

DIVERSIDAD FENOTÍPICA *in situ* EN MAÍZ NATIVO DE LA REGION ZOQUE DE CHIAPAS, MÉXICO

In situ PHENOTYPIC DIVERSITY IN MAIZE NATIVE TO THE ZOQUE REGION OF CHIAPAS, MEXICO

Eduardo de la Cruz-Hernández¹, Luis Latournerie-Moreno^{1*}, Esaú Ruiz-Sánchez¹, Rubén Humberto Andueza-Noh¹, Bulmaro Coutiño-Estrada², Gilberto Rodríguez-Pérez³ y Guillermo Castañón-Nájera⁴

¹Tecnológico Nacional de México/I.T. Conkal. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Conkal, Yucatán, México. ²Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Centro, Chiapas, México. ³Tecnológico Nacional de México/IT Valle del Yaqui, Bácum, Sonora. ⁴Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas, Villahermosa, Tabasco, México.

*Autor de correspondencia (luis.lm@conkal.tecnm.mx)

RESUMEN

En la región norte del estado de Chiapas, México se tiene poco conocimiento de la diversidad que se cultiva de maíz nativo, por lo que su estudio es relevante para un mejor aprovechamiento y conservación. El presente estudio se efectuó con el objetivo de determinar la variación fenotípica *in situ* de los maíces nativos de las comunidades de Benito Juárez y Miguel Hidalgo, municipio de Copainalá, Chiapas, México. En 30 poblaciones de maíz nativo se midieron 27 descriptores morfológicos de planta, espiga, mazorca, granos y olote. Con los datos obtenidos se realizó análisis de componentes principales (ACP) y conglomerados (AC). Los cinco primeros componentes principales explicaron el 69.0 % de la variación observada en las poblaciones evaluadas. El AC distribuyó la diversidad estudiada en cinco grupos en función del origen de las poblaciones. Las características que contribuyeron en mayor grado en explicar la variabilidad de las poblaciones son altura de planta, tamaño de las hojas, longitud de la espiga, longitud de mazorca, número de hileras y número de granos por hilera. La raza Olotillo, que predomina en la región, presentó amplia variación fenotípica; por ejemplo, en color de grano (blanco, amarillo, crema y morado o azul). Dentro de ésta, las poblaciones 17, 23 y 25 de bacalito blanco (Olotillo) son promisorias para usarse como progenitores en un programa de mejoramiento genético para la región del estudio.

Palabras Clave: *Zea mays* L., diversidad fenotípica, germoplasma de maíz, milpa.

SUMMARY

In the northern region of the state of Chiapas, Mexico, little is known about the diversity of native maize varieties grown there, making research into this area important for better use and conservation. The present study was conducted with the aim of determining the *in situ* phenotypic variation of native maize varieties in the communities of Benito Juárez and Miguel Hidalgo, in the municipality of Copainalá, Chiapas, Mexico. Twenty-seven morphological descriptors of the plant, ear, cob, grains, and stover were measured in 30 native maize populations. Principal component analysis (PCA) and cluster analysis (CA) were performed on the data obtained. The first five principal components explained 69.0 % of the variation observed in the populations evaluated. CA distributed the diversity studied into five groups based on the origin of the populations. The characteristics that contributed most to explaining the variability of the populations were plant height, leaf size, ear length, cob length, number of rows, and number of grains per row. The Olotillo race, which predominates in the region, showed wide phenotypic

variation; for example, in grain color (white, yellow, cream, and purple or blue). Within this race, populations 17, 23, and 25 of white bacalito (Olotillo) are promising for use as parents in a genetic improvement program for the study region.

Keywords: *Zea mays* L., maize germplasm, milpa, phenotypic diversity.

INTRODUCCIÓN

La diversidad genética del maíz (*Zea mays* L.) en México constituye un banco de genes *in situ* distribuidos en todo el país. A nivel de razas, actualmente se reportan 64, de las cuales 59 son nativas y 5 introducidas (una del Caribe y cuatro de Guatemala) (CONABIO, 2020). El maíz en México es el alimento básico, principalmente de la población rural. En 2022 se sembraron con maíz 6.9 millones de hectáreas en México y la producción fue de 26.4 millones de toneladas, con un rendimiento promedio de 3.9 t ha⁻¹ (SIAP, 2023). De la superficie total de maíz sembrada en la república mexicana 686,493 hectáreas correspondieron al estado de Chiapas (lo que lo ubicó en el primer lugar), con una producción de 1,379,651 toneladas de grano. De acuerdo a los datos anteriores, Chiapas ocupó el primer lugar en superficie y el séptimo en producción de maíz a nivel nacional (SIAP, 2023).

Por la orografía (montañas, hondonadas y laderas) que presenta el estado de Chiapas, sólo en el 25 % de la superficie sembrada se realiza con agricultura mecanizada y el resto es de agricultura tradicional (con espeque). Por lo anterior, en el 75 % de la superficie total sembrada con maíz se usan variedades nativas y el resto se siembra con variedades mejoradas, lo que conlleva a que se conserve y aproveche la diversidad racial y varietal que existe en esta región del país. De acuerdo con Coutiño *et al.* (2021), en Chiapas se cultivan 18 razas

de maíz, entre las que destacan Olotón, Olotillo, Tuxpeño, Zapalote chico, Zapalote grande y Comiteco, con amplia variación en el color de grano y en el tamaño de la mazorca, principalmente. Perales *et al.* (2005) mencionan que, en los altos de Chiapas, específicamente en las comunidades Tsozil del municipio de Chamula y Tselal del municipio de Oxchuc, las razas de maíz más comunes que usan los productores son Olotón y Comiteco. Por otro lado, Mariaca *et al.* (2014) reportaron que, en una comunidad Serrana del estado de Chiapas y otra de Tacotalpa en el estado de Tabasco, los productores cultivan diversas variedades nativas de las razas Tuxpeño y Olotillo y Fonseca-Flores *et al.* (2023) reportan predominancia de la raza Tuxpeño en las variedades locales y en menor grado la presencia de la raza Olotillo en la región de la Frailesca en Chiapas.

La diversidad de maíz se encuentra en constante evolución, de ahí la importancia de conocer las regiones de diversificación y los alcances de la diversidad ante condiciones adversas causadas por el cambio climático, lo que es relevante, dada su importancia en la alimentación y cultura de los mexicanos (Conceição *et al.*, 2019). Al respecto, Aragón-Martínez *et al.* (2023) mencionan que el manejo tradicional que los productores realizan con sus maíces en la región de Los Loxicha en Oaxaca genera nueva variación genética y con ello la evolución del maíz continúa. En ésta, los eventos de introgresión y diferenciación permiten el reordenamiento del genoma y la formación de nuevas variedades locales que los productores seleccionan y conservan. En este mismo proceso evolutivo, los productores usan algunas alternativas con el propósito de mejorar sus variedades locales, como es el caso del acriollamiento de variedades locales (Bellon *et al.*, 2006) o bien, el cruzamiento de variedades criollas o nativas con híbridos comerciales, de acuerdo con sus necesidades (Fonseca-Flores *et al.*, 2023). Los resultados de este proceso evolutivo del maíz se reflejan en las más de 700 variedades criollas colectadas y clasificadas, que se cultivan en los diferentes ambientes del estado de Chiapas (Coutiño *et al.*, 2015; Guevara-Hernández *et al.*, 2020).

Perales y Golicher (2014) señalan la falta de conocimiento sobre los patrones de la diversidad presente en maíces nativos, que no permite saber si hay pérdida en la diversidad local de tan importante recurso genético. Al respecto, Coutiño *et al.* (2021) mencionan que, en la región norte, llanuras del oriente, Palenque, selva Lacandona y Ocosingo, Chiapas es en donde más se cultiva maíz y que éste se destina mayormente para autoconsumo, pero que no se ha realizado investigación o ésta ha sido solo preliminar. En particular, en la región norte Zoque de Chiapas poco se conoce sobre la diversidad de variedades que cultivan los agricultores. Por lo anterior, y por la importancia que tiene el maíz en la alimentación de la

población rural principalmente, se desarrolló el presente trabajo, con el objetivo de estudiar la variación fenotípica *in situ* de los maíces nativos que se cultivan en la región Zoque norte del estado de Chiapas, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló durante el ciclo productivo primavera-verano 2022, en las comunidades de Benito Juárez y Miguel Hidalgo, municipio de Copainalá, de la Región Norte Zoque de Chiapas. Las localidades se encuentran a una distancia aproximada de 12 km entre sí, lo que implica que comparten condiciones agroecológicas similares. Esto se refleja en el Cuadro 1, donde se presenta la ubicación geográfica y los principales datos climáticos de cada sitio. En el estudio participaron 15 productores por comunidad. Con cada uno de los productores cooperantes se realizó un recorrido exploratorio, con el propósito de identificar los lotes de producción o parcelas y las variedades sembradas. Cada productor definió el lote de producción que se utilizaría para el trabajo, con base en el tamaño y la facilidad de acceso, logrando identificar un lote (1 variedad) por productor. En total, la investigación consideró 21 variedades de la raza Olotillo, 6 de la raza Tuxpeño y 3 de la raza Tehua. Posteriormente, en la parte central del lote de producción de cada variedad se identificaron 30 plantas con competencia completa.

Para la caracterización de las 30 poblaciones de maíz se evaluaron 27 características fenotípicas: nueve de la parte vegetativa, cinco de la espiga, cuatro de la mazorca, siete del grano y dos del olote. Las características se cuantificaron como se indica en la guía de descripción varietal de maíz (Carballo y Benítez, 2003) y en los descriptores para maíz (IBPGR-CIMMYT, 1991).

El análisis estadístico consistió en análisis de componentes principales (ACP) y de conglomerados. El análisis de conglomerados se realizó con el método de ligamiento promedio (UPGMA) y la distancia Euclidiana. Los datos se analizaron con el paquete estadístico InfoStat versión 2020 (Di Rienzo *et al.*, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados de la variación fenotípica observada (ACP), los primeros cinco componentes principales (CP) explicaron el 69.0 % de la variación. El primer componente principal (CP1) contribuyó con el 25.0 % de la variación, la que fue explicada con un valor propio de 7.0. Este componente fue definido principalmente por las características: longitud y ancho de la hoja (LH y AH), número de granos por hilera (NGXH), número total de granos (NTG), longitud del tramo ramificado de la espiga (LTRE),

Cuadro 1. Ubicación geográfica de las localidades del municipio de Copainalá de la región Zoque del estado de Chiapas, México.

Localidad	Altitud msnm	Precipitación mm	Temperatura °C	Localización Geográfica	
				Latitud N	Longitud O
Benito Juárez	1155	1200	24	17° 8' 26.00"	93° 14' 58.21"
Miguel Hidalgo	951	1000	24	17° 07' 51.49"	93° 12' 38.51"

longitud total de la espiga (LTE) y altura de planta (AP). El segundo componente (CP2) contribuyó con el 17.0 % de la varianza explicada con valor propio de 4.60; las variables con mayor contribución son: longitud del pedúnculo de la espiga (LPEDE), número de hileras de la mazorca (NHM), peso del grano de la mazorca (PGM) y número total de hojas (NTH). El tercer componente principal contribuyó con el 11.0 % de la variación observada y un valor propio de 3.05; las variables con mayor contribución son: altura de la mazorca (AM), Número de hojas debajo de la mazorca (NHDM) y peso seco de mazorca (PSM). Los resultados encontrados en la presente investigación muestran cierta similitud con los reportados por Torres-Morales *et al.* (2022), que usaron 32 descriptores en 42 poblaciones de maíces criollos o nativos de las regiones frailesca, Altos y Meseta Comiteca del estado de Chiapas. En sus resultados, los primeros seis componentes principales explicaron el 81.7 % de la variación total observada. Pero, solamente 19 descriptores fueron los mismos a los evaluados en el presente trabajo.

En la Figura 1 se muestra la distribución de las 30 poblaciones de maíces criollos en función del CP1 y CP2. En ésta se observa que las poblaciones formaron cinco grupos con base en similitudes fenotípicas. El grupo I lo integraron las poblaciones 25 (Bacalito blanco), 20 Bacalito crema) y 22 (Blanco), de Miguel Hidalgo y las poblaciones 7 (Bacalito blanco) y 6 (Quechulteco) de Benito Juárez. Lo que identifica a este grupo es que las poblaciones que lo forman presentan menores valores en espesor de grano, peso de cien granos, así como olotes de menor peso.

El grupo II lo conformaron las poblaciones 23 (Bacalito blanco, raza Olotillo) y 18 (Blanco, raza Tuxpeño), de Miguel Hidalgo. Estas poblaciones tienen mayor número de granos por hilera, número total de granos por mazorca, mayor tamaño de espiga, mazorcas con menos hileras y bajo peso de grano por mazorca. El grupo III lo integraron las poblaciones 26 y 29 (Bacalito blanco, raza Olotillo), de Miguel Hidalgo. Lo que distingue a estas poblaciones es el menor peso de cien granos, menor número de hileras por mazorca y menor peso de grano por mazorca. El grupo IV se conformó con 20 poblaciones, que representa el 67 % del total. De éstas, 12 poblaciones son de Benito Juárez y

ocho de Miguel Hidalgo. Del total de poblaciones del grupo IV 10 son Bacalito blanco, dos Bacalito amarillo y dos Bacalito morado; es decir, el 70 % de las poblaciones de este grupo pertenecen a la raza Olotillo. Además, el grupo estuvo integrado por dos poblaciones de Blanco y dos de Pinto (Tuxpeño) y dos de Quechulteco (Tehua). Por último, el grupo V lo formó la población 1 (Bacalito blanco). A esta población la distingue el mayor tamaño de la espiga, de la hoja y número de granos por mazorca.

El análisis de conglomerados (AC) se presenta en la Figura 2. Se observa que la diversidad de las poblaciones de maíz nativo evaluadas se clasificó en cinco grupos fenotípicamente diferentes, la cual se complementa con el análisis de componentes principales. En este sentido, el grupo I se caracteriza por que las poblaciones que lo forman tienen plantas de porte bajo, espigas chicas, menos hileras por mazorca y menor rendimiento por mazorca. El grupo II lo integran las poblaciones con mayor altura de planta, más hojas por planta y hojas de mayor tamaño, con espigas largas y mayor longitud del tramo ramificado, así como mayor número de granos por mazorca y alto rendimiento por mazorca. El grupo III está integrado por dos poblaciones de Bacalito blanco (raza Olotillo) de la localidad de Miguel Hidalgo, que se caracterizan porque presentan plantas de altura intermedia, con hojas de menor tamaño, espigas pequeñas, mayor número de granos por mazorca y mayor rendimiento por mazorca. Estos resultados difieren de los reportados por Caballero *et al.* (2023) con maíces de la raza Olotillo del municipio de Cintalapa, Chiapas, que encontraron mayor altura de la planta, mayor longitud de mazorca y menor peso por mazorcas.

El grupo IV se distingue por que las poblaciones que lo forman presentan características de planta, espiga y rendimiento de grano intermedio en comparación con las poblaciones de los otros cuatro grupos. El grupo V lo formó la población 1 (Bacalito blanco), que se diferencia de las demás por tener menor número de hileras por mazorca, mayor número de granos por hilera, rendimiento bajo por mazorca menor número de hojas por planta, aunque de mayor longitud y más anchas. Otras diferencias importantes son que supera a todas en mayor longitud del

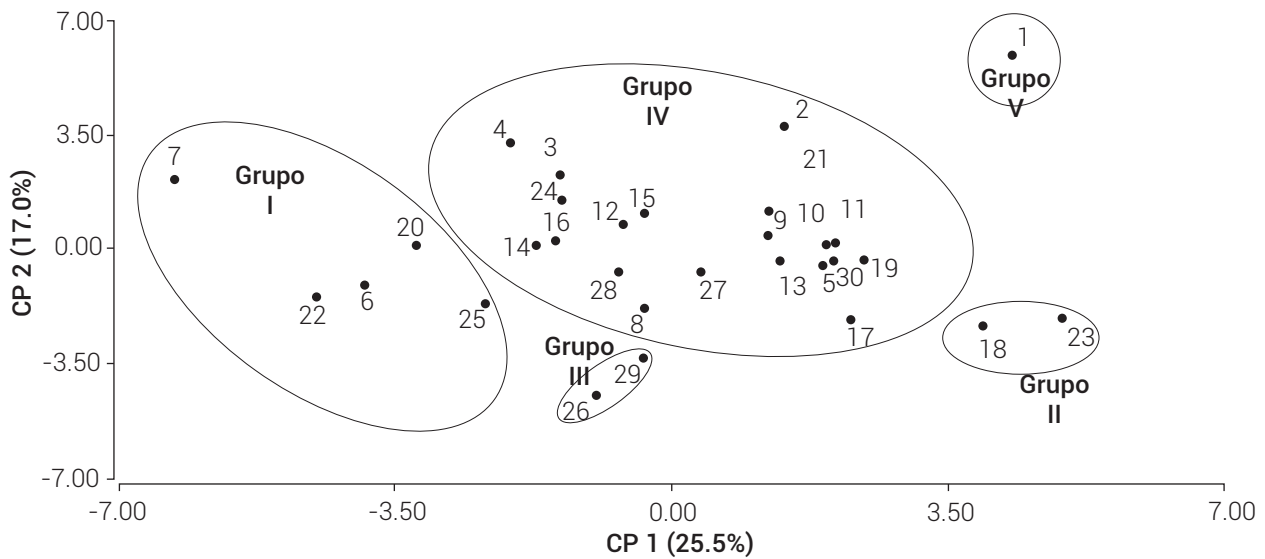


Figura 1. Dispersión de 30 poblaciones de maíz nativo con base en los dos primeros componentes principales y 27 características fenotípicas estudiadas en dos localidades de Copainalá, Chiapas.

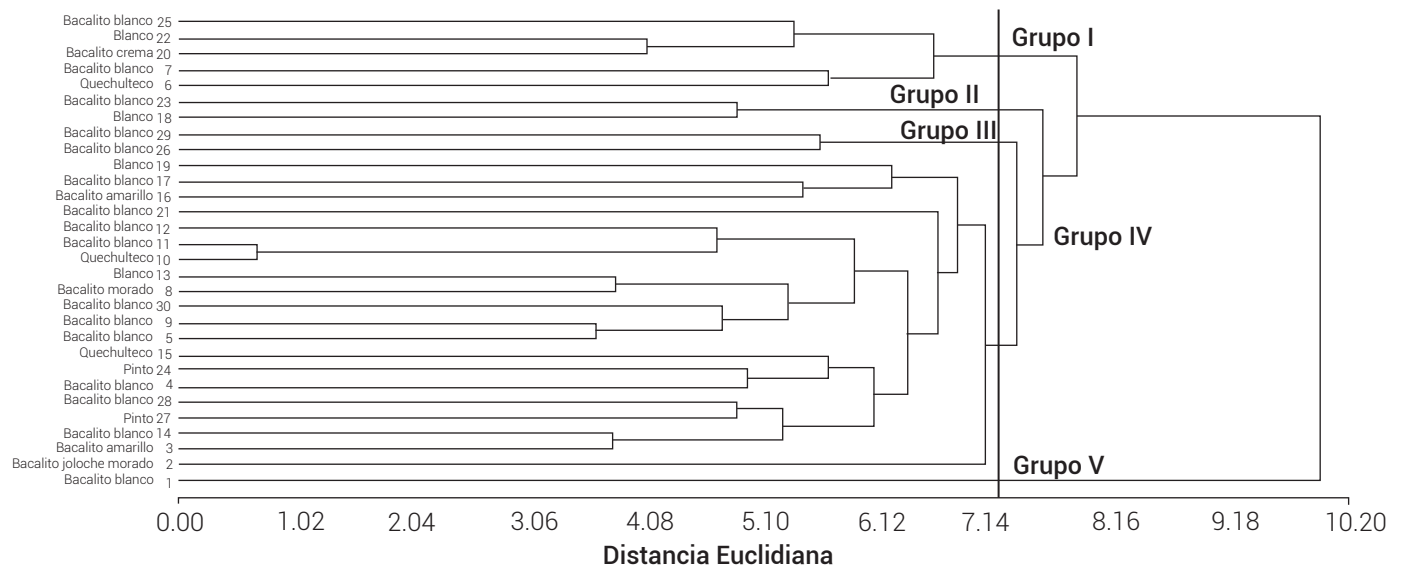


Figura 2. Relaciones de similitud de 30 poblaciones de maíz evaluadas en dos comunidades de la región zoque de Chiapas.

pedúnculo de la espiga y mayor longitud total de la espiga.

En los resultados presentados se observa que la diversidad se agrupó por el origen geográfico de las poblaciones, lo que formó tres grupos fenotípicamente diferentes al resto de las poblaciones. Estos grupos (I, II y III) se integraron por las poblaciones cuyo origen es Miguel Hidalgo. De igual forma, los grupos IV y V los formaron las poblaciones de Benito Juárez. Esto indica

que las poblaciones, dentro de cada localidad, presentan características distintivas como resultado de las prácticas tradicionales de manejo y selección usadas por parte de los agricultores, así como del sistema de intercambio de semilla que se maneja en las comunidades. En este sentido Latournerie *et al.* (2004) mencionan que el intercambio de semillas ocurre principalmente dentro de las comunidades y en menor grado entre comunidades cercanas o más distantes, como estrategia de los productores para

abastecerse de las semillas que requieren.

Las poblaciones 6 y 7 del grupo I y las poblaciones 21, 19, 17 y 16 del grupo IV no se agruparon en su localidad de origen, pero formaron subgrupos bien definidos en cada caso. Esto posiblemente se debe al sistema informal de intercambio de semilla que realizan los agricultores, tanto dentro de las comunidades como entre comunidades vecinas. Al respecto, Magdaleno-Hernández *et al.* (2016) encontraron que los campesinos de la comunidad de Pueblo Nuevo en el Valle de Acambay, estado de México, cuando se quedan sin semilla o cuando quieren cultivar variedades diferentes, recurren a conseguir semilla local con los campesinos vecinos o familiares de la comunidad. Adicionalmente, Perales *et al.* (2005) señalan que los grupos etnolingüísticos Tzeltal y Tsotzil de los altos de Chiapas intercambian semilla de maíz con cierta frecuencia.

En los cinco grupos formados en la presente investigación se integraron 15 poblaciones de la variedad Bacalito blanco, tres de Bacalito amarillo, dos de Bacalito morado y una de Bacalito crema. Todas estas poblaciones pertenecen a la raza Olotillo, lo que indica su amplia variación en la región del estudio. Esta variación es muy apreciada por los productores, ya que presentan buena adaptación a las condiciones bióticas y abióticas del área, buenas características de manejo, rendimiento y consumo (facilidad al desgrane manual, de olote delgado y granos grandes). Al respecto, Fonseca-Flores *et al.* (2023) reportaron que el maíz de la raza Olotillo de la región frailesca de Chiapas es preferido para la elaboración de los alimentos (tortillas, pozol, tamales, etc.). CONABIO (2023) menciona que la raza Olotillo está adaptada a zonas montañosas del trópico húmedo y seco, que se cultiva en suelos pobres, sin agroquímicos, que es una de las razas más utilizada en el agroecosistema milpa y que su origen es el centro del estado de Chiapas, aunque también se siembra en los estados de Oaxaca, Guerrero y Veracruz.

En la presente investigación, para relacionar de forma correcta a las poblaciones con la raza a la que pertenecen se usó el criterio sugerido por Coutiño *et al.* (2021), quienes, en referencia a las cruces entre razas, sugieren que sólo se mencione a la raza primaria o a la que más parecido tenga con las poblaciones o variedades que se estén estudiando. En ese sentido, se observó que las poblaciones Blanco y Pinto, con mayor parecido a la raza Tuxpeño y la Quechulteco a la raza Tehua, no se diferenciaron de las poblaciones de la raza Olotillo. Es decir, que como parte del sistema de siembra, los productores han cruzado y seleccionado a favor de las características de Olotillo. Esto explica en parte, el por qué el número de hileras por mazorca en las poblaciones estudiadas varió entre 10 y 11, lo que dista mucho de lo reportado para las razas Tuxpeño y

Tehua de 12.6 y 17 hileras, respectivamente (Wellhausen *et al.* (1951). Para los tuxpeños blancos, Guevara-Hernández *et al.* (2021) mencionan que las poblaciones tienen entre 12 y 16 hileras en la región de la frailesca en Chiapas. Coutiño *et al.* (2021) reportaron cruces inter-raciales entre bacalitos (Olotillo) y blancos (Tuxpeño).

En términos generales, la diversidad fenotípica observada en las 30 poblaciones estudiadas se distribuye en función de la comunidad de procedencia. Las poblaciones que pertenecen a la raza Olotillo son las de mayor presencia en las comunidades de estudio y exhiben una amplia variación fenotípica. Dentro de estas, desatan las poblaciones 1, 29, 26, 21 y 25 (bacalito blanco) y la 2 (bacalito joloche morado), porque presentan características fenotípicas distintivas, por lo que son prioritarias para su conservación tanto *in situ* como *ex situ*. Las poblaciones de las razas primarias de Tuxpeño y Tehua se encontraron altamente mezcladas con las poblaciones de Olotillo, en donde se observó principalmente una disminución en el número de hileras por mazorca y en el diámetro del olote.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los productores de las comunidades Benito Juárez y Miguel Hidalgo del municipio de Copainalá, Chiapas, por compartir su conocimiento, tiempo y las muestras de maíces para culminar esta investigación. Al Tecnológico Nacional de México, por el financiamiento del proyecto con clave: 17886.23-P.

BIBLIOGRAFÍA

- Aragón-Martínez M., A. Serrato-Díaz, M. G. Rocha-Nunive, F. Ramírez-Corona, C. F. Vargas-Mendoza and B. Rendón-Aguilar (2023) Traditional management of maize in the Sierra Sur, Oaxaca, maintains moderate levels of genetic diversity and low population differentiation among landraces. *Economic Botany* 77:282-304, <https://doi.org/10.1007/s12231-023-09580-z>
- Bellon M. R., M. Adato, J. Becerril and D. Mindek (2006) Poor farmers' perceived benefits from different types of maize germplasm: the case of creolization in lowland tropical Mexico. *World Development* 34:113-129.
- Caballero S. J. C., H. A. Pizaña V., A. A. González C., E. Núñez R., F. Aguilar C. y E. Ovando S. (2023) Composición morfológica y rendimientos de maíces nativos sin uso de agroquímicos en Chiapas, México. *Siembra* 10:3997, <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i2.3997>
- Carballo C. A. y A. Benítez (2003) Manual gráfico para la descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.). 2da. Edición. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, México. 69 p.
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2020) Razas de maíz de México, <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz> (Junio 2024).
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2023) Razas de maíz de México. Grupo de maduración tardía. Olotillo, <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/>

- alimentos/maíces/razas/grupo-MaduracionT/Olotillo (Octubre 2024).
- Conceição L. F., R. Garruña H., R. H. Andueza N., L. Latournerie M., J. O. Mijangos C. y A. Pineda D. (2019)** Comportamiento agronómico y fisiológico de maíces nativos del sureste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10:1247-1258, <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.908>
- Coutiño E. B., C. Cruz, J. M. Hernández, N. O. Gómez, F. J. Cruz, V. A. Vidal y C. E. Aguilar (2021)** Diversidad fenotípica de razas de maíz cultivadas en Chiapas, México. Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP. Ocozocoautla, Chiapas, México. 303 p.
- Coutiño E. B., V. A. Vidal M., C. Cruz V. y M. Gómez G. (2015)** Características eloteras y de grano de variedades nativas de maíz de Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6:1119-1127.
- Di Rienzo J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada y C. W. Robledo (2020)** Infostat versión 2020. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina, <http://www.infostat.com.ar>
- Fonseca-Flores M. A., F. Guevara H., G. García, C. Márquez y M. R. Parra (2023)** Diversidad de maíces locales en ejidos de la Frailesca Chiapaneca de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 26:1-18, <http://doi.org/10.56369/tsaes.4397>
- Guevara-Hernández F., M. A. Hernández-Ramos, J. L. Bastarrechea B., M. A. Fonseca-Flores, F. Delgado-Ruiz, M. Ocaña G. y R. Acosta-Roca (2020)** Riqueza de maíces locales (*Zea mays* L.) en la región Frailesca, Chiapas, México: un estudio etnobotánico. *Revista Facultad Agronómica (LUZ)* 37: 223-243.
- Guevara-Hernández F., M. A. Hernández-Ramos, R. H. Ortiz-Pérez, R. Acosta-Roca, L. Rosabal-Ayan, M. A. La O-Arias, R. Pinto-Ruiz, F. B. Martínez-Aguilar y M. B. Reyes-Sosa (2021)** Maíces locales de la Frailesca chiapaneca: diversidad, usos múltiples y distribución. Ediciones INCA y Unidad de divulgación científica-UNACH-UNICACH-Red de estudios para el desarrollo rural A.C., Cuba y México. 120 p.
- IBPGR-CIMMYT, International Board for Plant Genetic Resources - International Maize and Wheat Improvement Center (1991)** Descriptors for maize/Descriptores para maíz/Descripteurs pour le maïs. International Board for Plant Genetic Resources. 100 p.
- Latournerie L., L. M. Arias R., J. Tuxill, E. Yupit, L. Gómez and J. G. Ix (2004)** Maize seed supply systems in a Mayan community of Mexico. *In: Seed systems and crop genetic diversity on-farm*. D. Jarvis, R. Sevilla, J. L. Chávez and T. Hodgkin (eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. pp 16-20.
- Magdaleno-Hernández E., A. Mejía, T. Martínez, M. A. Jiménez, J. Sánchez y J. L. García (2016)** Selección tradicional de semilla de maíz criollo. *Agricultura, sociedad y desarrollo* 13: 437-447.
- Mariaca M. R., C. J. E Cano y G. Morales (2014)** La milpa en la región serrana Chiapas-Tabasco de Huitupán-Tacotalpa. *In: Montañas, pueblos y agua. Dimensiones y realidades de la cuenca Grijalva*. M. González E. y M. C. Brunel M. (eds.). El Colegio de la Frontera Sur. pp: 323-359.
- Perales H. R., F. B. Benz and B. S. Brush (2005)** Maize diversity and ethnolinguistic diversity in Chiapas, Mexico. *PNAS* 102:949-954, <https://doi.org/10.1073/pnas.0408701102>
- Perales H. and D. Golicher (2014)** Mapping the diversity of maize races in Mexico. *PLoS one* 9: 14657, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114657>
- SIAP, Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (2023)** Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, <https://www.gob.mx/siap> (Noviembre 2024).
- Torres-Morales B., M. Rocandio-Rodríguez, A. Santacruz-Varela, L. Córdova-Téllez, B. Coutiño-Estrada, y H. López-Sánchez (2022)** Diversidad morfológica y agronómica de siete razas de maíz del estado de Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 13:687-699, <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i4.2956>
- Wellhausen E. J., L. M. Roberts y E. Hernández X. (1951)** Razas de Maíz en México, su Origen, Características y Distribución. Oficina de Estudios Especiales. Secretaria de Agricultura y Ganadería. México. 237 p.