

# CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE POBLACIONES DE MAÍZ NATIVO (*Zea mays* L.) EN CHIAPAS, MÉXICO

## MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF NATIVE MAIZE (*Zea mays* L.) POPULATIONS IN CHIAPAS, MEXICO

Martínez-Sánchez, J.<sup>1\*</sup>; Espinosa-Paz, N.<sup>1</sup>; Cadena-Iñiguez, P.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Centro de Chiapas-INIFAP km 3.0 Carretera Ocozocoautla-Cintalapa, C.P.29140, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas.

\*Autor responsable: [martínez.jesus@inifap.gob.mx](mailto:martínez.jesus@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

Los estudios de caracterización contribuyen a establecer mejores bases para diseñar estrategias de aprovechamiento, conservación y mejoramiento genético. En este contexto, se caracterizó la variación morfológica de una colección de poblaciones de maíz nativo (*Zea mays* L.) del Centro de Chiapas, México. Se evaluaron 25 poblaciones bajo un diseño de bloques completos al azar en tres ambientes contrastantes. Se registraron 14 variables morfológicas y aplicó un análisis de varianza combinado, análisis de correlación y gráfica biplot con base en los dos primeros componentes principales. Se detectaron diferencias significativas entre poblaciones para todas las variables, lo que se consideró un indicador de diversidad. Las accesiones fueron agrupadas en cuatro grupos, denominados complejo Olotillo que reunió las poblaciones de mayor altura de planta (245 a 295 cm), floración tardía (63 a 68 días) y número bajo de hileras (8 a 9), complejo Tuxpeño cuyas poblaciones presentaron altura superior a la media (244 a 272 cm), floración masculina representativa del clima cálido (60 a 65 días) y valor intermedio de número de hileras (10 a 12), Zapalote grande que fueron poblaciones de ciclo precoz (51-55 DFM) y menor altura de planta (212 a 227 cm); y finalmente Tuxpeño que reunió poblaciones de mayor número de hileras (12.8 a 13.3) con valores intermedios en los caracteres medidos. La variación identificada puede ser la base para mejoramiento genético y diferentes estrategias de conservación.

**Palabras clave:** maíces nativos, variación morfológica, análisis biplot.

### ABSTRACT

Characterization studies contribute to establishing better bases for the design of strategies for exploitation, conservation and genetic improvement. In this context, the morphological variation of a collection of native maize (*Zea mays* L.) populations from central Chiapas, México, was characterized. Twenty-five (25) populations were evaluated under a design of complete random blocks in three contrasting environments. Fourteen (14) morphological variables were found and combined variance analysis, correlation analysis and biplot graphing were applied based on the first two principal components. Significant differences were detected between populations for all the variables, something considered as an indicator of diversity. The accessions were grouped into four groups, named: Olotillo complex, which gathered the populations of greater plant height (245 to 295 cm), late flowering (63 to 68 days), and low number of lines (8 to 9); Tuxpeño, whose populations presented greater height than the mean (244 to 272 cm), masculine flowering representative of the

warm climate (60 to 65 days) and intermediate value of lines (10 to 12); Zapalote Grande, which was populations of precocious cycle (51-55 DFM) and lower plant height (212 to 227 cm); and finally, Tuxpeño that included populations with a higher number of lines (12.8 to 13.3) with intermediate values in the characters measured. The variation identified can be the basis for genetic improvement and different conservation strategies.

**Keywords:** native maize, morphological variation, biplot analysis.

## INTRODUCCIÓN

**El estado** de Chiapas registra áreas de mayor diversidad del maíz (*Zea mays* L.) en México. A nivel nacional ocupa el primer lugar en superficie sembrada (700,000 ha anuales en promedio) y el quinto lugar en producción de grano (1 188 000 t), con una media de rendimiento de 1.79 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2015). Se estima que 75% de la superficie cultivada con maíz es de variedades criollas o nativas (18 razas) y de generaciones avanzadas de variedades mejoradas (Coutiño *et al.*, 2015); empero, la diversidad genética de las poblaciones del maíz nativo ha sido objeto de poca atención dentro del ámbito científico. La mayoría de los estudios se han enfocado a la identificación de las razas de maíz con base en características de la mazorca y al análisis de las recolectas resguardadas (accesiones) en las bancos de germoplasma nacionales (Perales y Hernández, 2005; Gómez *et al.*, 2010), así como estudios de corte etnográfico (Perales *et al.*, 2005). Sin embargo, es necesario identificar el nivel de variación de poblaciones de maíces nativos en las diferentes regiones, dada la complejidad como resultado de un proceso de selección dirigida por los agricultores para satisfacer sus necesidades de consumo (Flores-Pérez *et al.*, 2015). En el Centro de Chiapas, México, en las áreas de clima cálido, de 48 a 958 m de altitud, se reportan 15 razas cultivadas, sobresaliendo las razas Tuxpeño, Vandeño y Olotillo, pero debido a la complejidad de los sistemas de producción tradicionales, estas y otras razas forman un continuo (Narez-Jiménez *et al.*, 2015). Chavez-Servia *et al.* (2011) sugieren que la alta frecuencia de complejos raciales, probablemente es el producto de la recombinación genética que se lleva a cabo mediante el flujo de polen entre localidades vecinas y el movimiento de semilla que hacen los agricultores, ya sea entre vecinos o con agricultores de regiones muy apartadas. Torres

(2015) estudió la diversidad de siete razas de maíz de Chiapas utilizando datos morfológicos y moleculares mediante micro satélites (SSRs). Encontró que diferentes poblaciones de las razas Tepecintle y Zapalote Grande formaron grupos definidos permitiendo diferenciarlas por separado; el resto de las razas que fueron clasificadas a priori, en cierto grupo racial, se ubicaron con otros, lo que indica una complejidad genética mayor. Por ello, para diseñar el mejoramiento genético y la conservación de algunas poblaciones de maíz nativo en las condiciones de la agricultura tradicional, es conveniente conocer de manera detallada la variación entre poblaciones, y al mismo tiempo evaluar su potencial agronómico y estabilidad (Martínez *et al.*, 2016). Por otro lado, la caracterización morfológica ha demostrado ser una técnica útil para estudiar la diversidad existente entre razas, dentro de razas y entre poblaciones de maíz nativo de regiones específicas (Flores-Pérez *et al.*, 2015). Con base en lo anterior, el presente trabajo se realizó con el objetivo de caracterizar la variación morfológica de una colección de poblaciones de maíz nativo, del Centro de Chiapas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron 25 muestras poblacionales de maíz nativo, con agricultores de nueve localidades pertenecientes a cuatro municipios; 18 fueron de grano blanco, cinco de amarillo, una de rojo y una de azul (Cuadro 1). Cada muestra se integró de 2 a 4 kg de semilla. En este estudio cada muestra se asume como población independiente por la diferenciación y manejo que hace el agricultor. Los experimentos fueron conducidos en tres localidades (ambientes) del Centro de Chiapas: Ocozocoautla de Espinosa (16° 46' N y 93° 26' O, altitud de 800 m) en un suelo de textura arenosa, Úrsulo Galván, Villaflores (16° 17' N y 93°26' O, altitud de 726 m) en un suelo de textura arenosa y Vista Hermosa, Cintalapa (16° 32' N y 93° 58' O, altitud de 690 m) en un suelo de textura franco-arenoso. El riesgo de sequía intraestival para estos ambientes con base en el índice de humedad disponible se clasifica como moderado, deficiente y muy deficiente, respectivamente (López y Villar, 1991). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron las 25 poblaciones de maíz recolectadas. La unidad experimental consistió de cuatro surcos de 5.0 m de longitud y 0.8 m de ancho, con una población final de 88 plantas, que correspondieron a una densidad de 50 000 plantas ha<sup>-1</sup>. Las siembras del ensayo en cada ambiente contrastante por sequía intraestival se realizaron el 02, 15 y 20 de julio de 2015 en Ocozocoautla de Espinosa, Úrsulo Galván y Vis-

**Cuadro 1.** Poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) y localidades de recolecta en Chiapas, México.

Colecta	Nombre común	Municipio	Localidad	Altitud (m)	Latitud norte	Longitud oeste	Color de grano
CECECH-1	Jarocho	Villaflores	Guadalupe Victoria	580	16°27'	93°7'	Blanco
CECECH-3	Tuxpeño	Villaflores	Chanona	663	16°20'	93°25'	Blanco
CECECH-4	Tuxpeño	Suchiapa	Suchiapa	500	16°36'	93°03'	Blanco
CECECH-6	Sesentano	Villaflores	Cristóbal Obregón	642	16°25'	93°26'	Blanco
CECECH-7	Napalú	Suchiapa	Suchiapa	500	16°36'	93°03'	Blanco
CECECH-8	Jarocho	Suchiapa	Suchiapa	500	16°36'	93°03'	Amarillo
CECECH-10	Jarocho	Villaflores	Guadalupe Victoria	580	16°27'	93°7'	Blanco
CECECH-11	Rojo Criollo	Villaflores	Cristóbal Obregón	642	16°25'	93°26'	Rojo
CECECH-12	Chimbo	Suchiapa	Suchiapa	500	16°36'	93°03'	Amarillo
CECECH-13	Olotillo	Suchiapa	Suchiapa	500	16°36'	93°03'	Blanco
CECECH-15	Napalú	Suchiapa	Suchiapa	500	16°36'	93°03'	Blanco
CECECH-16	Precoz	Villaflores	Cristóbal Obregón	642	16°25'	93°26'	Blanco
CECECH-18	Rocame	Ocozocoautla	Ocozocoautla	800	16°46'	93°26'	Amarillo
CECECH-27	Criollo amarillo	Ocozocoautla	La Naranja	793	16°47'	93°25'	Amarillo
CECECH-30	Maíz azul	Ocozocoautla	La Naranja	793	16°47'	93°25'	Azul
CECECH-31	Criollo amarillo	Ocozocoautla	El Gavilán	755	16°47'	93°27'	Amarillo
CECECH-32	Rocame	Villaflores	Cristóbal Obregón	642	16°25'	93°26'	Blanco
CECECH-33	Maíz blanco	Villaflores	Cristóbal Obregón	642	16°25'	93°26'	Blanco
CECECH-34	Olotillo	Ocozocoautla	El Calvario	561	17°02'	93°31'	Blanco
CECECH-35	Tuxpeño	Cintalapa	Villamorelos	710	16°30'	93°55'	Blanco
CECECH-36	Olotillo	Cintalapa	Villamorelos	710	16°30'	93°55'	Blanco
CECECH-37	Dientilla	Cintalapa	Villamorelos	710	16°30'	93°55'	Blanco
CECECH-38	Opamil	Cintalapa	Villamorelos	710	16°30'	93°55'	Blanco
CECECH-39	Poblano	Cintalapa	Villamorelos	710	16°30'	93°55'	Blanco
CECECH-40	Americano	Cintalapa	Villamorelos	710	16°30'	93°55'	Blanco

ta Hermosa, respectivamente. Las poblaciones de maíz se evaluaron bajo condiciones de temporal.

La caracterización se realizó mediante 14 caracteres morfológicos, el registro de información en campo de cada carácter se hizo con base en los criterios de los descriptores para maíz del International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR, 1991), consistentes en altura de panta y mazorca (AP y AM), longitud del pedúnculo de la espiga (LPE), longitud de espiga (LE), longitud total de espiga (LTE), longitud de la parte ramificada de la espiga (LPRE), número de ramas primarias y secundarias de la espiga (NRP y NRS), longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM), número de hileras (NH) y granos por hilera (GH).

Se hizo un análisis de varianza combinado. Posteriormente, se calcularon los valores estadísticos descriptivos (valor mínimo, máximo, desviación estándar, media

y moda) y los valores promedio de los caracteres registrados en las 25 poblaciones. Se calculó la matriz de correlaciones de Pearson y de los pares de variables con valores altos de correlación (mayor o igual a 0.7) se descartó la menos informativa (Flores-Pérez *et al.*, 2015). Con este criterio se seleccionaron seis variables y se elaboró la matriz de genotipos por caracteres para realizar la gráfica biplot y representar la dispersión entre caracteres con base en los dos primeros componentes principales (Yan y Tinker, 2006). El análisis de varianza, la obtención de estadísticas descriptivas y prueba de correlación se llevaron a cabo con el paquete estadístico SAS (SAS, 2000). El análisis de componentes principales y la gráfica biplot se obtuvieron mediante el lenguaje de programación R.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre poblaciones para todas las variables de estudio, para

localidades no hubo diferencias significativas en el número de ramas primarias de la espiga y los días a floración masculina y femenina ( $P>0.05$ ). Finalmente, sólo la altura de planta ( $P<0.05$ ), longitud del pedúnculo de la espiga, longitud y diámetro de mazorca, número de hileras y granos por hilera ( $P<0.01$ ) reportaron diferencias significativas para la interacción poblaciones×localidades (Cuadro 2).

La variabilidad expresada en caracteres morfológicos se puede apreciar en el Cuadro 3, la altura de planta y mazorca variaron de 142 a 390 cm y de 58 a 225 cm, respectivamente. Se aprecia que hubo poblaciones de porte muy alto con más de 350 cm, esta es una característica que se asocia con problemas de acame, sin embargo, los productores las conservan por buena producción de forraje (Muñoz, 2003). Hubo poblaciones de porte bajo que son opciones para enfrentar los nuevos entornos de estrés por sequía ya que requiere menor cantidad de agua para su desarrollo (Ramírez, 2013). El rango para la longitud total de espiga fue de 43 a 73 cm, y muestra la variación para el tamaño de espiga representada por la longitud del pedúnculo de la espiga (11 a 29 cm mínimo), (25 a 50 cm máximo) y la longitud de la parte ramificada de la espiga (7 a 21 cm). En ésta, los rangos para el número de ramas primarias y secundarias fueron de 6

a 16 y de 1 a 5. La no interacción de estas características en la fuente de variación poblaciones por localidades en los análisis de varianza (Cuadro 2), les confiere propiedades deseables, de acuerdo con Rocandio-Rodríguez *et al.* (2014) quien menciona que los caracteres morfológicos que sean menos afectados por el ambiente son más útiles para caracterizar a las poblaciones.

La floración masculina y femenina osciló entre 51 a 68 y de 52 a 70 días, respectivamente. Los resultados sobre la fenología indican que es posible encontrar poblaciones de ciclo precoz y poblaciones con tendencia a ciclo tardío. Actualmente, en muchas localidades donde predomina la siembra de maíces nativos, se siguen conservando maíces de diferente ciclo con el fin de tener opciones de siembra (ciclo tardío en zonas más productivas y precoces en zonas de menor fertilidad con mayores niveles de estrés por sequía), además, la conservación del carácter de precocidad permite ajustes en las fechas de siembra según el comportamiento de las lluvias (Muñoz *et al.*, 2003). La moda para la floración masculina y femenina fueron 60 y 61 días, estos valores son los más representativos para los maíces de clima cálido en el estado de Chiapas. En relación a los componentes del rendimiento, los valores de longitud de mazorca fueron de 6 a 20 cm para longitud de mazorca, de 2 a 5 para

**Cuadro 2.** Significancia estadística de cuadrados medios del análisis de varianza combinado de 14 variables morfológicas medidas en 25 poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) nativo, en el Centro de Chiapas, México.

Variable	Fuentes de variación			Cuadrado medio del error	C.V. (%)
	Poblaciones	Localidades	Poblaciones×Localidades		
AP	3184**	111870.7**	6444*	389.1	8.1
AM	2749.9**	32000.2**	245.7ns	170.3	11.2
LPE	18.6**	339.4**	6.9**	3.2	8.5
LE	48.2**	221.3**	6.1ns	11.6	8.7
LTE	76.7**	1107.9**	16.6ns	19.6	7.4
LPR	22.5**	219.1**	3.6ns	3.7	14.9
NRP	7.7**	8.4ns	1.6ns	2.7	15.0
NRS	2.5**	5.9**	0.5ns	0.5	15.0
DFM	97.7**	1.6ns	1.5ns	1.6	2.7
DFF	109.5**	2.3ns	2.2ns	2.4	3.0
LM	8.5**	607.6**	3.0**	0.5	5.3
DM	0.6**	7.3**	0.2**	0.2	4.3
NH	17.5**	5.0**	0.8**	0.3	4.5
GH	41.4**	2418.3**	35.3**	3.2	5.6

C.V.=coeficiente de variación; \* y \*\* significativo a nivel de  $P<0.05$  y  $P<0.01$ , respectivamente; AP=altura de planta (cm); AM=altura de mazorca (cm); LPE=longitud del pedúnculo de la espiga (cm); LE=longitud de espiga (cm); LTE=longitud total de espiga (cm); NRP=número de ramas primarias de la espiga; NRS=número de ramas secundarias de la espiga; DFM=días a floración masculina; DFF=días a floración femenina; LM=longitud de mazorca; DM=diámetro de mazorca; NH=número de hileras; GH=granos por hilera.

**Cuadro 3** Estadísticos descriptivos y promedios de caracteres agronómicos de poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) nativo evaluadas en el Centro de Chiapas, México.

Estadístico	AP	AM	LPE	LE	LTE	LPRE	NRP	NRS	DFM	DFF	LM	DM	NH	GH
Media	243.5	116.4	20.9	39.0	59.9	13.0	11.0	2.8	60.4	61.7	13.7	3.9	11.2	32.1
Moda	213.0	89.0	21.0	39.8	57.4	13.6	10.6	2.6	60.0	61.0	16.5	3.7	12.0	36.8
Mínimo	142.4	58.0	11.8	29.0	43.8	7.2	6.8	1.2	51.0	52.0	6.4	2.4	8.0	12.7
Máximo	390.0	225.8	29.6	50.2	76.0	21.8	16.0	5.4	68.0	70.0	20.0	5.4	14.8	48.4
Poblaciones	Promedios generales													
CECECH-1	238.3	105.8	19.6	38.2	57.8	12.3	11.6	2.8	60.0	61.0	12.8	4.0	12.8	31.0
CECECH-3	269.7	129.5	21.5	40.3	61.7	12.5	10.7	2.6	61.0	62.0	13.7	4.1	12.0	33.5
CECECH-4	272.5	137.7	22.2	42.2	64.5	17.5	12.2	2.6	63.0	64.0	13.5	3.9	10.9	29.8
CECECH-6	222.3	92.5	22.1	33.5	55.6	12.5	11.0	3.4	51.0	52.0	12.4	3.4	9.1	28.8
CECECH-7	283.2	156.2	20.4	37.3	57.8	13.6	9.1	3.8	65.0	66.0	15.8	3.9	8.4	30.2
CECECH-8	295.8	165.2	23.5	42.2	65.8	15.6	11.0	3.4	63.0	65.0	16.5	3.8	8.3	34.2
CECECH-10	215.5	88.9	17.8	39.0	56.8	11.7	11.6	2.1	60.0	61.0	14.5	4.5	12.3	36.9
CECECH-11	222.5	103.8	19.7	39.1	58.8	11.4	11.2	2.4	59.0	61.0	14.8	3.4	11.4	30.0
CECECH-12	212.9	91.4	22.3	31.8	54.1	10.2	11.3	2.8	51.0	52.0	12.2	4.0	11.0	28.8
CECECH-13	260.6	136.9	20.2	42.8	63.0	16.3	11.1	3.8	68.0	70.0	14.8	3.2	8.6	30.1
CECECH-15	245.3	147.0	15.9	36.1	52.0	12.2	8.9	3.3	67.0	69.0	14.9	3.6	9.5	29.9
CECECH-16	227.7	98.6	19.8	40.2	60.0	12.0	12.0	2.0	56.0	57.0	13.2	4.4	14.5	36.6
CECECH-18	252.9	131.0	21.3	39.8	61.1	14.4	9.2	2.9	61.0	62.0	12.3	3.9	10.7	29.1
CECECH-27	229.8	104.3	20.0	41.2	61.2	13.0	12.1	2.8	60.0	61.0	11.5	3.6	12.0	30.2
CECECH-30	240.9	118.1	20.5	40.0	60.5	16.5	10.3	4.1	60.8	62.0	15.1	3.8	9.8	31.7
CECECH-31	268.9	133.0	22.1	39.9	62.0	14.3	12.0	3.1	65.0	67.0	15.2	4.3	11.1	39.4
CECECH-32	229.7	106.0	20.0	40.9	60.9	11.9	11.9	1.6	59.0	60.0	14.5	4.7	13.1	34.8
CECECH-33	244.1	101.9	24.4	42.1	66.5	13.0	9.7	2.0	63.0	65.0	13.0	3.9	13.5	29.4
CECECH-34	200.6	87.9	20.6	37.0	57.6	9.9	10.0	1.8	61.0	62.0	13.6	4.0	13.6	32.1
CECECH-35	235.4	101.0	21.4	39.0	60.4	10.9	9.5	2.1	60.0	61.0	13.5	3.9	13.3	34.9
CECECH-36	252.3	117.0	22.7	42.4	65.1	14.2	13.2	2.9	61.0	62.0	13.5	3.9	10.9	34.2
CECECH-37	250.3	124.1	20.9	36.9	57.8	12.8	11.2	2.9	60.0	61.0	13.6	3.8	12.0	32.9
CECECH-38	218.6	94.9	21.4	34.8	56.3	11.2	12.2	2.8	55.0	56.0	12.2	3.9	11.5	29.0
CECECH-39	260.7	127.0	22.6	38.4	61.0	13.5	11.4	3.1	61.0	62.0	12.8	3.8	10.4	33.4
CECECH-40	244.0	116.1	20.8	39.5	60.3	12.0	10.0	2.4	61.0	62.0	13.1	3.8	10.1	33.7

AP=altura de planta (cm); AM=altura de mazorca (cm); LPE=longitud del pedúnculo de la espiga (cm); LE=longitud de espiga (cm); LTE=longitud total de espiga (cm); NRP=número de ramas primarias de la espiga; NRS=número de ramas secundarias de la espiga; DFM=días a floración masculina; DFF=días a floración femenina; LM=longitud de mazorca; DM=diámetro de mazorca; NH=número de hileras; GH=granos por hilera.

diámetro de mazorca, de 8 a 14 para número de hileras y de 12 a 48 para el número de granos por hilera.

En los análisis de correlación, los pares de variables que presentaron valores mayores a 0.7 fueron: AP/AM (0.92), AP/LPE (0.72), AP/LTE (0.74), AP/LPRE (0.72), AM/LPRE (0.70), LPE/LTE (0.80), LE/LTE (0.88), DFM/DFF (0.90), LM/GH (0.84) y DM/GH (0.70). De acuerdo con Flores-Pérez *et al.* (2015), de los pares de variables que presentan correlaciones mayores a 0.7 en valor absoluto, se

descartan las variables menos informativas. Con este criterio, los caracteres seleccionados fueron altura de planta, longitud de espiga, número de ramas primarias y secundarias, días a floración masculina, número de hileras y granos por hilera.

En la gráfica biplot (Figura 1), se observa que los dos primeros componentes principales (CP) explicaron 97.7% de la variación, 95.7% para el Componente 1 y 2.0% para el Componente 2. El biplot de poblaciones por

**Cuadro 4.** Correlaciones entre 14 variables morfológicas de 25 poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) nativo de Chiapas, México, en tres ambientes contrastantes.

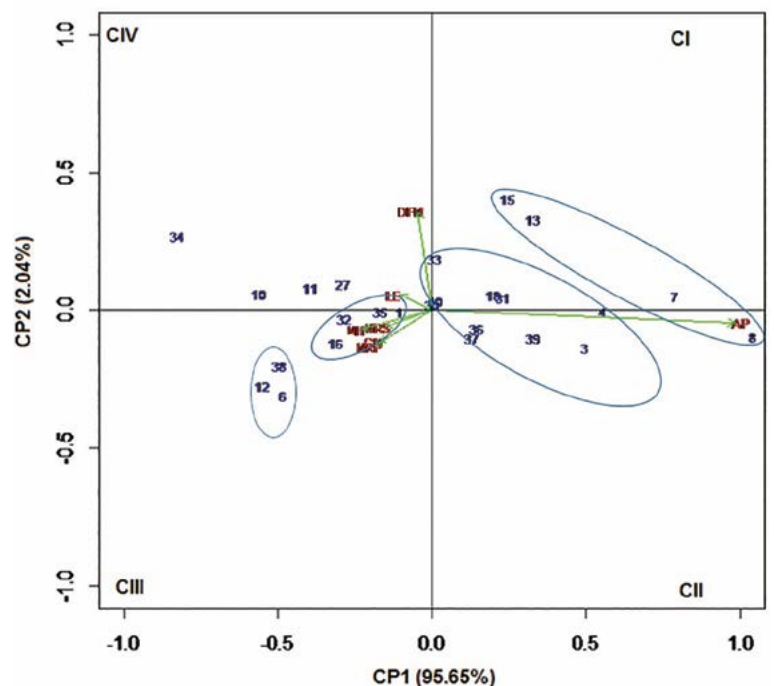
	AP	AM	LPE	LE	LTE	LPRE	NRPE	NRSE	DFM	DFF	LM	DM	NH	GH
AP	1.0													
AM	0.92	1.0												
LPE	0.72	0.53	1.0											
LE	0.55	0.47	0.43	1.0										
LTE	0.74	0.58	0.80	0.88	1.0									
LPRE	0.72	0.70	0.49	0.58	0.64	1.0								
NRP	0.17	0.08	0.24	0.18	0.24	0.30	1.0							
NRS	0.45	0.54	0.18	0.10	0.16	0.55	0.10	1.0						
DFM	0.28	0.45	-0.10	0.39	0.20	0.31	-0.20	0.20	1.0					
DFF	0.28	0.45	-0.10	0.38	0.20	0.31	-0.20	0.21	0.90	1.0				
LM	0.66	0.61	0.43	0.39	0.48	0.48	0.06	0.26	0.20	0.21	1.0			
DM	0.29	0.15	0.28	0.22	0.29	0.10	0.14	-0.17	-0.11	-0.12	0.60	1.0		
NH	-0.25	-0.44	-0.02	0.04	0.02	-0.34	0.06	-0.56	-0.26	-0.27	-0.05	0.48	1.0	
GH	0.56	0.43	0.43	0.39	0.48	0.35	0.20	0.07	0.05	0.04	0.84	0.70	0.23	1.0

AP=altura de planta (cm); AM=altura de mazorca (cm); LPE=longitud del pedúnculo de la espiga (cm); LE=longitud de espiga (cm); LTE=longitud total de espiga (cm); NRP=número de ramas primarias de la espiga; NRS=número de ramas secundarias de la espiga; DFM=días a floración masculina; DFF=días a floración femenina; LM=longitud de mazorca; DM=diámetro de mazorca; NH=número de hileras; GH=granos por hilera.

caracteres morfológicos ayuda a entender la relación entre caracteres, así como identificar los que tienen asociación positiva o negativa (Yan y Tinker, 2006). Se observa que los días a floración masculina y la longitud de espiga estuvieron positivamente asociados, la altura de planta se asoció ligera y positivamente con días a floración masculina y longitud de espiga (cuadrantes I y II) pero negativamente con la ramificación de la espiga y los componentes del rendimiento. El número de ramas primarias y secundarias de la espiga se asociaron positivamente con los componentes del rendimiento número de hileras y granos por hilera (Cuadrante III). En la gráfica se observaron cuatro grupos bien definidos y se nota que la dispersión de las poblaciones se asoció a las procedencias y características de planta y mazorca de diferentes razas de maíz (Wellhasuen et al., 1951), en el grupo 1 (denominado complejo Olotillo) se localizaron las poblaciones Napalú-15, Olotillo-13, Napalú-7 y Jarocho-8 del municipio de Suchiapa. Estas poblaciones se identificaron como las de mayor altura de planta (245 a 295), ciclo más largo (63 a 68), bajo número de hileras (8 a 9) y valores opuestos en componentes del rendimiento respecto a las poblaciones que se localizaron en los cuadrantes III y IV. Por sus

características, en estas poblaciones la raza Olotillo fue la raza principal, pero con introgresiones de otras razas.

En el grupo 2 (denominado complejo Tuxpeño), se agruparon las poblaciones Blanco-33, Olotillo-36,



**Figura 1.** Dispersión de 25 poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) nativo de Chiapas con base en los dos primeros componentes principales.

Dientilla-37, Poblano-39 y Americano-40 del municipio de Cintalapa, Rocame-18 y Amarillo-31 de Ocozocoautla, Tuxpeño-3 de Villaflores y Tuxpeño-4 de Suchiapa, estas poblaciones fueron de altura superior a la media (244 a 272 cm), floración masculina representativa del clima cálido (60 a 65 DDS) y valor intermedio de número de hileras (10 a 12). Excepto Tuxpeño-3 y Blanco-33 que presentaron mazorcas representativas de la raza Tuxpeño (Wellhausen *et al.*, 1951) y con mayor número de hileras (12 y 13.5), el resto de las poblaciones fueron complejos raciales integrados por las combinaciones de dos o más razas, principalmente Tuxpeño.

En el grupo 3 (denominado Zapalote Grande) se identificaron poblaciones Sensentano-6, Chimbo-12 y Opamil-38, que fueron poblaciones de ciclo precoz (51-55 DFM), menor altura de planta (212.9 a 227.7 cm) y presentaron valores de número de ramas primarias y secundarias por arriba de la media (11 a 12). Estas poblaciones tuvieron características de planta y mazorca semejantes a las descritas para la raza Zapalote grande. En el grupo 4 (denominado Tuxpeño), se localizaron las poblaciones Jarocho-1, Precoz-16, Rocame-32 y Tuxpeño-35 y fueron las recolectas más representativas de la raza Tuxpeño, identificadas como las de mayor número de hileras (12.8 a 13.3) y valores intermedios en los caracteres medidos en esta evaluación (Cuadro 3), Precoz-16 se clasificó como una población con tendencia a precocidad de la raza Tuxpeño.

Finalmente, en el cuadrante IV se dispersaron recolectas con características distintivas, por ejemplo, la población Azul-30 se asoció con la raza Elotero de Sinaloa y presentó valores intermedios en los caracteres medidos, Rojo-11 de mazorcas largas, Jarocho-10, Amarillo-27 y Olotillo-34 que fueron complejos raciales de dos o más razas, de porte bajo (200.6 a 229.8 cm) y sobresalientes en número de hileras (12.0 y 13.6), posiblemente estas poblaciones son materiales generados por los agricultores de la región de estudio con características y usos especiales y no muy bien documentadas. Las variables seleccionadas para la gráfica biplot, coinciden con las identificadas por otros autores (Chavez-Servia *et al.*, 2011; Diego-Flores *et al.*, 2012; Ferraz *et al.*, 2013), por lo que constituyen un conjunto de variables útiles para definir y clasificar la diversidad entre poblaciones. Torres (2015) reportó un mayor número de variables que contribuyeron a explicar la variabilidad morfológica de siete razas de maíz del estado de Chiapas, pero su estudio incluyó poblaciones de clima cálido, semicálido y templado.

En este estudio las razas Tuxpeño y Olotillo fueron las que se encontraron en mayor frecuencia, solas o en mezclas interracialas. Actualmente, se pueden considerar como las razas más representativas en las regiones de clima cálido del estado de Chiapas, este mismo patrón fue reportado por Sierra-Macias *et al.* (2014), en altitudes de 0 a 1300 m en el estado de Veracruz, México. La raza Olotillo pertenece al grupo de maíces tropicales de maduración tardía, mientras que Tuxpeño se localiza en el grupo de maíces dentados tropicales (Sánchez *et al.*, 2000), pero debido a la complejidad de los sistemas de producción tradicionales, estas y otras razas forman un continuo (Narez-Jiménez *et al.*, 2015). Chavez-Servia *et al.* (2011) sugieren que la alta frecuencia de complejos raciales, probablemente es el producto de la recombinación genética que se lleva a cabo mediante el flujo de polen entre localidades vecinas y el movimiento de semilla que hacen los agricultores ya sea entre vecinos o con agricultores de regiones muy apartadas. Torres (2015) estudio la diversidad de siete razas de maíz de Chiapas utilizando datos morfológicos y moleculares mediante micro satélites (SSRs), y registró que diferentes poblaciones de las razas Tepecintle y Zapalote Grande formaron grupos definidos permitiendo diferenciarlas como grupos separados; el resto de las razas de maíz que fueron clasificadas *a priori*, en cierto grupo racial, se ubicaron con otros, lo que indica mayor complejidad genética. En el estudio de la interacción genotipo-ambiente de estas poblaciones realizado en tres ambientes contrastantes por sequía intraestival, las poblaciones Tuxpeño-3, Precoz-16 y Olotillo-34 fueron las de mayor rendimiento promedio, mientras que las poblaciones Criollo amarillo-31 y Rocame-32 presentaron alto rendimiento de grano y estabilidad (Martínez *et al.*, 2016). Se sugiere iniciar esquemas de mejoramiento genético para estas poblaciones, enfocado a aumentar el rendimiento de grano y la resistencia a sequía. Por otro lado, se tiene que trabajar en la promoción y mejoramiento de las poblaciones de ciclo precoz (Raza Zapalote grande) como alternativa para los nuevos entornos de cambio climático, pronosticados con largo periodos de sequía, calor extremo y precipitaciones irregulares (Hellin *et al.*, 2014). Finalmente, es deseable conservar las poblaciones caracterizadas en este estudio, por lo tanto, se propone establecer un banco de germoplasma en el área de influencia del Campo Experimental Centro de Chiapas.

## CONCLUSIONES

Las 25 poblaciones de maíz nativo de Chiapas, presentaron diferencias significativas en 14

características fenológicas, de planta, espiga y mazorca. Las variables seleccionadas para definir y clasificar a las poblaciones fueron: días a floración masculina, altura de planta, longitud de espiga, número de ramas primarias y secundarias de la espiga, número de hileras y número de granos por hilera. Las recolectas fueron agrupadas en cuatro grandes grupos, denominados Complejo Olotillo, complejo Tuxpeño, Zapalote grande y Tuxpeño. La variación identificada puede ser la base para el mejoramiento genético y diferentes estrategias de conservación y aprovechamiento.

## LITERATURA CITADA

- Chavez-Servia J.L., Diego-Flores P., Carrillo-Rodríguez J.C. 2011. Complejos raciales de poblaciones de maíz evaluadas en San Martín Huamelulpan, Oaxaca. *Ra Ximhai*. 7(1): 107-115.
- Diego-Flores P., Carrillo-Rodríguez J.C., Chavez-Servia J.L., Castillo-González F. 2012. Variabilidad morfológica en poblaciones de maíz nativo de la mixteca Baja Oaxaqueña, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUIYO*. 48(1):157-171.
- Ferraz T.Y., Permuy A.N., Acosta R.R. 2013. Evaluación de accesiones de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de sequía en dos zonas edafoclimáticas del municipio Gibara, provincia Holguín. *Evaluación morfoagronómica y estudios de la interacción genotipo x ambiente*. *Cultivos Tropicales*. 34(4): 24-30.
- Flores-Pérez L., López P.A., Gil-Muñoz A., Santacruz-Varela A., Chavez-Servia J.L. 2015. Variación intra-racial de maíces nativos del altiplano de Puebla, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUIYO*. 18(1):1-17.
- Gómez M.N.O., Coutiño E.B., Trujillo C.A. 2010. Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México, segunda etapa 2008-2009. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Región Pacífico Sur. Informe Final Estados: Chiapas, Guerrero y Morelos, proyecto No. FZ016, México, D. F.
- Hellin J., Bellon M.R., Hearne S.J. 2014. Maize landraces and adaptation to climate change in Mexico. *Journal of Crop Improvement*. 28(4): 484-501.
- International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). 1991. Descriptors for maize. International Maize and Wheat Improvement Center. México City/IBPGR. Rome Italy. 87p.
- López L.A., Villar S.B. 1991. Análisis climático de la región Centro de Chiapas y zonificación de áreas con riesgo de sequía intraestival. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias Centro de Chiapas. Publicación No. 1. 41p.
- Martínez S.J., Espinosa P.N., Villegas A.Y. 2016. Interacción genotipo-ambiente en poblaciones de maíz nativo de Chiapas. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*. 3(1):38-48.
- Muñoz O. A. 2003. Centli Maíz. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. De México. 211p.
- Narez-Jimenez C.A., de la Cruz-Lázaro E., Gómez-Vázquez A., Cruz-Hernández A., Brito-Manzano N. P., Márquez-Quiroz C. 2015. Diversidad morfológica de maíces nativos de la región Grijalva del estado de Tabasco, México. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*. 32:1-20.
- Perales H.R., Benz B.F., Brush S.B. 2005. Maize diversity and ethnolinguistic diversity in Chiapas, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 102(3): 949-954.
- Perales R. H., Hernández C. J. M. 2005. Diversidad del maíz en Chiapas. *In: Diversidad Biológica en Chiapas*. González-Espinosa M., N. Ramírez-Marcial y L. Ruíz-Montoya (Coords.). Plaza y Valdés S.A de C.V. México, D.F. Pp: 419-440.
- Ramírez C.A. 2013. Selección de maíces criollos de ciclo corto como estrategia frente al cambio climático en Michoacán. *Avances en Investigación Agropecuaria* 17(2): 7-21.
- Rocandio-Rodríguez M., Santacruz-Varela A., Cordova-Tellez L., López- Sánchez H., Castillo-González F., Lobato-Ortiz R., García-Zavala J. J., Ortega-Paczka R. 2014. Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de los Valles Altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 37(4):351-361.
- Sanchez G.J.J., Goodman M.M., Stuber C.W. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of México. *Economic Botany*. 54: 43-59.
- SAS. 2000. Statistical Analysis System. Software Release 8.1. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Sierra-Macias M., Andrés-Meza P., Palafox-Caballero A., Meneses-Márquez I., Francisco-Nicolás N., Zambada-Martínez A., Rodríguez-Montalvo F., Espinosa-Calderón A., Tadeo-Robles M. 2014. Variación morfológica de maíces nativos (*Zea mays* L.) en el estado de Veracruz, México. *Agroproductividad*. 7(1):58-65.
- Torres M.B. 2015. Huella genética de razas de maíz del estado de Chiapas mediante micro satélites. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Yan W., Tinker N.A. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*. 86: 623-645.
- Wellhausen E.J., Roberts L.M., Hernández-X.E. 1951. Razas de Maíz en México, su Origen, Características y Distribución. Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D.F. 237 p.