de hileras por mazorca (NH)	11.2	1.4	13.0	11.0	1.7	16.2
Número de granos por hilera (NGH)	20.5	3.4	16.8	20.0	4.0	20.0

Std Dev: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

En términos de rendimiento, se ha documentado que la variedad Zapalote Chico presenta un rendimiento reducido (López-Romero et al., 2005), con un promedio de aproximadamente 1,25 t ha⁻¹ en condiciones de temporal y de 2 a 3 t ha⁻¹ bajo un sistema de riego (Caballero-Salinas et al., 2024) No obstante, esta característica puede ser compensada por su precocidad, que permite obtener hasta tres cosechas al año en sistemas diversos como temporal, humedad residual y riego (Nuricumbo Linares et al., 2018). En los agroecosistemas tradicionales de comunidades de Oaxaca, estas tres cosechas generan un rendimiento acumulado promedio de maíz de 3.6 toneladas ha⁻¹ año⁻¹ (Castañeda-Hidalgo et al., 2020). En este estudio el rendimiento de C0 fue de 1.94 t ha⁻¹, mientras que el de C1 de 2.21 t ha⁻¹, y para C2 alcanzó 2.42 t ha⁻¹. Esto representa un incremento del 24.74 %, el cual está directamente relacionado con el aumento en la longitud de la mazorca en los dos ciclos de SMVE. Diversos estudios que han analizado las variedades sobresalientes de maíz Zapalote Chico reportan un rango de rendimiento que varía entre 1.45 y 2.95 t ha⁻¹, con un promedio de 2.41 t ha⁻¹, cifras que coinciden con los resultados de este estudio (Cabrera Toledo et al., 2015).

Uno de los objetivos principales del método de SMVE es aumentar el rendimiento de grano y adaptación en maíces nativos (López-Morales et al., 2020). Los diferentes componentes de la mazorca, como LM, DM y NH, muestran una correlación

fenotípica positiva con el rendimiento del grano, según lo señalado por Pérez-Colmenarez et al. (2000). Por consiguiente, durante el proceso de SMV es fundamental seleccionar tanto plantas como mazorcas que cumplan con los criterios deseados, ya que esto incide directamente en el rendimiento de grano (Santiago-López et al., 2020). Santiago-López et al. (2020) reportaron que, en cuatro variedades de Tuxpeño, los valores de C7 superaron el rendimiento inicial hasta en cinco veces. De manera similar, el maíz Tuxpeño V-520C con 19 ciclos de selección multianual (C19) incrementó el rendimiento de grano en un 67 % en comparación con el C0, según López-Morales et al. (2021).

CONCLUSIONES

La aplicación de dos ciclos de SMVE en maíz cuarentano amarillo de la raza Zapalote Chico permitió reducir los días a floración y aumentar el rendimiento de grano, conservando la variabilidad genética y los atributos fitogenéticos característicos de la raza (precocidad). Este método, basado en la selección de plantas y mazorcas sobresalientes dentro de sublotes, facilitó la identificación eficiente de genotipos superiores y la obtención de mazorcas con mejores componentes agronómicos. Los incrementos observados en altura de planta y componentes de la mazorca evidencian la eficacia del proceso de selección, ya que promueven el aumento de genes favorables para el rendimiento y originan modificaciones morfológicas en la planta. La SMVE es una herramienta eficiente para la conservación y mejoramiento de maíces nativos.

Declaración de conflictos de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

Contribución de autoría

Conceptualización, JCCS; análisis de datos, JCCS, HCT; metodología, JCCS, HCT; Investigación, JCCS, HCT, FJSR; Validación, JCCS, HCT, FJSR; redacción, JCCS, FJSR.

Agradecimientos

Se agradece al agricultor de la Ranchería Tuxtli, municipio de Cintalapa, Chiapas por la donación de semilla nativa de maíz cuarentano para los fines de la investigación. Además, a la Dirección de Investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por el financiamiento otorgado para llevar a cabo la investigación.

Literatura citada

- Avendaño Arrazate, C. H., Molina Galán, J. D., Moreno Pérez, E. del C., Cadena Iñiguez, J., Aguirre Medina, J. F. y Rincón Enríquez, G. (2009). Respuesta a la selección para resistencia a sequía en maíz (*Zea mays* L.). *Interciencia*, 34(11), 801-807.
- Caballero-Salinas, J. C., Pizaña Vidal, H. A., González-Cabañas, A. A., Núñez-Ramos, E., Aguilar-Cruz, F. y Ovando-Salinas, E. (2023). Composición morfológica y rendimientos de maíces nativos sin uso de agroquímicos en Chiapas, México. *Siembra*, 10(2), e3997. DOI: <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i2.3997>
- Caballero-Salinas, J.C., Guevara-Hernández, F., Pizaña-Vidal, H.A., Cadena-Iñiguez, P., Ovando-Salinas, J. E. y Gómez-Padilla, E. J. (2024). Morphological and agronomic evaluation of short-cycle native maize varieties (*Zea mays* L.). *Agro Productividad*, 17(10), 211-220. DOI: <https://doi.org/10.32854/agrop.v17i10.3102>
- Cabrera Toledo, J. M., Carballo Carballo, A. y Aragón Cuevas F. (2015). Evaluación agronómica de maíces raza Zapalote chico en la región Istmeña de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11, 2075–2082. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i11.775>



- Cabrera Toledo, J. M., Castillejos Antonio, Z., Rendón Cruz, J. y Cabrera González, M. (2024). Valoración agronómica de cuatro criollos superiores de maíz de la raza zapalote chico. *Journal of Agricultural Sciences Research*, 4(2), 1-7. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.973422408026>
- Cabrera-Toledo J. M., Carballo-Carballo, A., Mejía-Contreras, J. A., García De los Santos, G. y Vaquera-Huerta, H. (2019). Caracterización de poblaciones sobresalientes de maíz de la raza Zapalote Chico. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(3), 269-279. DOI: <https://doi.org/10.35196/rfm.2019.3.269>
- Castañeda-Hidalgo, E., Rasgado-Cabrera, V. E., Santiago-Martínez, G. M., Lozano-Trejo, S., Pérez-León, M. I. y Villegas-Aparicio, Y. (2020). Caracterización de agroecosistemas de maíz en la planicie costera del Istmo, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(7), 1579-1592. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i7.2344>
- Coutiño-Estrada, B., Gómez-Montiel, N. y Vidal-Martínez, V. (2025). Tres ciclos de selección modificada mazorca por surco en maíz zapalote chico. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 48(3), 215-222. DOI: <https://doi.org/10.35196/rfm.2025.3.215>
- da Silva, J. A. y Borges, V. (2024). Stratified mass selection, individual selection between and within, and genetic gains in native maize varieties. *Revista Ceres*, 71, e71056. DOI: 10.1590/0034-737x2024710056
- de Oliveira, N. C., Suzukawa, A. K., Pereira, C. B., Santos, H. V., Hanel, A., de Albuquerque, F. A. y Scapim, C. A. (2018). Popcorn genotypes resistance to fall armyworm. *Ciência Rural*, 48(2), e20170378. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170378>
- Gardner, C. O. (1961). An evaluation of effects of mass selection and seed irradiation with thermal neutrons on yield of corn. *Crop Science*, 1(4), 241-245. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1961.0011183X000100040004x>
- Gómez Montiel, N. O., Cantú Almaguer, M. Á., Vázquez Carrillo, M. G., Hernández Galeno, C. del Á., Aragón Cuevas, F., Espinosa Calderón, A. y Tadeo Robledo, M. (2017). Variedad mejorada del maíz azul ‘V-239AZ’ para las regiones semicálidas de Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(8), 1905–1910. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i1.74>
- International Board for Plant Genetic Resources [IBPGR]. (1991). *Descriptors for maize*. International Board for Plant Genetic Resources. Wageningen, The Netherlands. <https://hdl.handle.net/10568/45742>
- López-Morales F., García-Zavala, J. J., Corona-Torres, T., Cruz-Izquierdo, S., López-Romero, G., Reyes-López, D. y Molina-Galán, J.D. (2020). Comparación del rendimiento y cambios morfológicos en maíz Tuxpeño V-520C adaptado a valles altos en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(2) 133-141. DOI: <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.2.133>
- López-Morales, F., Vázquez-Carrillo, M. G., García-Zavala, J. J., Reyes-López, D., Bonilla-Barrientos, O., Esquivel-Esquivel, G., García, L., Hernández-Salinas, G., Pérez-Jiménez, G., Herrera-Pérez, L. y Molina-Galán, J. D. (2021). Rendimiento y calidad del maíz Tuxpeño V-520C adaptado con selección masal a Valles Altos, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(2), 231 – 239. DOI: 10.35196/rfm.2021.2.231
- López-Romero, G., Santacruz-Varela, A., Muñoz-Orozco, A., Castillo-González, F., Córdova-Téllez, L. y Vaquera-Huerta, H. (2005). Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, México. *Interciencia*, 30(5), 284-290.
- Molina, J. D. (1983). Selección masal visual estratificada en maíz. Centro de Genética. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México.
- Nuricumbo-Linares, A., López-Iglesias, E. y López-Suárez, Á. (2018). Resistencia cultural y participación popular en los municipios del Istmo de Tehuantepec (México): soberanía alimentaria y maíz zapalote chico. *Revista Iberoamericana de Autogestión y Acción Comunal*, 71-72, 137-151.
- Pérez-Colmenarez, A., Molina-Galán, J. D. y Martínez-Garza, A. (2002). Adaptación a clima templado de razas tropicales y subtropicales de maíz de México por selección masal visual: rendimiento, altura de planta y precocidad. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25(4), 435-441. DOI: <https://doi.org/10.35196/rfm.2002.4.435>



- Pérez-Colmenarez, A. A., Molina-Galán, J. D. y Martínez-Garza, Á. (2000). Adaptación a clima templado de una variedad de maíz tropical mediante selección masal visual estratificada. *Agrociencia*, 34, 533-542.
- Pérez-Colmenárez, A., Molina-Galán, J., Martínez-Garza, A., García-M., P. y Reyes-López, D. (2007). Selección masal para la adaptación a clima templado de razas tropicales y subtropicales de maíz de México. *Bioagro*, 19(3), 133-141.
- Santiago-López N., García-Zavala, J. J., Espinoza-Banda, A., Santiago-López, U., Esquivel-Esquivel, G. y Molina-Galán, J.D. (2020). Adaptación de maíz Tuxpeño a valles altos de México mediante selección masal. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(3), 259-265. DOI: <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.3.259>
- Saquimux-Canastuj, F. I. (2011). Selección masal en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) para pequeños agricultores. Manual técnico agrícola. Centro de Innovación Tecnológica del Altiplano. Guatemala.
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas [SNICS]. (2020). *Manual para el diseño de sistemas locales de semillas*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). México.
- Velasco-Macías, S., Coutiño-Estrada, B., Tadeo-Robledo, M., Zaragoza-Esparza, J. y Cruz Chávez, F. (2025). Variedades de maíz amarillo procedentes de selección recurrente, otra opción para cultivar en Chiapas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 48(2), 115-123. DOI: <https://doi.org/10.35196/rfm.2025.2.115>
- Wellhausen, E., Roberts, L., Xolocotzi, E. y Mangelsdorf, P. (1951). Razas de maíz en México, su origen, características y distribución (Vol. 5). Secretaría de Agricultura y Ganadería de México.

Aviso legal/Nota del editor: Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son exclusivamente de los autores y colaboradores, y no de Universitas agri ni de sus editores. Universitas agri y sus editores no se responsabilizan de ningún daño a personas o bienes que resulte de las ideas, métodos, instrucciones o productos mencionados en el contenido.