

# **Ra Ximhai**

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo  
Sustentable

Ra Ximhai  
Universidad Autónoma Indígena de México  
ISSN: 1665-0441  
México

2011

## **COMPLEJOS RACIALES DE POBLACIONES DE MAÍZ EVALUADAS EN SAN MARTÍN HUAMELULPAN, OAXACA**

José Luis Chávez-Servia; Prisciliano Diego-Flores y José Cruz Carrillo-Rodríguez

Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol. 7, Número 1

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 107-115.



**e-revist@s**

## COMPLEJOS RACIALES DE POBLACIONES DE MAÍZ EVALUADAS EN SAN MARTÍN HUAMELULPAN, OAXACA

### RACIAL COMPLEXES OF MAIZE POPULATIONS EVALUATED IN SAN MARTÍN HUAMELULPAN, OAXACA

José Luis Chávez-Servia<sup>1\*</sup>; Prisciliano Diego-Flores<sup>2</sup> y José Cruz Carrillo-Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CIIDIR-IPN Unidad Oaxaca. E-mail: jchavezservia@yahoo.com; <sup>2</sup>Departamento de Postgrado e Investigación del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Oaxaca, México (DEPI-ITVO). E-mail: diegoflo80@hotmail.com y jcarrillo\_rodriguez@hotmail.com.

\*Autor para correspondencia (jchavezservia@servia.com)

#### RESUMEN

El sistema milpa genera y mantiene la mayor proporción de la diversidad de maíz en México, y particularmente en la región Mixteca oaxaqueña este proceso ocurre desde la época precolombina. Con el objetivo de evaluar la variación fenotípica del maíz mixteco, se hizo una colecta y caracterización de 100 muestras poblacionales de maíz de 14 municipios del distrito de Tlaxiaco, Oaxaca. Las muestras se sembraron bajo un diseño de látice simple con dos repeticiones en el ciclo verano-otoño 2008. La descripción morfológica se realizó con base en 18 caracteres más el rendimiento de grano. El análisis de varianza detectó diferencias significativas entre colectas para todas las variables, excepto para número de ramas secundarias de la espiga y diámetro del raquis del olote. El análisis de componentes principales mostró que la variación morfológica evaluada presentó un patrón altitudinal de acuerdo con el origen de colecta. La altura de mazorca y planta, longitud y número de ramas de la espiga, días a floración femenina, longitud y número de hileras de la mazorca explicaron la mayor proporción de la variabilidad morfológica. Se determinaron nueve grupos fenotípicos mediante el análisis de conglomerados, denominados como raza Mixteco, raza Chalqueño y siete complejos raciales integrados por expresiones fenotípicas de las razas Chalqueño, Cónico, Mixteco y Pepitilla. Las colectas mostraron una alta variación morfológica y en rendimiento, y se diferenciaron las razas Chalqueño y Mixteco, y siete complejos raciales. Durante la evaluación se observaron poblaciones con características de mazorca semejantes a las descritas para las razas Bolita, Serrano Mixe y Ancho.

**Palabras clave:** Zea mays, análisis de conglomerado y complejos raciales de maíz.

#### SUMMARY

The milpa system produces and maintains the major proportion of maize diversity of Mexico and particularly in the Mixtec-Oaxaca region such event occurs since pre-Columbian age. In order to evaluate the phenotypic variation of the Mixtec maize, 100 samples were collected in 14 municipalities of the Tlaxiaco district, Oaxaca. The collection was morphologically characterized under a simple lattice design with two replications during summer-fall 2008. Morphological description was made by 18 variables as well as grain yield. The analysis of variance showed significant differences among the samples for all evaluated variables, except for the number of secondary branches on tassel and rachis diameter of the pith.

Recibido: 22 de octubre de 2010. Aceptado: 04 de diciembre de 2010. Publicado como ARTÍCULO CIENTÍFICO en Ra Ximhai 7(1): 107-115.

According to principal component analysis, the morphological variation presented a pattern of altitudinal variation following the accession origin. Cob and plant height, length and number of branches on tassel, days to tasseling and to silking, cob length and number of rows on cob, explained the major proportion of the morphological variability. All samples were classified into nine phenotypic groups by cluster analysis; they were called as Mixteco race, Chalqueño race, and seven racial complexes that joined combinations of the Chalqueño, Conico, Mixteco and Pepitilla races. There was a high morphological variation among evaluated samples and the Mixteco and Chalqueño races were differentiated, but also seven groups that phenotypically correspond to racial complexes. In the evaluation were observed samples with cob characteristics closely to the description of the Bolita, Serrano Mixe and Ancho races.

**Keywords:** Zea mays, cluster analysis and racial complexes of maize.

#### INTRODUCCIÓN

Los habitantes de la Mixteca oaxaqueña obtienen de la milpa los principales alimentos que conforman su dieta; maíz, frijol, calabaza (*Cucurbita* spp.), chilacayote (*Cucurbita ficifolia* L.) y una gran variedad de plantas nativas de recolección (Katz y Vargas, 1990). La milpa es el sistema de policultivo donde el maíz, desde tiempos precolombinos, ha desempeñado una función social y económica importante, y sigue evolucionando y diversificándose bajo domesticación en condiciones de suelos de baja fertilidad, ligeros, erosionados y con bajo o nulo uso de insumos (Anderson y Finan, 1945; Wellhausen *et al.*, 1951; Volke *et al.*, 1998). En el Estado de Oaxaca se siembran anualmente más de 500 mil hectáreas, y en la región Mixteca alrededor de 120 mil hectáreas; del total, 87.6% corresponden a siembras de temporal y monocultivo o en asociación con un rendimiento promedio, en el Estado, de 1.32 t ha<sup>-1</sup> (SEIDRUS, 2009).

Los diversos enfoques acerca del estudio de la diversidad de maíz en México, parten del concepto de raza como unidad de análisis, definición propuesta por Anderson y Clutler (1942), y generalmente se toma como referencia la clasificación inicial de Wellhausen *et al.* (1951), la que se basó en características de planta, mazorca, espiga, fisiológicas, genéticas y citológicas. En décadas recientes, Sánchez *et al.* (2000) clasificaron a 209 accesiones de diferentes regiones de México, en 59 razas de maíz, y a partir de datos morfológicos e isoenzimáticos las razas fueron clasificadas en siete grupos raciales: Cónico, Sierra de Chihuahua, Ocho hileras, Chapalote, Dentados tropicales, Tardíos y Olotillo. Por otro lado, cuando se utilizan marcadores moleculares (SSR), las razas se agrupan en complejos raciales (Reif *et al.*, 2006). A nivel local o regional, la variación dentro de razas es evidente cuando se evalúan caracteres cuantitativos, agronómicos o se emplean marcadores molecular para estimar la diversidad interpoblacional (Herrera *et al.*, 2000; Pressoir y Berthaud, 2004a).

Para el Estado de Oaxaca existe cierta información acerca de la diversidad de maíz y su distribución (Pressoir y Berthaud, 2004a, b; López-Romero *et al.*, 2005; Aragón *et al.*, 2006). Sin embargo, la mayor parte de información disponible describe la diversidad de maíz del centro y sur del Estado, y se tienen escasas referencias de la región Mixteca. Aragón *et al.* (2006) señalaron que en la Mixteca oaxaqueña se pueden diferenciar fenotípicamente más de 20 razas de maíz; entre estas, sobresalen, por la mayor frecuencia, las razas Cónico, Chalqueño, Pepitilla, Elotes Cónicos, ciertos complejos raciales fenotípicos y un grupo de razas incipientes no muy documentadas que denominaron como Mixteco y Serrano Mixe. Benz (1997 y 1986) describió la raza Mixteco de maíz para esa región de Oaxaca y posteriormente, mediante el uso de isoenzimas. En el trabajo de Sánchez *et al.* (2000), a la raza Mixteco la agrupo dentro de maíces Cónicos. Todo esto denota la falta de estudios más precisos que documenten la variabilidad morfológica existente, la dinámica de las

poblaciones, el potencial productivo y la diversidad morfo-genotípica de maíz en la Mixteca oaxaqueña.

En diferentes regiones de México, las poblaciones cultivadas de maíz por los pequeños agricultores son altamente dinámicas debido a diversos factores de manejo humano y del ambiente. Entre los primeros se destaca el intercambio de semillas o sistema informal de semillas (Badstue *et al.*, 2006) y la selección que hacen los agricultores de caracteres fisiológicos, de planta y mazorca (Soleri y Cleveland, 2001; Pressoir y Berthaud, 2004b). En los segundos esta la adaptación natural a micronichos y gradientes altitudinales (Muñoz *et al.*, 2002; Ruiz-Corral *et al.*, 2008; Mercer *et al.*, 2008). Particularmente en la Mixteca oaxaqueña, semejantes presiones de selección han tenido fuerte influencia en la poblaciones de maíz, ya que han generado adaptaciones específicas a condiciones de estrés hídrico como los maíces de “cajete” (Muñoz *et al.*, 2002; Hayano-Kanashiro *et al.*, 2009), poblaciones con caracteres morfológicos distintivos como la raza Mixteco (Benz, 1986 y 1997) y otros complejos raciales del tipo Chalqueño, Cónico y Pepitilla (Aragón *et al.*, 2006). Esto indica que, las poblaciones siguen adaptándose a los actuales cambios climáticos y presiones de selección del hombre. El objetivo del trabajo fue evaluar la variación morfológica fenotípica de 100 poblaciones de maíz colectadas en 14 municipios del distrito político de Tlaxiaco de la región Mixteca alta oaxaqueña.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Región de colecta de muestras poblacionales de maíz

La colecta de muestras se realizó en el distrito geopolítico de Tlaxiaco, al noroeste del Estado de Oaxaca, entre las coordenadas 16° 53' 43'' y 17° 27' 37'' LN y 97° 31' 36'' y 97° 46' 9'' LO con una variación de altitud de 2019 a 2900 m, de 12 a 22 °C de temperatura, y los meses más fríos y con alta probabilidad de heladas son noviembre, diciembre, enero y febrero. Las lluvias también son altamente variables durante el verano y oscilan entre 550 y 2177 mm de

precipitación anual. El clima también varía ampliamente desde los semicálidos subhúmedos (ACw) hasta templados subhúmedos -C(w2)- (García, 1988; Arellanes *et al.*, 2006).

Entre enero y mayo de 2008, se colectaron 100 muestras poblacionales de maíz en diferentes comunidades de los municipios de San Esteban Atlatlahuca (24), San Miguel El Grande (17), Santiago Nundiche (2), Chalcatongo de Hidalgo (18), Santa Catarina Yosonotú (1), Santa Catarina Ticuá (5), San Pedro Martir Yucucacó (3), San Pedro Molinos (2), Magdalena Peñasco (3), Santa Cruz Nundaco (5), Santa Cruz Tayata (4), Santa María del Rosario (2), San Juan Ñumi (9) y Tlaxiaco (5). Después de la colecta y con base en la apariencia fenotípica de mazorca, cada muestra se clasificó dentro de una raza de acuerdo con las descripciones previas de Wellhausen *et al.* (1951), Benz (1986), Herrera *et al.* (2000) y Aragón *et al.* (2006).

#### **Siembra y caracterización morfológica**

Durante el verano-otoño de 2008, una vez que inició el periodo de lluvias, se sembró el experimento de caracterización en la parcela comunal del municipio de San Martín Huamelulpan, Oaxaca a 2200 m de altitud. Las 100 colectas fueron distribuidas en campo, bajo un diseño de látice simple con dos repeticiones. La descripción morfológica se realizó con base en 18 caracteres morfológicos elegidos a partir del reporte de Herrera *et al.* (2000) sobre la caracterización de maíz en la raza Chalqueño, y la evaluación se hizo mediante los descriptores propuestos por el IBPGR (1991). Adicionalmente, se evaluó el rendimiento por parcela.

#### **Análisis estadísticos**

Se hizo un análisis de varianza mediante el modelo lineal de látice simple. Posteriormente, al promedio de las variables morfológicas por colecta se aplicó el análisis de componentes principales para describir la variabilidad agromorfológica evaluada.

Complementariamente se realizó una clasificación fenotípica, con base en las variables morfológicas estandarizadas, mediante un análisis de conglomerados de agrupamiento jerárquico por el método de Warm. El punto de corte se basó en el estadístico de t ( $P \leq 0.05$ ). Todos los análisis se hicieron con ayuda de los programas estadísticos SAS (SAS, 1999) y Clustan Graphics (Clustan®; Clustan Graphics Version 5.22, Dec. 2001. Clustan Ltd Edinburgh, Scotland).

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La gran variedad ecológica o de micronichos en la Mixteca oaxaqueña tiende a generar una presión de selección natural sobre las poblaciones de maíz y coexisten con los subgrupos socioculturales de indígenas Mixtecos. En este bioespacio Mixteco oaxaqueño se concentra una alta variabilidad morfo-fenotípica de maíz que se reflejó en los resultados de este trabajo. En el análisis de varianza se detectaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en las variables morfológicas evaluadas de planta (altura de mazorca y planta), fisiológicas (días a floración masculina y femenina), de espiga (longitud total, de la panoja y longitud de la parte ramificada, y número de ramas primarias), de mazorca (longitud, diámetro y número de hileras), de grano (longitud, ancho y grosor) y rendimiento de grano. No hubo diferencias significativas ( $P > 0.5$ ) para número de ramas secundarias de la espiga y diámetro del raquis del olote. Entre 1.8 y 27.9 % fue el valor para los coeficientes de variación. Por ejemplo, la altura de mazorca y planta varió de 0.58 a 1.15 y de 1.1 a 1.83 m, respectivamente; la longitud y diámetro de mazorca de 4.7 a 19.9 y de 2.6 a 6.9 cm, respectivamente; el ancho de grano de 6.8 a 9.3 mm; y el rendimiento de grano varió de 0.5 a 3.86 ton ha<sup>-1</sup> (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Valores mínimo, máximo, cuadrado medio del análisis de varianza y coeficiente de variación de la caracterización morfológica de maíz en la Mixteca oaxaqueña. Verano-otoño 2008.**

VARIABLES EVALUADAS	Mínimo	Máximo	Cuadrado medio	CV
Altura de planta (cm)	109.7	183.0	1264.37**	16.9
Altura de mazorca (cm)	58.3	115.1	829.61**	24.4
Longitud de la parte ramificada de la espiga (cm)	1.8	8.4	0.34 <sup>NS</sup>	27.9
Número de ramas primarias de la espiga	2.1	7.2	0.24**	18.3
Número de ramas secundarias de la espiga	0.0	1.6	0.08*	18.9
Longitud del pedúnculo de la espiga (cm)	22.6	40.3	29.28**	13.6
Longitud de panoja o espiga (cm)	23.3	48.2	132.16**	15.9
Longitud total de la espiga (cm)	45.2	79.6	232.70**	9.4
Días a floración masculina	95.0	113.0	94.73**	1.8
Días a floración femenina	95.8	112.8	100.46**	2.5
Longitud de la mazorca (cm)	4.7	19.9	29.98**	7.9
Diámetro de la mazorca (cm)	2.6	6.9	1.85**	22.5
Número de hileras de la mazorca	9.4	14.7	3.75**	11.7
Diámetro del olote (mm)	1.4	5.7	0.10**	10.4
Diámetro del ráquis (mm)	0.5	4.8	0.13**	15.3
Longitud del grano (mm)	8.8	12.2	1.55**	7.4
Ancho de grano (mm)	6.8	9.3	0.91**	8.8
Grosor del grano (mm)	3.8	4.6	0.11 <sup>NS</sup>	8.6
Rendimiento de grano (ton/ha)	0.50	3.86	0.58 <sup>NS</sup>	26.3

<sup>NS</sup> = no significativo a una  $P > 0.05$ ; \* = significativo a una  $P < 0.05$ ; \*\* = significativo a una  $P < 0.01$ .

En el análisis de componentes principales se determinó un patrón altitudinal de la variación fenotípica. En el sexto componente principal se explicó el 82.5 % de la variabilidad morfológica y las variables de mayor valor descriptivo fueron: altura de mazorca y planta, longitud y número de ramas de la espiga, días a floración

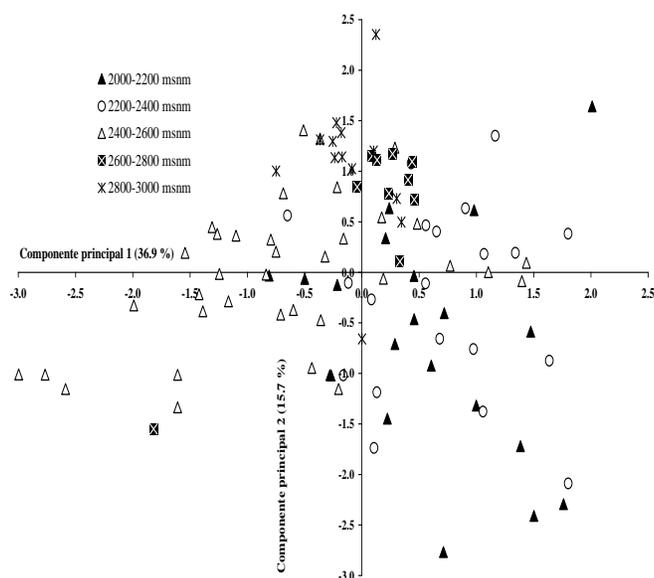
femenina, longitud y número de hileras de la mazorca (Cuadro 2). Estos resultados dan evidencias de que la selección que hacen los agricultores tiene fuerte influencia en inducir cambios sustanciales en las características de planta y mazorca del maíz.

**Cuadro 2. Vectores y valores del análisis de componentes principales (CP), con base en 18 variables morfológicas evaluadas en maíz de la Mixteca oaxaqueña. Verano-otoño 2008.**

Variables evaluadas	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
Altura de planta (cm)	0.339	0.086	-0.186	-0.093	0.002	-0.080
Altura de mazorca (cm)	0.322	0.182	-0.187	-0.166	0.053	-0.118
Longitud de la parte ramificada de la espiga (cm)	0.333	-0.204	-0.045	-0.105	-0.013	0.103
Número de ramas primarias de la espiga	0.306	-0.252	-0.159	-0.094	-0.017	0.027
Número de ramas secundarias de la espiga	0.189	-0.077	-0.108	-0.243	0.269	0.592
Longitud del pedúnculo de la espiga (cm)	0.077	0.423	0.204	0.137	-0.224	0.326
Longitud de panoja o espiga (cm)	0.279	0.196	0.233	0.217	-0.098	0.124
Longitud total de la espiga (cm)	0.218	0.334	0.242	0.179	-0.250	0.248
Días a floración masculina	0.293	0.197	-0.142	-0.247	-0.075	-0.293
Días a floración femenina	0.288	0.223	-0.038	-0.249	0.042	-0.263
Longitud de la mazorca (cm)	0.294	-0.125	0.154	0.125	-0.080	-0.031
Diámetro de la mazorca (cm)	0.231	-0.217	-0.113	0.475	0.012	-0.110
Número de hileras de la mazorca	-0.073	0.335	-0.381	0.381	0.093	-0.119
Diámetro del olote (mm)	0.223	-0.004	0.219	0.318	0.365	-0.220
Diámetro del ráquis (mm)	0.092	-0.036	-0.204	0.270	0.555	0.289
Longitud del grano (mm)	0.075	-0.315	-0.256	0.317	-0.462	-0.072
Ancho de grano (mm)	0.179	-0.393	0.335	-0.052	-0.140	0.098
Grosor del grano (mm)	0.016	-0.034	0.517	0.007	0.323	-0.326
<b>Valor propio</b>	<b>6.63</b>	<b>2.82</b>	<b>1.90</b>	<b>1.51</b>	<b>1.17</b>	<b>0.82</b>
<b>Varianza explicada (%)</b>	<b>36.9</b>	<b>15.7</b>	<b>10.5</b>	<b>8.4</b>	<b>6.5</b>	<b>4.6</b>
<b>Varianza explicada acumulada (%)</b>	<b>36.9</b>	<b>52.5</b>	<b>63.1</b>	<b>71.5</b>	<b>77.9</b>	<b>82.5</b>

En el plan formado por los dos primeros componentes principales, fue notorio el patrón altitudinal de distribución por origen de las muestras de maíz. En la porción derecha de la Figura 1 (cuadrantes I y II en el sentido de las manecillas del reloj), se distribuyeron las muestras de maíz cultivadas entre los 2000 y 2400 msnm; el mayor número de muestras originarias de comunidades de 2400 a 2600 msnm, se ubicaron en forma contraria al grupo anterior (cuadrante III y IV); y las de 2600 a 3000 msnm se distribuyeron en la parte superior

(cuadrante IV y I). La distribución de las muestras de maíz en la Figura 1, refleja esquemáticamente los valores propios del Cuadro 2. En el componente principal 1 (CP1), en sentido positivo, influyen de manera importante la altura de mazorca y planta, longitud de la parte ramificada y número de ramas de la espiga. En el plano del componente principal 2 (CP2), en sentido positivo fueron determinantes la longitud del pedúnculo y total de la espiga y número de hileras de la mazorca; y en sentido negativo longitud y ancho de grano.



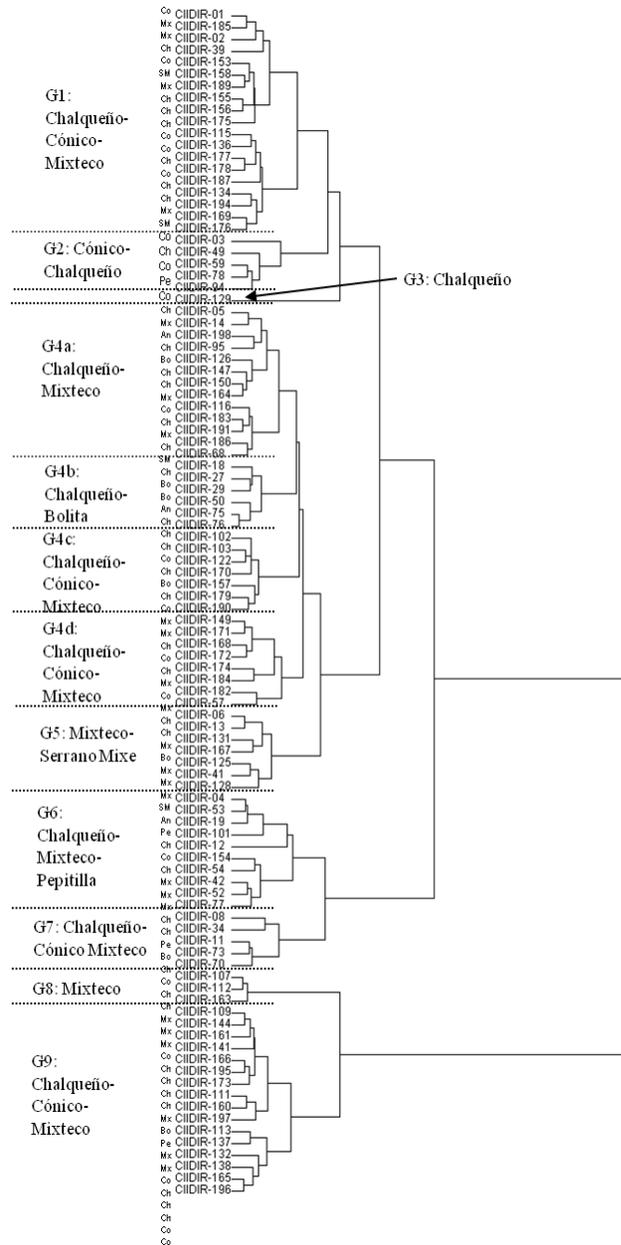
**Figura 1. Dispersión de 100 poblaciones de maíz por rangos de altitud, con base en el plano formado por los dos primeros componentes principales.**

Los resultados muestran que las características de espiga, altura de mazorca y planta, hileras en la mazorca, longitud y ancho de grano, son caracteres importantes para describir la variabilidad morfológica de maíz en la Mixteca oaxaqueña. Un patrón similar determinaron Herrera *et al.* (2000) en la descripción y clasificación de un conjunto de muestras de la raza Chalqueño. En este trabajo un 38% de las muestras fueron clasificadas fenotípicamente en la raza Chalqueño.

Las muestras poblacionales colectadas de maíz se preclasificaron dentro de las razas Chalqueño, Mixteco, Cónico, Pepitilla, Ancho, Bolita y Serrano Mixe, con base en la morfología de mazorca y grano, y coincidieron con lo reportado por Aragón *et al.* (2006) para la región Mixteca. Posteriormente, entre las 100 poblaciones caracterizadas de maíz se determinaron nueve grupos fenotípicos significativamente diferentes ( $t=11.06$ ,  $gl=98$ ,  $P < 0.05$ ) con base en el análisis de conglomerados. En función de la frecuencias

de las muestras preclasificadas: un grupo se denominó raza Mixteco y otro raza Chalqueño, y siete complejos raciales integrados por las combinaciones más frecuentes de las razas Chalqueño, Cónico, Mixteco y Pepitilla (Figura 2). La alta frecuencia de complejos raciales sugiere que actualmente las poblaciones cultivadas de maíz no son puras en términos de pertenecer a una raza, por el contrario, muestran combinaciones de características morfológicas de dos o más razas. Probablemente, es el producto de la recombinación genética que se lleva a cabo mediante el flujo de polen entre poblaciones vecinas y el movimiento de semilla que hacen los agricultores mediante el intercambio de semillas ya sea entre vecinos o con agricultores de región muy apartadas. Esto explica la presencia de Bolita que es originaria de los Valles Centrales de Oaxaca.

La raza Mixteco descrita por Benz (1986), fenotípicamente fue una de las más frecuentes en este trabajo. Varias de las muestras donadas por los agricultores correspondían a esa raza pero solo 24 de ellas reprodujeron, durante la evaluación, las características de mazorca semejantes a las descritas por Benz (1986) y Aragón *et al.* (2006). Aunque, debido a la ausencia de estudios genéticos o de ADN en la raza Mixteco, no se descarta que su origen sea las razas Chalqueño y Cónico como se denota en cinco de los siete complejos raciales clasificados en este trabajo (Figura 2). El aislamiento y selección que realizan cada año los agricultores Mixtecos esta generando poblaciones de maíz negro y rojo que pueden clasificarse fenotípicamente en la raza Mixteco. Aragón *et al.* (2006) propusieron que se considera a la región de Chalcatongo de Hidalgo, Oaxaca como una zona de conservación *in situ* para la raza Mixteco; los resultados de este trabajo en cuanto a variabilidad morfológica, apoyan esa propuesta y que puede abarcar hasta los municipios de San Martín Huamelulpan y San Juan Numí.



**Figura 2. Dendrograma de 100 muestras poblacionales de maíz, con base en caracteres morfológicos. Pre-clasificación racial: An, Ancho; Bo, Bolita; Ch, Chalqueño; Co, Cónico; Mx, Mixteco; Pe, Pepitilla; SM, Serrano Mixe.**

Las evidencias de variabilidad y clasificación fenotípica encontradas sugieren la presencia de metapoblaciones como lo proponen van-Heerwaarden *et al.* (2010) para explicar la subdivisión de poblaciones y posterior recolonización ante eventuales pérdidas de cosecha, como sucede en la Mixteca. En este

estudio, se determinaron diferentes complejos raciales donde intervienen, con mayor frecuencia, las razas Chalqueño y Cónico, un indicio de que varias de las poblaciones evaluadas fueron generadas a partir de esas razas por selección artificial o reintroducción de regiones cercanas. Las razas Chalqueño y Cónico prefieren las regiones templadas con altitudes superiores a 2000 m.

## CONCLUSIONES

Se determinaron diferencias significativas en caracteres fisiológicos, de planta, espiga, mazorca y grano entre las poblaciones evaluadas. En el análisis de componentes principales se detectó que las variables de altura de mazorca y planta, longitud y número de ramas de la espiga, días a floración femenina, longitud y número de hileras de la mazorca, fueron las de mayor valor descriptivo de la variabilidad presente en las poblaciones evaluadas de maíz. Se diferenciaron dos grupos fenotípicos de las razas Chalqueño y Mixteco, y siete complejos raciales entre las razas Chalqueño, Cónico, Mixteco y Pepitilla. Durante la evaluación se observaron poblaciones con características de mazorcas cercanas a las razas Bolita, Serrano Mixe y Ancho.

## LITERATURA CITADA

- Anderson, E., Cutler, H.C. 1942. **Races of *Zea mays*: I. Their recognition and classification.** Annals of the Missouri Botanical Garden 29(2):69-89.
- Anderson, E., Finan, J. J. 1945. **Maize in the Yanhuitlan codex.** Annals of the Missouri Botanical Garden 32(3):361-368.
- Aragón, F.; Taba, S., Hernández, J.M., Figueroa, D., Serrano, V. 2006. **Actualización sobre maíces criollos de Oaxaca.** Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Informe Final SNIB-CONABIO proyecto Núm. CS002, México D.F.
- Arellanes M., A., de la Cruz P., V., Romero F., M. A., Sánchez S., C., Ruiz C., F. J.; Martínez V., V.R., López J., E. 2006. **Historia y Geografía de Oaxaca.** Carteles Editores, Oaxaca, México. 207 p.
- Badstue, L. B., Bellon, M. R., Berthaud, J., Juárez, X., Manuel-Rosas, I., Solano, A.M., Ramírez, A. 2006. **Examining the role of**

- collective action in an informal seed system: a case study from the Central Valleys of Oaxaca, Mexico.** *Human Ecology* 34(2):249-273.
- Benz, B.F. 1997. **Diversidad y distribución prehispánica del maíz mexicano.** *Arqueología Mexicana* 5(25):16-23.
- Benz, B.F. 1986. **Taxonomy and evolution of Mexican maize.** Ph. D. dissertation. University of Wisconsin, USA. 433 p.
- García, E. 1988. **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.** Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F.
- Hayano-Kanashiro, C., Calderón-Vázquez, C., Ibarra-Laclette, E., Herrera-Estrella, L., Simpson, J. 2009. **Analysis of gene expression and physiological responses in three mexican maize landraces under drought stress and recovery irrigation.** *PLoS ONE* 4: e7531. doi:10.1371/journal.pone.0007531.
- Herrera, B. E., Castillo G., F., Sánchez J. J., Ortega, R., Goodman, M. M. 2000. **Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones nativas de maíz en una región: caso de la raza Chalqueño.** *Revista Fitotecnia Mexicana* 23(2):335-354.
- IBPGR. 1991. **Descriptors for Maize.** International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City/International Board for Plant Genetic Resources, Rome, Italy.
- Katz, E., Vargas, L. A. 1990. **Cambio y continuidad en la alimentación de los Mixtecos.** *Anales de Antropología* 27(1):15-51.
- López-Romero, G., Santacruz-Varela, A., Muñoz-Orozco, A., Castillo-González, F., Córdoba-Téllez, L., Vaquera-Huerta, H. 2005. **Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, México.** *Interciencia* 30(5):284-290.
- Mercer, K., Martínez-Vásquez, A., Perales, H. R. 2008. **Asymmetrical local adaptation of maize landraces along an altitudinal gradient.** *Evolutionary Applications* 1(3):489-500.
- Muñoz O., A., Pérez, G., López, P. A., Salvador, R. J. 2002. **Maíz de cajete: agrosistema y resistencia a sequía.** *In:* Palerm, J (ed.). *Antología sobre pequeño riego, Vol. III Sistemas de riego no convencionales.* Colegio de Postgraduados, Texcoco, México. pp: 137-164.
- Pressoir, G., Berthaud, J. 2004a. **Patterns of population structure in maize landraces from the Central Valleys of Oaxaca in Mexico.** *Heredity* 92(2):88-94.
- Pressoir, G., Berthaud, J. 2004b. **Population structure and strong divergent selection shape phenotypic diversification in maize landraces.** *Heredity* 92(2):95-101.
- Reif, J. C., Waburton, M. L., Xia, X. C., Hoisington, D. A., Crossa, J., Taba, S., Muminovic, J., Bohn, M., Frisch, M., Melchinger, A. E. 2006. **Grouping of accessions of Mexican races of maize revisited with SSR markers.** *Theoretical and Applied Genetics* 113(2):177-185.
- Ruiz-Corral, J. A., Duran-Puga, N., Sánchez-González, J. J., Ron-Parra, J., González-Eguiarte, D. R., Holland, J. B., Medina-García, G. 2008. **Climatic adaptation and ecological descriptors of 42 mexican maize races.** *Crop Science* 48:1502-1512.
- Sánchez, J. J., Goodman, M. M., Stuber, C. W. 2000. **Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico.** *Economic Botany* 54(1):43-59.
- SAS. 1999. **SAS® Procedures Guide, ver. 8.** SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 1643 p.
- Sistema Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (SEIDRUS). 2009. **Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2008.** Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de Oaxaca. Disponible en: [http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus\\_oax/](http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus_oax/), consultada el 6 de agosto de 2010.
- Soleri, D., Cleveland, D. A. 2001. **Farmers' genetic perception regarding their crop populations: an example with maize in the Central Valleys of Oaxaca, Mexico.** *Economic Botany* 55:106-128.
- van Heerwaarden, J., van Eeuwijk, F.A., Roos-Ibarra, J. 2010. **Genetic diversity in a crop metapopulations.** *Heredity* 104(3):28-39.
- Volke H., V., Etchevers B., J. D., Sanjuan R., A., Silva P., T. 1998. **Modelo de balance nutrimental para la generación de recomendaciones de fertilización para cultivos.** *Terra* 16(1):79-91.
- Wellhausen, E. J., Roberts, L. M., Hernández, E., Mangelsdorf, P.C. 1951. **Razas de maíz de México. Su origen, características y distribución.** Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México D.F.

**José Luis Chávez Servia**

CIIDIR-IPN Unidad Oaxaca. Correo electrónico:  
jchavezservia@yahoo.com.

*Autor para correspondencia electrónica:*  
jchavezservia@servia.com

**Prisciliano Diego Flores**

Departamento de Postgrado e Investigación del  
Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Oaxaca,  
México (DEPI-ITVO).

Correo electrónico: diegoflo80@hotmail.com.

**José Cruz Carrillo-Rodríguez**

Departamento de Postgrado e Investigación del  
Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Oaxaca,  
México (DEPI-ITVO).

Correo electrónico: jcarrillo\_rodriguez@hotmail.com.