

Rev. FCA UNCUYO. 2014. 46(2): 239-247. ISSN impreso 0370-4661. ISSN (en línea) 1853-8665.

Diversidad morfológica de poblaciones de maíces nativos (*Zea mays* L.) del estado de Tabasco, México

Morphological diversity of native maize (*Zea mays* L.) populations in the state of Tabasco, Mexico

Pedro Guillén-de la Cruz ¹, Efraín de la Cruz-Lázaro ²,
Sergio A. Rodríguez- Herrera ¹, Guillermo Castañón-Nájera ³,
Armando Gómez- Vázquez ², Alejandro J. Lozano-del Río ⁴

Originales: Recepción: 26/10/2013 - Aceptación: 07/10/2014

Nota científica

RESUMEN

En México, los agricultores conservan maíces nativos o criollos (*Zea mays* L.). En este estudio se caracterizó y clasificó la variabilidad morfológica de 71 colectas de maíces criollos del estado de Tabasco, México. Las colectas se sembraron en el ciclo primavera-verano 2011, en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron 17 variables morfológicas de planta, mazorca, olote (marlo) y grano; se encontraron diferencias estadísticas en 14 de las 17 variables, el análisis de Componentes Principales (CP) determinó que los primeros tres CP explican el 92,3% de la variación, aportando la mayor variabilidad las variables peso de mazorca, peso de marlo y días a floración femenina. El análisis de conglomerados, detectó diversidad en las colectas, lo que permitió clasificarlas en cuatro grupos a 1,15 unidades de una distancia máxima de 1,40 unidades. Por sus características morfológicas el 85,9% de las colectas se relaciona con la raza Tuxpeño.

ABSTRACT

Traditional farmers keep native or criollo maize (*Zea mays* L.) in Mexico. The morphological variability of 71 accessions of native maize of the state of Tabasco, Mexico was assessed. Accessions were planted in the 2011 spring-summer cycle in the experimental field of the Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, in a completely randomized block design and four replicates. Seventeen morphological characters for plant, ear, cob and grain were evaluated. Significant differences were found in 14 of the 17 characters. A principal components analysis established that 92.3% of the variation was explained by the first three principal components, with the characters ear weight, cob weight and days to female flowering providing the greatest values for diversity. A cluster analysis showed genetic diversity among the accessions, with four groups at a distance of 1.15 units at maximum distance from 1.40 units, following the morphological characteristics of Tuxpeño race was in the 85.9% of the evaluated accessions.

- 1 Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) - Unidad Laguna. Programa de Postgrado en Ciencias Agrarias. Periférico Raúl López Sánchez km 1,5 y Carretera a Santa Fe S/N, C. P. 27059. Torreón, Coahuila, México.
- 2 División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), km 25+2 Carretera Villahermosa-Teapa. Ranchería la Huasteca 2da. Secc., C. P. 86280. Centro, Tabasco, México. efrain.delacruz@ujat.mx
- 3 División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT. Carretera Villahermosa-Cárdenas, km 0.5 s/n, entronque a Bosques de Saloya. C. P. 86150. Villahermosa, Tabasco, México.
- 4 Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Programa de Cereales. Buenavista, C. P. 25315. Saltillo, Coahuila, México.

Palabras clave

Zea mays L. • variación fenotípica
• conservación *in situ* • recursos genéticos

Key words

Zea mays L. • phenotypic variation • *in situ* conservation • genetic resources

INTRODUCCIÓN

En México, el maíz (*Zea mays* L.) tiene gran importancia económica y social. Se cultiva en una gran variedad de agroecosistemas, desde el nivel del mar hasta los 3000 m s. n. m., en climas que van desde los tropicales húmedos hasta los templados fríos de montaña (11), lo cual es posible por la gran cantidad de maíces nativos o criollos, los cuales se agrupan en poco más de 59 razas (10), y constituyen un recurso genético de importancia (12).

En gran medida, la diversidad del maíz se puede atribuir a la selección practicada por el hombre desde su domesticación (1). Dicha diversidad ha sido objeto de estudio con diversos propósitos, siendo uno de estos conocer la variabilidad y plantear su clasificación en razas (6). Para la clasificación de dicha diversidad se han aplicado varios métodos estadísticos, entre los que destacan las técnicas multivariadas (1). Uno de los primeros trabajos que utiliza análisis multivariado para conocer la diversidad del maíz es el de Goodman (1967); también se ha utilizado el Análisis de Conglomerados y de Componentes Principales (5, 6, 13).

En muchas regiones de México, los agricultores mantienen miles de maíces criollos, al reproducirlos de generación en generación (6). Se estima que en los estados de Tabasco, Chiapas, Yucatán y Oaxaca, se cultivan 35 de las 59 razas de maíz de México.

En particular para el estado de Tabasco se reportan las razas Theua, Zapalote grande, Olotillo, Tuxpeño y Vandeño (11). Al respecto, Ramírez *et al.* (2000) reportan que en el estado de Tabasco, el uso de maíz mejorado es menor al 30%. El estudio de la diversidad fenotípica y el tipo de raza a la que pertenecen los maíces del estado de Tabasco está poco documentado, debido al bajo número de trabajos de recolección y caracterización morfológica de la diversidad (12). En el contexto anterior, el objetivo del presente estudio fue caracterizar la diversidad morfológica del maíz nativo que se siembra en el estado de Tabasco, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estado de Tabasco se encuentra en el sureste de la República Mexicana, entre los 17°15' y 18°39' de LN, y los 91°00' y 94°17' de LO; sobre la llanura costera del Golfo de México (3).

Las 71 colectas evaluadas se colectaron desde octubre de 2010 a febrero de 2011, al explorar 14 municipios del estado de Tabasco (figura 1, pág. 241).

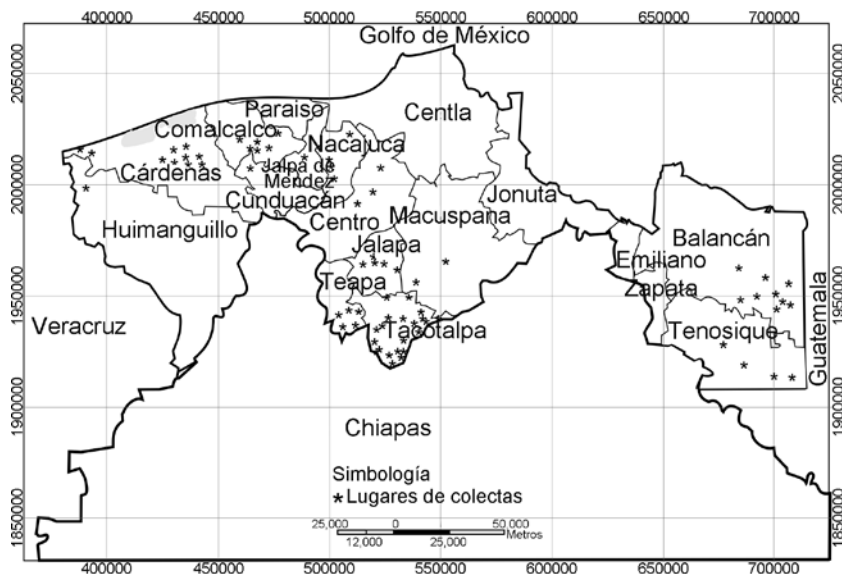


Figura 1. Ubicación de las 71 colectas recolectadas en el estado de Tabasco, México.
Figure 1. Location of the 71 collected accessions in the state of Tabasco, Mexico.

La siembra de las 71 colectas, se realizó de forma manual el 16 de junio de 2011 en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Se depositaron dos semillas por punto para luego aclarar a una planta. Además de las 71 colectas, se sembró la variedad VS-536 del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), y el híbrido A7573 de la compañía Asgrow®.

La fertilización se realizó con la fórmula 100 - 50 - 30 (N, P, K), la mitad del N y K, y todo el P se aplicó en la siembra, mientras que la otra mitad del N y K 30 días después de la siembra. El experimento se condujo bajo condiciones de temporal durante todo el ciclo del cultivo, en el cual se presentó una precipitación pluvial de 1150 mm.

La presencia de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) antes del inicio de la floración se controló con Lorsban*480 EM (3,5,6-tricloro-2-piridinil).

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por tres surcos de 4,0 m de largo, con distancias entre planta de 0,30 m y entre surco de 0,70 m.

El registro de la información de las variables se realizó de acuerdo con los descriptores para maíz del International Board for Plant Genetic Resources (7).

En cada unidad experimental se marcaron 20 plantas cuando presentaban 10 hojas liguladas, de las cuales en 10 plantas se determinó la altura de planta, altura de mazorca, diámetro de tallo y largo de espiga en cm. También se registraron los días floración masculina y femenina cuando el 50% de las plantas de la unidad experimental presentaban anteras dehiscentes y emisión de estigmas en la estructura reproductiva femenina.

En cosecha, se tomaron 10 mazorcas con brácteas provenientes de las plantas seleccionadas y en ellas se midió el largo de mazorca y diámetro medio de la mazorca, peso de mazorca, número de hileras y número de granos por hilera. De cada mazorca se tomaron 10 granos para medir ancho, largo, grosor y el peso promedio de 100 granos. Del olote (marlo) se midió el peso y el diámetro medio de olote, con el peso de olote y el peso de la mazorca se calculó el porcentaje de olote.

Con los valores de las variables evaluadas, de las 71 colectas se realizó un Análisis de Varianza con un modelo lineal de bloques completos al azar. Para luego realizar un primer Análisis de Componentes Principales (ACP) con las variables estandarizadas a $\mu = 0$ y $\sigma^2 = 1$, esto permitió determinar que los tres primeros Componentes Principales (CP), explican el 92,3% de la variación total, y que 10 variables tienen la mayor influencia en la descripción de la variabilidad de las colectas.

Con los datos promedios de las variables seleccionadas se realizó un análisis de conglomerados jerárquicos mediante el método de ligamiento promedio. La medida de disimilitud fue la distancia euclidiana, los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SAS 9.2 (8).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza de las 71 colectas detectó diferencias estadísticas en 14 de las 17 variables (tabla 1, pág. 243), de las cuales nueve presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) y cinco significativas ($p \leq 0,05$). Esto constituye un indicador de la diversidad de las colectas, así como del nivel de variación de las variables. En coincidencia con quienes mencionan que los maíces nativos presentan variabilidad morfológica (5, 6). Esta variabilidad también puede atribuirse a la selección practicada por el agricultor para características de su interés.

En lo referente al coeficiente de variación (CV), se encontraron valores entre 3,9 y 35,4%; presentando los mayores CV las variables altura de mazorca, peso de mazorca, largo de mazorca y porcentaje de olote. Al respecto, se conoce que en el maíz es común tener altos CV, sobre todo al evaluar características morfológicas de maíces criollos (5, 6).

Tabla 1. Cuadros medios, media y coeficiente de variación de 17 variables evaluadas en 71 poblaciones de maíces nativos del estado de Tabasco, México.

Table 1. Mean squares, averages and variation coefficient of 17 evaluated characters in 71 native maize populations of the state of Tabasco, Mexico.

| Variabes | Cuadros medios | Media | CV |
|--------------------------------------|----------------|-------|------|
| Altura de planta (cm) | 0,2** | 2,1 | 11,4 |
| Altura de mazorca (cm) | 0,1** | 0,9 | 20,3 |
| Días a floración masculina | 35,1** | 65,2 | 3,9 |
| Días a floración femenina | 52,3** | 70,3 | 5,2 |
| Largo de espiga (cm) | 47,6 | 42,8 | 14,7 |
| Diámetro de tallo (cm) | 7,8 * | 1,4 | 16,3 |
| Peso de mazorca (g) | 756,8 * | 86,2 | 25,5 |
| Largo de mazorca (cm) | 22,7 | 15,8 | 35,4 |
| Diámetro medio de mazorca (cm) | 16,5** | 3,8 | 7,6 |
| Número de hileras por mazorca | 2,8** | 11,0 | 9,0 |
| Número de granos por hilera | 27,5 | 27,5 | 16,5 |
| Ancho de grano (cm) | 0,6 * | 0,9 | 7,0 |
| Largo de grano (cm) | 1,5** | 1,0 | 8,3 |
| Grosor de grano (cm) | 0,8** | 0,5 | 13,4 |
| Peso de 100 granos (g) | 39,5 * | 30,3 | 16,9 |
| Diámetro medio de olote (marlo) (cm) | 18,0 * | 2,2 | 16,2 |
| Porcentaje de olote (marlo) (%) | 55,7** | 17,0 | 30,4 |

* significativo $p \leq 0,05$, **: significativo $p \leq 0,01$, CV: coeficiente de variación.

* significant at $p \leq 0.05$, **: significant at $p \leq 0.01$, CV: variation coefficient.

El ACP, encontró que los tres primeros CP explican el 92,3% de la variación total, el CP1 explicó el 81,9% de la variación total, siendo las variables peso de mazorca (0,968), peso de 100 granos (0,129), número de granos por hilera (0,124), diámetro medio de mazorca (0,106) y porcentaje de olote (0,100) las de mayor contribución (tabla 2).

Tabla 2. Vectores propios de los tres primeros componentes principales medidos en 71 poblaciones de maíces nativos del estado de Tabasco, México.

Table 2. Vectors for the first three principal components recorded in 71 native maize populations of the state of Tabasco, Mexico.

| Variabes | CP1 | CP2 | CP3 |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Altura de planta (cm) | -0,001 | 0,015 | 0,009 |
| Altura de mazorca (cm) | -0,001 | 0,001 | 0,009 |
| Días a floración masculina | -0,048 | 0,316 ^t | 0,463 ^t |
| Días a floración femenina | -0,052 | 0,415 ^t | 0,509 ^t |
| Largo de espiga (cm) | 0,013 | 0,197 ^t | 0,215 ^t |
| Diámetro de tallo (cm) | 0,011 | 0,064 | 0,041 |
| Peso de mazorca (g) | 0,968 ^t | -0,074 | 0,073 |
| Largo de mazorca (cm) | 0,046 | 0,139 ^t | 0,015 |
| Diámetro medio de mazorca (cm) | 0,106 ^t | 0,101 ^t | -0,078 |
| Número de hileras por mazorca | 0,012 | 0,039 | -0,106 |
| Número de granos por hilera | 0,124 ^t | -0,212 | 0,178 ^t |
| Ancho de grano (cm) | 0,011 | 0,003 | 0,021 |
| Largo de grano (cm) | 0,029 | -0,049 | 0,059 |
| Grosor de grano (cm) | -0,005 | 0,087 | -0,020 |
| Peso de 100 granos (g) | 0,129 ^t | 0,374 ^t | 0,186 ^t |
| Diámetro medio de olote (marlo) (cm) | 0,030 | 0,296 ^t | -0,302 |
| Porcentaje de olote (marlo) (%) | 0,100 ^t | 0,604 ^t | -0,541 |

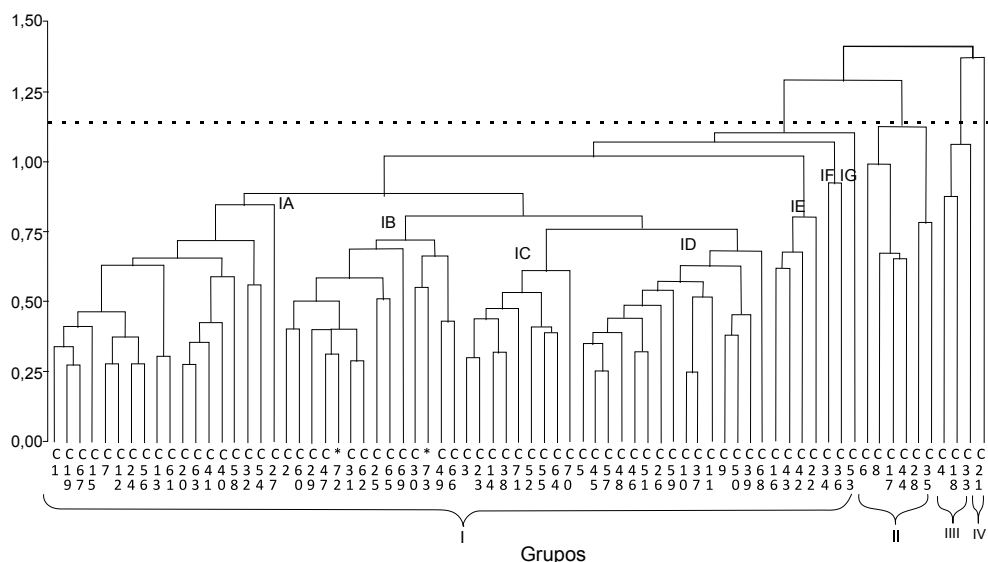
CP componente principal, ^t: carácter que explica mayor variación

CP principal component, ^t: characters explain more variation

Mientras que el CP2 explicó el 6,8% de variación, siendo las variables porcentaje de olote (0,604), días a floración femenina (0,415), peso de 100 granos (0,374), días a floración masculina (0,316) y diámetro medio de olote (0,296) las que más contribuyen. En tanto, que el CP 3 sólo explicó el 3,6% de la variabilidad, contribuyendo en mayor proporción las variables días a floración femenina (0,509) y masculina (0,463), largo de espiga (0,215), peso de 100 granos (0,186) y número de granos por hilera (0,178).

Las variables originales con mayor influencia en el CP1 fueron de mazorca y olote. Mientras que en el CP2, fueron dos de planta, una de grano y dos de olote. En tanto que en el CP3 tuvieron mayor influencia tres variables de planta, una de mazorca y una de grano. Las 10 variables seleccionadas en el ACP, como las de mayor valor discriminatorio de la diversidad, coinciden con los reportados por Diego- Flores *et al.* (2012) y Hortelano *et al.* (2008, 2012) en la evaluación de la diversidad morfológica de maíces criollos de diferentes regiones de México.

En el análisis de conglomerados se identificaron cuatro grupos fenotípicos (figura 2), la asociación entre poblaciones inició a una distancia de 0,25 unidades, y se intensificó de forma rápida hasta las 0,68 unidades, para dejar diferenciados cuatro grupos a una distancia de 1,15 unidades de las aproximadamente 1,40 unidades.



*72 = VS-536 y *73 = A7573.

*72 = VS-536 and *73 = A7573.

Figura 2. Dendrograma de 71 poblaciones de maíz y dos maíces mejorados, basado en la media de 10 variables.

Figure 2. Dendrogram of 71 native maize populations and two improved maize based on 10 character average.

Los grupos I, II, III, IV, se formaron con 61, 6, 3, y 1 colectas, respectivamente. A distancias más cortas también se observan subgrupos definidos, que podrían utilizarse para mayor grado de precisión.

El grupo I, se formó con 61 de las 71 colectas evaluadas, las cuales tienen 64,9 y 69,6 días a floración masculina y femenina, respectivamente. Entre las características sobresalientes del grupo se encuentra altura promedio de 214,0 cm, largo de mazorca de 16,6 cm, peso de mazorca de 90,8 g, granos con 1,0 cm de largo, y peso de 100 granos de 28,2 g.

Un análisis más detallado revela que al interior del grupo I se formaron siete subgrupos, formados por 18 (IA), 12 (IB), 9 (IC), 15 (ID), 4 (IE), 2 (IF) y 1 (IG) colectas, respectivamente. El subgrupo IB se integró con 12 colectas, la variedad VS-536 y el híbrido A7573.

Sobre la variedad VS-536 se sabe que se derivó de líneas de la raza Tuxpeño. Por lo que la agrupación de las 12 colectas con la variedad VS-536 y el híbrido A7573; puede inferir que son colectas que tienen características de la raza tuxpeño y que pueden ser cruzamientos entre maíces criollos y mejorados o generaciones avanzadas de maíces mejorados. Mientras que el subgrupo IF se formó con las colectas 34 y 36.

Sobre la colecta 36 se sabe que es una mezcla de Tuxpeño y Olotillo (12), por lo que la colecta 34 es probable que tenga en su constitución esta mezcla de razas.

Debido a que los subgrupos IB y IF tuvieron en su constitución genética a la raza tuxpeño, y por las características morfológicas de las 61 colectas del grupo I, se puede inferir que el 85,9% de las colectas tiene características de tuxpeño. En estudios previos se ha observado alta presencia de la raza Tuxpeño y de mezclas de esta raza con las razas presentes en el estado de Tabasco (12).

Los subgrupos IA, IC, ID, IE, IG se formaron por 18, 9, 15, 4 y 1 colecta, respectivamente. En lo referente al subgrupo ID se integró por colectas de bajo peso de mazorca, mientras que la colecta del subgrupo IG tuvo el mayor peso y largo de mazorca, precocidad y los granos de mayor tamaño de las colectas del grupo I.

Aunque a las razas que forman los grupos II, III y IV no se les determinó la raza principal a la que pertenecen, se puede realizar una descripción de las características principales de cada uno de ellos (datos no presentados).

El grupo II se formó con plantas de floración femenina de 75,1 días; con el menor peso de mazorca (80,9 g), peso de 100 granos (26,5 g), diámetro y largo de mazorca de 3,4 y 12,6 cm, respectivamente. Mientras que el grupo III se formó con tres colectas, que se caracterizan por tener los mayores valores de altura de planta (215 cm), floración masculina (71,3 días) y femenina (77,8 días), largo de mazorca (19,2 cm), peso de 100 granos (39,4 g) y grosor de grano (0,6 cm).

Mientras que el grupo IV se formó sólo con la colecta 21 que se caracteriza por tener el mayor peso promedio de mazorca (124 g), número de granos por hilera (35,6), con el menor número de hileras (8,8), floración masculina (63,7 días) y el mayor ancho (1,1 cm) y largo (1,2) de grano.

CONCLUSIONES

Las evidencias del estudio confirman la diversidad morfológica entre los maíces nativos que se cultivan en el estado de Tabasco, la cual debe conservarse y aprovecharse en programas de mejoramiento genético.

El ACP determinó que las variables que más explican la diversidad morfológica de las colectas son los días a floración masculina y femenina, peso y largo de mazorca, diámetro medio de mazorca, número de granos por hilera, peso de 100 granos, porcentaje de olote, diámetro medio de olote y largo de espiga.

Los resultados sugieren que los maíces nativos del estado de Tabasco, en su conjunto, tienen mayor afinidad con la raza Tuxpeño.

BIBLIOGRAFÍA

1. Carabaloso, T. V.; Mejía, C. A.; Balderrama, C. S.; Carballo, C. A.; González, C. F. 2000. Divergencia en poblaciones de maíz nativas de Valles Altos de México. *Agrociencia* 34: 167-174.
2. Diego-Flores, P.; Carrillo-Rodríguez, J. C.; Chávez-Servia, J. L.; Castillo-González, F. 2012. Variabilidad en poblaciones de maíz nativo de la Mixteca Baja Oaxaqueña, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.* 44(1): 157-171.
3. García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de KÖPPEN (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 5ª Ed. Instituto de Geografía. UNAM. México. 90 p.
4. Goodman, M. M. 1967. The races of maize. The use of mahalanobis generalized distances to measure morphological similarity. *Fitotecnia Latinoamericana.* 4: 1-22.
5. Hortelano, S. R. R.; Gil, M. A.; Santacruz, V. A.; López, S. L.; López, P. A.; Miranda, C. S. 2012. Diversidad fenotípica de maíces nativos del altiplano centro-oriente del estado de Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 35: 97-109.
6. Hortelano, S. R. R.; Gil, M. A.; Santacruz, V. A.; Miranda, C. S.; Córdova, T. L. 2008. Diversidad morfológica de maíces nativos del Valle de Puebla. *Agricultura Técnica Mexicana* 34:189-200.
7. International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). 1991. Descriptors for Maize. International Maize and Wheat Improvement Center. México City/IBPGR. Rome, Italy. 88 p.
8. Johnson, D. E. 2004. Métodos multivariados aplicados al análisis estadístico. International Thomson Editores. México. 566 p.
9. Ramírez, V. P.; Barrios, C. L.; Jiménez, J. E.; Zavala, J. F. 2000. Entorno de los recursos fitogenéticos de México. En: Ramírez, V. P.; Ortega, P. R.; López, H. A.; Castillo, G. F.; Livera, M. M.; Rincón, S. F.; Zavala, G. F. (eds.). Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura, Informe Nacional. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Sociedad Mexicana de Fitogenética A.C. Chapingo, México. 11-76.
10. Sánchez, G. J. J.; Goodman, M. M.; Stuber, C. W. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of México. *Economic Botanic.* 54:43-59.
11. Serratos, H. J. A. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente Americano. Greenpeace-UACH. 33 p.

12. Sierra, M. M.; Barrón, F. S.; Palafox, C. A.; Meneses, M. I.; Francisco, N. N.; Rodríguez, M. F.; Hernández, C. J. M.; Ortega, C. A. 2010. Diversidad y distribución de variedades criollas de maíz en el estado de Tabasco, México. En: Castañeda, M. O. G.; Báez, R. U. A.; López, A. N. C.; Sánchez, D. D. C. (Eds.) Memorias XXII Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco 2010. Villahermosa, Tabasco. p: 57-64.
13. Zuliani, P.; Lavalle, A.; Bramardi, S. J.; Defacio, R. 2012. Caracterización de poblaciones nativas de maíz mediante Análisis de Procrustes Generalizado y Análisis Factorial Múltiple. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 44(1): 49-64.