

DIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN DE MAÍCES LOCALES DE LA FRAILESCA, CHIAPAS, MÉXICO

DIVERSITY AND CONSERVATION OF LOCAL MAIZE FROM LA FRAILESCA, CHIAPAS, MEXICO

Manuel A. Hernández-Ramos¹, Francisco Guevara-Hernández^{2*}, José Luis Basterrechea-Bermejo^{3,5}, Bulmaro Coutiño-Estrada⁴, Manuel A. La O-Arias⁵ y René Pinto-Ruiz²

¹Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), Villa Corzo, Chiapas, México. ²Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), Facultad de Ciencias Agronómicas, Villaflores, Chiapas, México. ³UNACH, Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. ⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Centro de Chiapas, Ocozocoautla, Chiapas, México. ⁵Red de Estudios para el Desarrollo Rural, A.C. Villa Corzo, Chiapas, México..

*Autor de correspondencia (francisco.guevara@unach.mx)

RESUMEN

La Frailesca es la segunda región más grande de Chiapas, México, con más de 200 comunidades donde se presenta un intercambio constante de semillas y de conocimientos sobre usos y manejo de las variedades locales de maíz (*Zea mays* L.); además, cuenta con una estructura variada de microambientes que le permite tener una diversidad de sistemas agroecológicos que propicia la existencia de diversidad genética en maíz. El objetivo de este estudio fue conocer la diversidad de maíces locales que aún se conservan en los seis municipios de la región. Se realizaron recolectas de diciembre 2016 a marzo 2017 mediante recorridos de campo, aplicando muestreos en redes para ubicar a los productores que aún las siembran. La identificación de las variedades de maíz se basó en nueve características morfológicas de mazorca y de grano. La mayor variación morfológica se encontró en el número de hileras por mazorca, diámetro del olote, forma de la mazorca y forma del grano. Los maíces Amarillo de El Parral y Amarillo de Montecristo de Guerrero presentaron el mayor número de hileras de la mazorca (18), mientras que el maíz Señorita Blanco de Montecristo de Guerrero presentó ocho hileras. La variedad Mezcla de Villa Corzo presentó un diámetro de mazorca de 5.9 cm, el valor mínimo para esta variable se observó en Olotillo-Amarillo de El Parral, con 3.1 cm. Se observaron correlaciones positivas entre número de hileras por mazorca, diámetro del olote, forma de la mazorca y longitud del grano con el diámetro de la mazorca ($r = 0.75, 0.79, 0.36$ y 0.61 , respectivamente). A partir del análisis de componentes principales, se definieron cinco grupos fenotípicos asociados a las razas Tuxpeño, Olotillo y Comiteco como predominantes, lo que describe el patrón morfológico de los maíces locales estudiados y la variabilidad genética de éstos en la región Frailesca, Chiapas, México.

Palabras clave: Identificación, maíz nativo, variación morfológica.

SUMMARY

La Frailesca is the second largest region of Chiapas, Mexico, with more than 200 communities where there is a constant exchange of seeds and knowledge about the uses and management of local varieties of maize (*Zea mays* L.); in addition, it has a varied structure of microenvironments that allows the presence of a diversity of agroecological systems that favors the existence of genetic diversity in maize. The objective of this study was to know the diversity

of local maize that is still conserved in the six municipalities of the region. Collections were carried out from December 2016 to March 2017 by field trips, applying the sampling-network method to locate the farmers who still plant them. The varieties collected were characterized through nine morphological characters of ear and kernel. The greatest morphological variation was found in the kernel row number of the ear, ear diameter, cob diameter, ear shape and kernel shape. Amarillo maize from El Parral and Amarillo from Montecristo de Guerrero presented the highest number of kernel rows (18) and Señorita Blanco maize from Montecristo de Guerrero had eight rows. The Mezcla de Villa Corzo variety presented an ear diameter of 5.9 cm, the minimum value for this trait was observed in Olotillo-Amarillo from El Parral with 3.1 cm. Positive correlations were observed between kernel row number of the ear, cob diameter, ear shape and kernel length with ear diameter (0.75, 0.79, 0.36, and 0.61, respectively). From the principal component analysis, five phenotypic groups associated with the Tuxpeño, Olotillo and Comiteco races were defined as predominant, which describes the morphological pattern of the studied local maize, and the genetic variability that exists in the Frailesca region, Chiapas, Mexico.

Index words: Identification, morphological variation, native maize.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es una de las especies más importantes en México y en el mundo por su alto valor productivo y diversidad de usos que presenta. México ocupó el quinto lugar mundial con una producción de 27,169,977 t en 2018 (FAOSTAT, 2020), la cual se destina principalmente a la elaboración de tortillas, harinas, alimentos derivados y forma parte de diversos productos industrializados (López-Torres *et al.*, 2016). En México existe una fuerte tradición cultural por sus usos alimenticios, religiosos y medicinales (Vázquez *et al.*, 2003); esta particularidad depende de una selección constante para aprovechar su plasticidad de uso, que se refleja en variedades locales y mejoradas (Bellon y Hellin, 2011).

Actualmente se han reportado alrededor de 60 razas en todo el país (Perales y Hernández-Casillas, 2005); esta gran diversidad de los maíces depende tanto de su condición racial como de procesos socio-culturales (Mastretta-Yanes *et al.*, 2019; Sangermán-Jarquín *et al.*, 2018). Estudios realizados en Chiapas por Brush y Perales (2007) y Guevara-Hernández *et al.* (2019) mencionaron que el componente social tiene efecto significativo en las poblaciones de maíz en todos los ambientes donde éste se cultiva; así, la diversidad etnolingüística en el estado presenta una relación directa con la diversidad de usos y manejo sociocultural del cultivo (Perales y Hernández-Casillas, 2005); desde esta perspectiva, el estudio y el monitoreo de la diversidad actual del maíz como propósito en la conservación debe fundamentarse también desde una perspectiva social (Mastretta-Yanes *et al.*, 2019).

Aunque la región Frailesca muestra una reducida diversidad étnica, es la segunda región más grande de Chiapas, con más de 200 comunidades que tienen influencia directa de las regiones colindantes a través de factores socioculturales que se expresan en el intercambio constante de semillas y conocimientos de usos y manejos de las variedades locales de maíz entre sus pobladores, lo cual explica la gran diversidad de maíces.

Esta región cuenta con una estructura variada de microambientes que le permiten tener una diversidad de sistemas agroecológicos, lo que propicia la existencia de la diversidad genética del maíz presente en la región y el estado. Así mismo, diferentes variedades surgen en nichos

donde se adaptan y responden a diferentes preferencias de uso (Coutiño *et al.*, 2015), las cuales presentan una forma amplia de adaptación que las hace propicias para múltiples condiciones agroecológicas (Rodríguez *et al.*, 2016). Estas variedades, producto de la asociación ambiente-cultura-genotipo, son llamadas variedades locales (Guevara-Hernández *et al.*, 2019).

El flujo constante de semillas, a través del intercambio entre productores, y la selección, promueven el enriquecimiento de las variedades locales (Magdaleno-Hernández *et al.*, 2016). Esto permite generar variedades adaptadas a las nuevas necesidades y preferencias de los agricultores; por este motivo, es necesario conocer la diversidad de los maíces locales que aún se cultivan en la región para contar con información pertinente y actualizada que permita establecer una línea base para estudios posteriores sobre potencial de uso, conservación y mejoramiento local. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue conocer la diversidad de maíces locales que aún se conservan en los seis municipios de la región Frailesca de Chiapas, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Región de estudio

El estudio se realizó con maíces recolectados en los municipios de Villaflores, Villa Corzo, El Parral, Ángel Albino Corzo, La Concordia y Montecristo de Guerrero (Figura 1) de la región Frailesca, Chiapas.

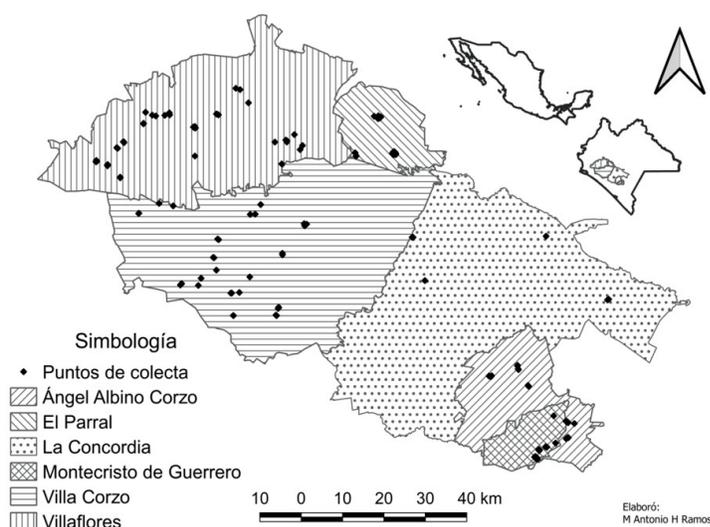


Figura 1. Localización de los municipios de la región Frailesca, Chiapas, México.

La región Frailesca se localiza entre la sierra del sur de Chiapas y la depresión central de Chiapas. Se caracteriza por presentar climas de tipo A(C)(w2) (semi-cálido húmedo) y AW₂ (cálido sub-húmedo) con abundantes lluvias en verano. Los tipos de suelo que se encuentran son leptosol, acrisol, luvisol, regosol, cambisol y fluvisol (INEGI, 2007) y en la vegetación predominan los tipos de bosque mesófilo de montaña, bosques de pino y encino y áreas agropecuarias (Villalobos, 2013).

Recolecta de maíces

El trabajo de campo y recolecta de los maíces se realizó durante los meses de diciembre de 2016 a marzo de 2017. Se identificó y corroboró la presencia de maíces locales en la región a partir de seis recorridos. Para identificar a los productores que siembran maíces locales se utilizó el método de muestreo por redes (bola de nieve), que consiste

en encontrar un representante, éste puede conducir a otro y ese a un tercero, y así sucesivamente, hasta conformar una muestra suficientemente representativa (Cantoni, 2009). Se colectaron 214 muestras de maíces locales de los seis municipios de la región Frailesca, Chiapas (Cuadro 1).

Se localizaron y contactaron productores que conservan maíces locales con la finalidad de identificar y recolectar mazorcas de todos aquellos que han tenido impacto social por sus propias características, que, desde la percepción del productor, le son favorables y permiten la conservación local de la semilla, sin importar el origen inicial de estos (Guevara-Hernández *et al.*, 2019). El tamaño de la muestra para la recolecta fue de 10 mazorcas como máximo. La muestra colectada se rotuló con el nombre común, nombre del productor, comunidad y municipio, así como las coordenadas geográficas del sitio de colecta.

Cuadro 1. Número de muestras colectadas en los 6 municipios de la región Frailesca, Chiapas.

Municipio	Número de muestras	Variedad local	Grupo racial [†]
La Concordia	10	Olotillo y Negro	Olotillo
		Jolochi Morado, Chinchito, Turido y Mezcla	Tuxpeño
El Parral	45	Blanco, Tuxpeño, San Pedrano, Oro Amarillo, Jarocho, Precoz y Mezcla	Tuxpeño
		Z31, Rocamex, Tacsá, Vidrio y Campeón	Híbrido ^{††}
		Amarillo, Negrito, Jarocho, Crema, Cuarentano, Napalú, Olotillo, Chimbo y Sesentano	Olotillo
Ángel Albino Corzo	30	San Gregorio, Sardina, Parraleño, Blanco, Chimbo, Mezcla, Tuxpeño y Cochino	Tuxpeño
		Procoso e Híbrido	Híbrido ^{††}
		Chimbo, Olotillo, Morado, Amarillo, Cuarentano y Pinto	Olotillo
		Señorita	Comiteco
Montecristo de Guerrero	26	Amarillo, Tuxpeño, Mezcla y Huixteco	Tuxpeño
		Híbrido	Híbrido ^{††}
		Comiteco, Señorita, Señorita Blanco y Señorita Amarillo	Comiteco
Villa Corzo	52	Mezcla, Blanco, Precoz, Parraleño, Jarocho, Macho, Criollo, Bola, Aguascalientes, Cubano, Tuxpeño, Peruano, Olote Morado, Morado, Mezcla y Negro	Tuxpeño
		Agro	Híbrido ^{††}
		Negro, Olotillo, Chimbo y Sesentanito	Olotillo
Villaflores	51	Morales, Tuxpeño, Bola, Jarocho, Precoz, Chimbo, Amarillo, Morado, Mezcla y Macho	Tuxpeño
		Dcal, Rocamex y Tacsá	Híbrido ^{††}
		Sangre Maya y Olotillo	Olotillo
Total	214		

[†]Grupo racial predominante. ^{††}Generaciones avanzadas de materiales híbridos.

Variables registradas

Para realizar la caracterización se evaluaron nueve características morfológicas directamente de las mazorcas recolectadas. Las variables se evaluaron con la metodología propuesta por IBPGR (1991): número de hileras de la mazorca (NHM), forma de la mazorca (FM) en tres categorías: cónica (1), cónica-cilíndrica (2) y cilíndrica (3), forma de grano (FG) en tres categorías: dentado (1), plano (2) y semi-redondo (3), longitud de mazorca (LM) en cm, diámetro de mazorca (DM) en cm y diámetro de olote (DO) en cm. De cada mazorca se eligieron 10 granos de la parte central, a los que se les determinó la longitud (LG), ancho (AG) y espesor (EG), estos tres últimos en cm.

Análisis de la información

El análisis de la información se realizó mediante estadística descriptiva, correlación de Pearson y análisis de componentes principales, mediante el programa NTSYSpc® V.2.2 (Rohlf, 2009). Los datos se estandarizaron dividiendo la diferencia del dato con respecto a la media entre la desviación estándar para homogenizar las unidades. La matriz resultante permitió correlacionar las variables y calcular los vectores y valores propios en un análisis de componentes principales.

A partir del cálculo de la distancia basada en las proyecciones fue posible trazar los límites de los grupos, lo que concordó con la similitud morfológica, origen y relación con la raza. Cada colecta se asoció con un grupo racial predominante, lo cual se hizo visualmente en función de su similitud con la característica de la mazorca definida para la raza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación morfológica de mazorca y grano permitió agrupar e identificar los maíces locales colectados. Se identificaron tres grupos raciales predominantes: Tuxpeño, Olotillo y Comiteco, así como maíces de generaciones avanzadas de híbridos.

En el Cuadro 2 se muestran las variables cuantitativas analizadas; se observa que los maíces locales colectados presentan una amplia variación morfológica de mazorca y de grano. La mayor diferenciación entre ellos se encontró en el NHM, DM, DO, FM y FG. En concordancia, Ángeles-Gaspar *et al.* (2010) y Chávez-Servia *et al.* (2011) reportaron que la alta variabilidad de estos caracteres es común en la descripción de la diversidad. Destacan los maíces identificados como raza Tuxpeño; esta raza es una de las más productivas y cultivadas de México, sin duda con influencia del mercado para mantener una alta producción

(González y Alferes, 2010); ha sido utilizado ampliamente en la producción de variedades mejoradas (CONABIO, 2011).

La diversidad y conservación de estos materiales en la región se potencializan desde el momento en que la raza Tuxpeño satisface las necesidades productivas; en la región de estudio el agricultor busca aquellos materiales que le permitan competir en el mercado (Guevara *et al.*, 2019). Se encontró que los maíces Amarillo de El Parral y Amarillo de Montecristo de Guerrero presentaron el mayor NHM con 18 y el de menor fue el Señorita Blanco de Montecristo de Guerrero con ocho. El maíz denominado Mezcla, colectado en el municipio Villa Corzo, presentó el mayor valor de DM con 5.9 cm, en contraste con la variedad Olotillo-Amarillo de El Parral que presentó el menor valor (3.1 cm). La variedad que sobresalió en DO fue Tuxpeño de Llano Grande de Montecristo de Guerrero con 3.9 cm y la de menor con 1.3 cm fue la variedad Olotillo de El Parral (Cuadro 2).

La búsqueda de variedades más productivas ha llevado al agricultor a integrar maíces de generaciones avanzadas de híbridos entre sus variedades locales, por lo que muchas veces son mezcladas con otros maíces locales ya presentes, o simplemente conservados como generaciones avanzadas a los que se les asignan nombres autodescriptivos como Z31, Tacsá, Dcal, Campeón, Rocamex y Vidrio (Cuadro 1). Perales y Hernández-Casillas (2005) han reportado la presencia de maíces provenientes de materiales mejorados y que son cultivados y reconocidos ampliamente como materiales locales.

Con respecto a los caracteres de forma de la mazorca (FM) y de grano (FG); predominaron los maíces con FM cilíndrica y cónico-cilíndrica (92 %), así como maíces con FG de tipo dentado y plano (70 %), particularmente en las razas Tuxpeño y Olotillo. Por otra parte, se encontraron genotipos con formas cónicas y granos redondeados, lo que coincide con las características de la raza Comiteco. Estas variables concuerdan con las descripciones raciales de Tuxpeño, Olotillo y Comiteco con respecto a la forma de mazorca y grano (Wellhausen *et al.*, 1952).

En el Cuadro 3 se observan el conjunto de variables con correlación significativa ($P \leq 0.05$). Las principales variables correlacionadas fueron DM, NHM, DO, FM, FG, EG y AG. Bellon y Brush (1994) coinciden en que la correlación de estas variables es común entre maíces locales. El análisis de correlación mostró que los coeficientes de DO y LG con DM son positivos (0.79 y 0.61, respectivamente), mientras que EG y AG tienen una correlación de 0.52.

El NHM es una característica heredable y descriptiva de la variabilidad morfológica de los maíces (Chávez-Servia

Cuadro 2. Estadística descriptiva de las variables cuantitativas registradas en maíces locales de la Frailesca, Chiapas, México.

Variable	Media	Desviación estándar	CV (%)	Mín	Máx
LM (cm)	17.34	1.99	11.48	10.5	24.2
DM (cm)	4.66	0.44	9.45	3.1	5.9
NHM	12.99	1.86	14.36	8	18
DO (cm)	2.59	0.34	13.14	1.3	3.9
LG (cm)	1.20	0.09	7.68	0.9	1.5
AG (cm)	0.95	0.08	8.61	0.7	1.2
EG (cm)	0.38	0.04	11.97	0.3	0.5

LM: longitud de mazorca, DM: diámetro de la mazorca, NHM: número de hileras de la mazorca, DO: diámetro de olote (cm), LG: longitud del grano, AG: ancho del grano, EG: espesor del grano.

Cuadro 3. Análisis de correlación entre las variables evaluadas de la mazorca y grano en maíces locales colectados en la región Frailesca, Chiapas.

Variable	LM	DM	NHM	DO	FM	FG	LG	AG	EG
LM	1.00								
DM	0.20	1.00							
NHM	-0.06	0.75*	1.00						
DO	0.23	0.79*	0.65*	1.00					
FM	-0.03	0.36	0.36	0.35	1.00				
FG	0.06	-0.15	-0.19	-0.12	-0.36	1.00			
LG	0.33	0.61*	0.37	0.31	0.27	-0.22	1.00		
AG	0.34	-0.14	-0.61*	-0.08	-0.17	0.21	-0.01	1.00	
EG	0.28	-0.03	-0.27	0.06	-0.26	0.28	-0.02	0.52*	1.00

*Correlación significativa ($P \leq 0.05$). LM: longitud de mazorca, DM: diámetro de mazorca, NHM: número de hilera de la mazorca, DO: diámetro del olote, FM: forma de mazorca, FG: forma de grano, LG: longitud de grano; AG: ancho de grano, EG: espesor de grano.

et al., 2011). En este estudio se encontró correlación positiva con el DM (0.75) y DO (0.65) y negativa con el AG (-0.61). Resultados similares han sido reportados por otros autores como Herrera-Cabrera *et al.* (2000), además de considerarlos como criterios morfológicos importantes para la clasificación de los maíces en razas. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Fernández *et al.* (2010), quienes encuentran que a mayor NHM, menores son el AG y el EG.

Los resultados indican que las variables relacionadas con las dimensiones de la mazorca y grano presentan alta variabilidad morfológica y que son susceptibles a modificaciones constantes en el tiempo debido al constante flujo de genes entre los maíces. En este sentido, se entiende que existan maíces con un mismo nombre y que presenten características morfológicas de dos razas diferentes, como se advierte en el Cuadro 1.

El análisis de componentes principales permitió asociar seis de las variables evaluadas en tres componentes, los

que en su conjunto explican el 75.02 % de la varianza total (Cuadro 4). De las nueve variables medidas, las variables LG y FM no presentaron una asociación clara en los componentes, quedando como las más importantes DM, DO, NHM, AG, EG y FG.

El primer componente principal (CP-1), con un valor propio de 3.29, explica el 41.12 % de la varianza total y lo explican principalmente las variables DM, DO, NHM, relacionadas con las dimensiones de la mazorca. El CP-2 explicó un 20.67 % de la varianza y se relacionó con las dimensiones del grano. El CP-3 se relacionó con la FG, con 13.23 % de la varianza. Los resultados coinciden con los reportados por Diego-Flores *et al.* (2012) y Hortelano *et al.* (2008; 2012), quienes encontraron que estas variables son las que más aportan en la evaluación de la diversidad morfológica de maíces locales realizada en diferentes regiones de México.

En la Figura 2 se representan y agrupan los maíces locales con respecto al CP-1 y CP-2. Se muestra una

Cuadro 4. Varianza explicada por los componentes principales.

Variable	CP-1	CP-2	CP-3
DM	0.86	0.40	0.10
NHM	0.89	-0.06	0.36
DO	0.75	0.42	0.16
FM	0.60	-0.13	-0.45
FG	-0.41	0.35	0.65
LG	0.59	0.33	-0.31
AG	-0.48	0.68	-0.41
EG	-0.33	0.77	0.00
Valor propio	3.29	1.65	1.06
Varianza explicada	41.12	20.67	13.23
Varianza acumulada	41.12	61.79	75.02

DM: diámetro de mazorca, NHM: número de hilera de la mazorca, DO: diámetro del olote; FM: forma de la mazorca; FG: forma del grano; LG: longitud del grano; AG: ancho del grano y EG: espesor del grano

amplia dispersión de las colectas; en la parte positiva del CP-1 se ubican los maíces con características de mayor dimensión en DM, DO y NHM; y en la negativa los maíces con los valores más bajos. Sobre el CP-2, en la parte positiva se proyectan las variedades de mayor valor en cuanto al EG y AG. Los maíces con valores negativos de la CP-1 y positivos de la CP-2 corresponden principalmente a maíces de la raza Comiteco, mientras que aquellos ubicados hacia la dirección negativa de CP-1 y CP-2 corresponden en mayor medida a la raza Olotillo. El resto de los maíces se separan por presentar mazorcas con mayor tamaño, con predominancia de la raza Tuxpeño y generaciones avanzadas de híbridos.

En este estudio, debido a que las recolectas se hicieron *in situ*, no es posible definir una delimitación interracial estricta de la diversidad debido a que el ambiente regula la expresión de las características de mazorca; sin embargo, en un estudio realizado por Hernández-Ramos *et al.* (2017) mediante marcadores moleculares se encontró que maíces cultivados en una misma región presentan más cercanía entre ellos que con aquellos de regiones distintas.

Las variables utilizadas, como DM, DO y NHM, son referencia en la descripción racial de los maíces y mantienen una relación proporcional. En este sentido, las diferencias encontradas permitieron establecer una delimitación de cinco grupos con alguna relación racial. 1) mayor dimensión de mazorca y grano, con materiales cercanos a la raza Tuxpeño; 2) mayor dimensión de mazorca y menor de grano, también con materiales cercanos a la raza Tuxpeño y a generaciones avanzadas

de híbridos; 3) menor dimensión de mazorca y mayor en grano, con materiales cercanos a la raza Comiteco; 4) menor dimensión de mazorca y grano, con similitud a la raza Olotillo, y 5) maíces con valores intermedios con cercanía a la raza Tuxpeño y generaciones avanzadas de híbridos.

A partir de este agrupamiento, en el Cuadro 5 se muestran los valores promedio de dimensiones de mazorca y grano para cada grupo. El Grupo 1 es superior estadísticamente al resto, con 23.37 % en DM (5.14 cm) y 19.51 % en DO (2.84 cm) y en el valor de LM es el segundo mayor con 17.88 cm. Rodríguez *et al.* (2016) encontraron valores similares de LM en variedades locales de los municipios de El Parral y Villa Corzo. Con relación a FG, éste fue del tipo plano, con granos largos, de 1.28 cm en promedio, en AG y GG tiende a ser intermedio (0.96 y 0.40); valores similares fueron obtenidos por Acosta *et al.* (2013). Las características fenotípicas de este grupo pueden considerarse de interés tanto para productores como para genetistas; independientemente de la influencia del manejo, genética o ambiente, son características de variedades rendidoras de grano. Este grupo se asocia con la raza Tuxpeño, y sobresalen variedades locales como Mezcla, Morales, Tuxpeño, Jarocho, Jolochi-Morado y Parraleño.

El Grupo 2 es superior al resto de los grupos en NHM (14.94 cm), con mazorcas con diámetro de 4.81 cm y DO de 2.68 cm, así como 1.20 cm de LG, 0.84 de AG y 0.31 cm de GG (Cuadro 5), además de presentar granos planos de forma dentada. Se congregaron en este grupo las variedades Blanco, Amarillo, Dcal, Tuxpeño, Mezcla, Procoso, Precoz, Jarocho, Macho, Precoz-424 y Criollo, asociados con la raza Tuxpeño y generaciones avanzadas de híbridos. El mayor NHM puede ser importante como criterio de selección en programas de fitomejoramiento, pues un mayor número de granos por mazorca influye en el rendimiento.

El Grupo 3 presentó valores intermedios en cuanto al NHM, DM y DO; sin embargo, resultó ser el grupo de mayor AG (1.06 cm), GG (0.44 cm) y con las mazorcas más largas (18.19 cm); la FG tendió a ser de plano a semi-redondo. Algunas variedades notorias en este grupo fueron Napalú-Amarillo, Señorita-Amarillo, Señorita, Jarocho, Señorita-Blanco, Crema, Campeón, Barraqueño, Chimbo, Moro, Macho y Chimbo-Amarillo, y presentan similitud con las razas Comiteco y Tuxpeño.

El Grupo 4 se conformó con variedades de valores inferiores en LM, DM, NHM y DO en comparación con el resto de los grupos, con predominancia de variedades con características de la raza Olotillo como Sesentanito, Pinto, Olotillo, Olotillo-Blanco, Negro, Chimbo-Sesentano

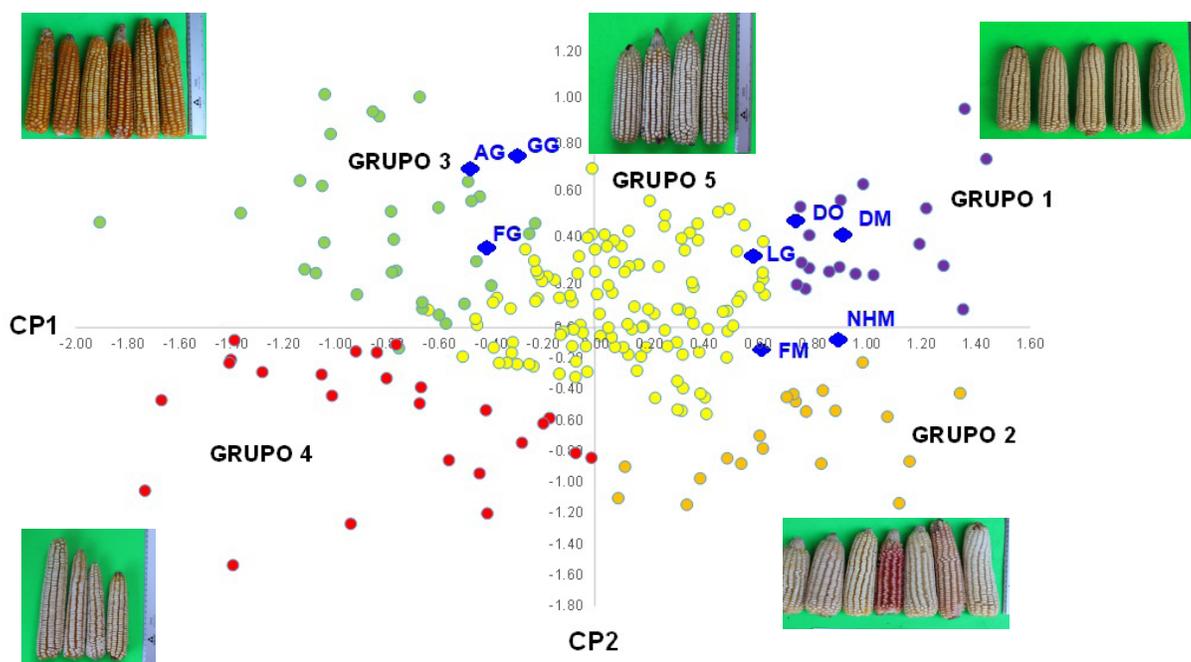


Figura 2. Ubicación y agrupamiento de los maíces locales con base en el CP-1 y CP-2.

Cuadro 5. Estadígrafos de los caracteres cuantitativos de la mazorca, en función de los grupos de cultivares conformados a partir del análisis de componentes principales.

Grupo	Parámetro	LM	DM	NHM	DO	LG	AG	GG
Grupo 1	Media (cm)	17.88	5.14	14.27	2.84	1.28	0.96	0.40
	Desv. Est.	1.65	0.36	1.45	0.24	0.04	0.06	0.00
Grupo 2	Media (cm)	16.63	4.81	14.94	2.68	1.20	0.84	0.31
	Desv. Est.	1.55	0.30	1.34	0.19	0.08	0.06	0.03
Grupo 3	Media (cm)	18.19	4.36	10.84	2.45	1.15	1.06	0.44
	Desv. Est.	2.16	0.21	1.17	0.18	0.06	0.06	0.05
Grupo 4	Media (cm)	16.12	3.95	10.85	2.02	1.13	0.93	0.36
	Desv. Est.	2.69	0.37	1.69	0.36	0.12	0.08	0.05
Grupo 5	Media (cm)	17.45	4.80	13.47	2.69	1.22	0.95	0.39
	Desv. Est.	1.76	0.30	1.22	0.26	0.08	0.06	0.03

DM: diámetro de la mazorca, NHM: número de hileras de la mazorca, DO: diámetro del olote, LG: longitud del grano, AG: ancho del grano, GG: espesor del grano.

y Olotillo-Amarillo.

El Grupo 5 presentó valores intermedios en sus variables; fue el grupo con mayor número de variedades locales (121). Las variedades de este grupo son las más dispersas, ubicadas a través de los cuatro cuadrantes, y demuestran la gran diversidad morfológica que existe en la región. Al parecer esta dispersión se debe a la conjunción de características morfológicas de varias razas, que probablemente se deba al intercambio de semillas que

los mismos productores realizan (González-Martínez *et al.*, 2018) y al constante flujo de polen entre poblaciones vecinas (Berthaud y Gepts, 2004). Estas variedades se encuentran diseminadas por toda la región, donde sobresalen Chinchito, Turido, Precoz, Tuxpeño, Amarillo y generaciones avanzadas de híbridos.

La diversidad de maíces locales en la región Frailesca se encuentra influenciada por tres razas predominantes y por maíces mejorados, así como por las combinaciones

de éstos. Las 214 colectas realizadas se diferenciaron principalmente por sus dimensiones en diámetro de olote y mazorca, número de hileras y tamaño del grano y fue posible definir cinco grupos que representan la diversidad local. La diversidad de los grupos contribuye con elementos para la identificación morfológica y la selección de materiales que podrían emplearse en estudios posteriores, principalmente para el aprovechamiento del potencial de uso y la conservación y mejoramiento *in situ* de los mismos.

AGRADECIMIENTOS

Este documento se elaboró como parte de los resultados de los proyectos: a) *Caracterización socio-agronómica de maíces locales con potencial de uso múltiple en la Frailesca, Chiapas*; financiado por SEP-CONACYT en su convocatoria CB2015 y b) *Estudio etnobotánico y morfo-agronómico de maíces locales (Zea mays L.) de la Frailesca, Chiapas*; financiado por el Instituto de Ciencia Tecnología e Innovación del estado de Chiapas en su convocatoria Proyectos de Investigación Científica 2019; y cuyo responsable técnico fue el Dr. Francisco Guevara Hernández. Por lo anterior, se agradece al personal del CONACYT y del ICTIECH, así como a todos los productores cooperantes, estudiantes e investigadores participantes en el trabajo de campo.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta R. R., A. R. Colomer L., H. Ríos L. y M. Martínez C. (2013) Evaluación morfoagronómica de una población de maíz (*Zea mays*, L.) en condiciones de polinización abierta en el municipio Batabanó, provincia Mayabeque. *Cultivos Tropicales* 34:52-60.
- Ángeles-Gaspar E., E. Ortiz-Torres, P. A. López y G. López-Romero (2010) Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33:287-296, <https://doi.org/10.35196/rfm.2010.4.287>
- Bellon M. R. and J. Hellin (2011) Planting hybrids, keeping landraces: agricultural modernization and tradition among small-scale maize farmers in Chiapas, Mexico. *World Development* 39:1434-1443, <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2010.12.010>
- Bellon M. R. and S. B. Brush (1994) Keepers of maize in Chiapas, México. *Economic Botany* 48:196-209, <https://doi.org/10.1007/BF02908218>
- Berthaud J. and P. Gepts (2004) Assessment of effects on genetic diversity. In: *Maize and Biodiversity: The Effects of Transgenic Maize in Mexico*. Research Conference. Oaxaca, México. 11 Mach. Secretariat of the Commission for Environmental Cooperation of North America. Montréal, Québec, Canada. 53 p.
- Brush S. B. and H. R. Perales (2007) A maize landscape: ethnicity and agrobiodiversity in Chiapas, Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121:211-221, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.12.018>
- Cantoni R. N. M. (2009) Técnicas de muestreo y determinación del tamaño de la muestra en investigación cuantitativa. *Revista Argentina de Humanidades y Ciencias Sociales* 7:3-5.
- Chávez-Servia J. L., P. Diego-Flores y J. C. Carrillo-Rodríguez (2011) Complejos raciales de poblaciones de maíz evaluadas en San Martín Huamelulpan, Oaxaca. *Ra Ximhai* 7:107-115, <https://doi.org/10.35197/rx.07.01.2011.10.jc>
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2011) Razas de maíz de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Ciudad de México. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas/grupo-DentadosT/Tuxpeno> (Mayo 2020).
- 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.
- Diego-Flores P., J. L. Chávez-Servia, J. C. Carrillo-Rodríguez y F. Castillo-González (2012) Variabilidad en poblaciones de maíz nativo de la Mixteca Baja Oaxaqueña, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo* 44:157-171.
- FAOSTAT, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2020) Producción. Cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma. <http://www.fao.org/faostat/es/#home> (Noviembre 2020).
- Fernández G. L., J. Crossa, Z. Fundora-Mayor, L. Castañeiras A., G. Gálvez R., M. García G. y C. Giraudy B. (2010) Identificación y caracterización de razas de maíz en sistemas campesinos tradicionales de dos áreas rurales de Cuba. *Revista Bio Ciencias* 1:4-18, <https://doi.org/10.15741/revbio.01.01.02>
- González E. A. y M. Alferes V. (2010) Competitividad y ventajas comparativas de la producción de maíz en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1:381-396.
- González-Martínez J., M. Rocandio-Rodríguez, J. C. Chacón-Hernández, V. Manoye-Eligio y Y. R. Moreno-Ramírez (2018) Distribución y diversidad de maíces nativos (*Zea mays* L.) en el altiplano de Tamaulipas, México. *Agroproductividad* 11:124-130.
- Guevara-Hernández F., M. A. Hernández-Ramos, J. L. Basterrechea-Bermejo, R. Pinto-Ruiz, J. A. Venegas-Venegas, L. A. Rodríguez-Larramendi y P. Cadena-Iñiguez (2019) Maíces locales; una contextualización de identidad tradicional. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo* 51:369-381.
- Herrera C. B. E., F. Castillo G., J. J. Sánchez G., R. Ortega P. y M. M. Goodman (2000) Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones nativas de maíz en una región: caso de la raza Chalqueño. *Revista Fitotecnia Mexicana* 23:335-354.
- Hernández-Ramos M. A., L. A. Rodríguez-Larramendi, F. Guevara-Hernández, M. A. Rosales-Esquinca, R. Pinto-Ruiz y R. Ortiz-Pérez (2017) Caracterización molecular de maíces locales de la Reserva de la Biosfera La Sepultura, México. *Agronomía Mesoamericana* 28:69-83, <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21612>
- Hortelano S. R. R., A. Gil M., A. Santacruz V., S. Miranda C. y L. Córdova T. (2008) Diversidad morfológica de maíces nativos del Valle de Puebla. *Agricultura Técnica en México* 34:189-200.
- Hortelano S. R. R., A. Gil M., A. Santacruz V., H. López S., P. A. López y S. Miranda C. (2012) Diversidad fenotípica de maíces nativos del altiplano centro-oriental del estado de Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35:97-109, <https://doi.org/10.35196/rfm.2012.2.97>
- IBPGR, International Board for Plant Genetic Resources (1991) Descriptors for Maize. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City-International Board for Plant Genetic Resources. Rome. 88 p.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2007) Conjunto de datos vectoriales Edafología. Serie II. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México. <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/default.html#Mapa> (Noviembre 2020)
- López-Torres B. J., R. Rendón-Medel y T. C. Camacho-Villa (2016) La comercialización de los maíces de especialidad en México: condiciones actuales y perspectivas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(Esp. 15):3075-3088.
- Magdaleno-Hernández E., A. Mejía-Contreras, T. Martínez-Saldaña, M. A. Jiménez-Velázquez, J. Sánchez-Escudero y J. L. García-Cué (2016) Selección tradicional de semilla de maíz criollo. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 13:437-447, <https://doi.org/10.22231/asyd.v13i3.405>
- Mastretta-Yanes A., M. R. Bellon, F. Acevedo, C. Burgeff, D. Piñero y J. Sarukhán (2019) Un programa para México de conservación y uso de la diversidad genética de las plantas domesticadas y sus parientes silvestres. *Revista Fitotecnia Mexicana* 42:321-334, <https://doi.org/10.35196/rfm.2019.4.321-334>
- Perales R. H. R. y J. M. Hernández-Casillas (2005) Diversidad de maíz en Chiapas. In: *Diversidad Biológica de Chiapas*. M. González-Espinosa, N. Ramírez-Marcial y L. Ruiz-Montoya (coords.). Plaza y Valdés-ECOSUR-COCYTECH. México, D. F. pp:419-438.

- Rodríguez L. L., F. Guevara H., J. Ovando C., J. R. Marto G. y R. Ortiz P. (2016) Crecimiento e índice de cosecha de variedades locales de maíz (*Zea mays* L.) en comunidades de la región Frailesca de Chiapas, México. *Cultivos Tropicales* 37:137-145, <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1404.6967>
- Rohlf F. J. (2009) NTSYSpc: Numerical Taxonomy System. Ver. 2.21c. Exeter Software. Setauket, New York. USA.
- Sangermán-Jarquín D. M., M. de la O-Olán, A. J. Gámez-Vázquez, A. Navarro-Bravo, M. Á. Ávila-Perches y R. Schwentesius-Rindermann (2018) Etnografía y prevalencia de maíces nativos en San Juan Ixtenco, Tlaxcala, con énfasis en maíz ajo (*Zea mays* var. *tunicata* A. St. Hil.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 41:451-459, <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.4.451-459>
- Vázquez C. M. G., L. Guzmán B., J. L. Andrés G., F. Márquez S. y J. Castillo M. (2003) Calidad de grano y tortilla de maíces criollos y sus retrocruzas. *Revista Fitotecnia Mexicana* 26:231-238.
- Villalobos S. G. (2013) El contexto físico y su importancia para la preservación de la biodiversidad. *In: La Biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado*. Vol. 1. A. Cruz A., E. D. Melgarejo, F. Camacho R. y K. C. Nájera C. (coords.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/Gobierno del Estado de Chiapas. México, D. F., Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. pp:27-40, <https://doi.org/10.13140/2.1.4439.3608>
- Wellhausen E. J., L. M. Roberts and E. Hernández X. (1952) Races of Maize in Mexico: Their Origin, Characteristics, and Distribution. The Bussey Institution of Harvard University. Cambridge, Massachusetts, USA. 223 p.

