

## **Poblaciones sobresalientes de maíz de la raza Zapalote Chico, en la Región Istmeña de Oaxaca**

CABRERA-TOLEDO, José Manuel, CARBALLO-CARBALLO, Aquiles, MEJÍA-CONTRERAS, J. Apolinar, GARCÍA-de los SANTOS, Gabino y VAQUERA-HUERTA, Humberto

J. Cabrera´, A. Carballo´´, J. Mejía´´, G. García´´, H. Vaquera´´

´ Instituto Tecnológico de Comitancillo, carretera Ixtaltepec-Comitancillo km 7.5, San Pedro Comitancillo, Oax.

´´ Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, carretera México-Texcoco km 36.5 Texcoco, Estado de México  
cabrera.josé@colpos.mx

E. Figueroa, L. Godínez, F. Pérez (eds.) Ciencias de la Biología y Agronomía. Handbook T-I. -©ECORFAN, Texcoco de Mora- México, 2015.

## Abstract

Oaxaca has a high genetic variation of the cultivated maize. In the Isthmus of Tehuantepec, a common interest prevails among local farmers and researchers to preserve promote and spread the use of the native variety known as “Zapalote chico”. Morphological characterization of 18 outstanding landraces of this race was conducted to determine the degree of existent variability. Vegetative variables, tassels and ears were recorded. For 15 variables, statistically significant differences were observed. For the principal component analysis three were variables chosen, which accounted for 59.06% of the cumulative variance; the features with more descriptive value of phenotypic variability between populations evaluated were: ratio of the height of the upper ear and plant height, plant height, ear height, number of ear rows, ear diameter and tassel central axis length. The varieties that most contributed are ZAP-MOR, OAX-827, OAX-832 and COL-51. The similarity was most evident in populations at higher and lower altitudes, as the intermediate altitude departed markedly.

## 3 Introducción

La superficie cosechada de maíz durante el año 2011 en el estado de Oaxaca, fue de 568,951.12 ha, con un rendimiento de 694,553.65 t y un rendimiento promedio de 1.22 t ha<sup>-1</sup>. En ese mismo año, en la región del Istmo de Tehuantepec, se lograron cosechar 81,453 ha, con una producción de 101,640.87 t y un rendimiento promedio de 1.25 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2011). Esta zona reproduce la tendencia que existe a nivel estatal, en donde el cultivo se practica principalmente bajo condiciones de temporal y con el uso de semilla criolla.

Oaxaca posee una alta variación genética en el cultivo del maíz, debido a su situación geográfica, abundante variación climática, topografía variada, diferentes tipos de suelos, facilidad de entrecruzamiento en esta especie, y principalmente por el gran número de grupos étnicos que han formado diferentes variedades criollas mediante selección a través de miles de años (Aragón *et al.*, 2006).

En la actualidad predomina en la región un común interés entre los agricultores locales e investigadores en preservar, fomentar y difundir el uso de las variedades nativas de Zapalote chico, que a lo largo de su historia han sido cultivadas y aprovechadas en las comunidades de la región Istmeña de Oaxaca.

No obstante los cambios en las formas de consumo (comida rápida) que en estos días experimentan los habitantes de la zona, en los últimos años se han agudizado la sensibilidad de preferencia de sectores de la población urbana y rural por productos alimenticios preparados en forma autóctona o tradicional con maíces nativos. Tal es el caso de las tortillas y los “totopos” que se elaboran de Zapalote chico, que se distingue por su mejor calidad comparado con la harina de maíz híbrido nixtamalizado.

Investigaciones realizadas en la región del Istmo de Tehuantepec y concentrados por Wellhausen *et al.* (1951), Muñoz (2006), (López *et al.* (2005) y Taba *et al.* (2006) han evidenciado la existencia de una considerable variabilidad en los caracteres agronómicos, entre las poblaciones nativas de esta raza en estudio.

Debido a la importancia de este grano básico en la región y en el estado, así como por las evidencias de la diversidad genética existente y los escasos estudios particulares en la caracterización racial; se llevó la presente investigación, cuyo objetivo fue determinar el grado de variabilidad morfológica que existe en el maíz nativo de la raza Zapalote chico del Istmo de Tehuantepec.

### 3.1 Materiales y métodos

**Germoplasma.** El material biológico consistió de los mejores 18 criollos de maíz identificados en la raza Zapalote chico, perteneciente a la región del Istmo de Tehuantepec, estado de Oaxaca, distinguida como el área geográfica de distribución de dicha raza.

Estos materiales se derivaron de una colección regional realizada en el año de 1997. La depuración de las accesiones se realizó considerando aspectos de identificación de la raza de interés, así como valores agronómicos y de preferencia de productores. En el Cuadro 1 se señalan los lugares de colecta y denominación de los materiales en estudio. Durante el ciclo agrícola PV/2012, en los terrenos del Instituto Tecnológico de Comitancillo, se estableció un ensayo experimental para el incremento y caracterización de 18 poblaciones sobresalientes.

**Manejo agronómico.** Se usaron parcelas de 19 surcos de 7.5 m de largo y separados a 0.55 m, con un arreglo de 2 semillas por mata, cuya distancia fue de 0.5 m, con una densidad de población de 72 700 plantas por hectárea. La siembra se realizó el 13 de julio de 2012. Se usó la dosis de fertilización 92-46-00 (200 kg de urea y 100 kg de superfosfato de calcio triple); aplicando en la siembra la mitad del nitrógeno y todo el fósforo; el resto del nitrógeno se suministró en el aporque. En cada parcela/variedad, se marcaron al azar 20 plantas para el registro de las variables vegetativas y de espiga. Las características de mazorca se determinaron una vez realizada la cosecha, seleccionando 20 mazorcas de cada variedad.

**Variabes.** En el Cuadro 2 se pueden observar las variables de estudio. La metodología para el registro de las variables evaluadas se basó en el Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Maíz (Carballo y Ramírez, 2010).

**Análisis estadístico.** Con los datos de las 16 variables cuantitativas de los 18 materiales se realizó el análisis de varianza bajo un diseño completamente al azar empleando el programa Statistical Analysis System (SAS) versión 9.0 para Windows (SAS Institute, 2002). Los promedios por población de estas variables fueron estandarizados; con esta información se procedió a practicar el análisis de componentes principales. Además, se efectuó un análisis de conglomerados con el paquete estadístico Minitab 16, utilizando las medias estandarizadas de los 16 caracteres cuantitativos. Para conocer la interrelación de los materiales se hizo un análisis de agrupamiento al utilizar como medida de similitud la matriz de covarianza.

### 3.2 Resultados

El análisis de varianza indicó que entre los 18 criollos sobresalientes, hubo diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) en 13 variables y significativas ( $p \leq 0.05$ ) en dos: longitud del eje central de la espiga y ramas secundarias de la espiga. En la variable longitud de pedúnculo no hubo variación estadísticamente significativa.

Las diferencias estadísticas en las variables cuantitativas, demuestran la evidencia de la diversidad genética que predomina en la raza Zapalote chico, así también del grado de variación de los caracteres agronómicos determinados en esta evaluación. Esta variación se atribuye a las prácticas de selección que el productor ha hecho para tipo de grano, forma y tamaño de mazorca, número de hileras, grosor de olote y precocidad, entre otros criterios. Los datos de las variables estudiadas concuerdan con los estudios realizados por López (2005), Muñoz (2006) y Taba *et al* (2006), quienes describen que en la región del Istmo de Tehuantepec, Oax., se presenta variación entre razas y dentro de las poblaciones de la raza Zapalote chico en varias características.

Características agronómicas. En forma específica, la variación de los caracteres agronómicos evaluados (vegetativo, espiga y mazorca) de los 18 criollos sobresalientes se muestra en el Cuadro 4. En las variables vegetativas resaltan los caracteres de floración. La variedad OAX-834 registró la menor precocidad en floración masculina con 45.65 días después de la siembra; presentó el mejor coeficiente en la relación de la altura de la mazorca superior y altura de planta (0.48), tuvo el mejor ancho de lámina con 7.03 cm; sin embargo, en el número de hileras de grano fue de los que arrojaron valores bajos.

La variedad ZAP-MOR fue superior al presentar las cifras más altas en floración masculina y floración femenina con 49.5 y 51.15 días, respectivamente; en altura de mazorca fue la de mayor valor (95.25 cm). Este último aspecto constituye una desventaja para la región de interés, que se caracteriza por los fuertes vientos durante los meses de octubre a marzo, y cuando la mazorca se inserta a una mayor altura en la planta constituye un factor de riesgo para el acame.

En las características de espiga, sobresale la variedad OAX-827, cuyos valores en longitud de espiga y longitud de ramas laterales de la espiga fueron las más altas con 36 y 23.85 cm, respectivamente. Estas características pueden ser ventajosas, al tener una mayor amplitud para la producción de polen.

Las mejores características de mazorca se vieron en la variedad OAX-838 al presentar 13.3 cm en longitud, siendo además uno de los materiales con menor precocidad en floración femenina (47.7 días). La variedad ZAP-MOR presentó los mejores valores en diámetro de mazorca (4.37 cm) y número de hileras de grano (16.45 hileras); en longitud de mazorca presentó el menor valor (9.37 cm); estos caracteres ubican a esta variedad, por sus características de mazorca, como semejantes a los de la raza Pepitilla. El número de hileras de grano que presentó el ZAP-MOR fue superior a lo encontrado por Martín *et al* (2008) en colectas de la raza Pepitilla. ZAP-MOR es un genotipo que en la región del Istmo de Tehuantepec, está teniendo aceptación por los productores, ya que produce gran volumen de granos; y por su abundante número de hileras de granos. Además, la coloración del tallo, espiga, totomoxtle y el olote se presenta en diferentes intensidades de color morado (Cuadro 5); lo cual obedece a los diferentes tipos de infiltración germoplásmica y a la selección de los productores.

Lo anterior, confirma que el cultivo de maíz es un sistema continuo y dinámico, su polinización es abierta y los agricultores nativos en forma constante realizan un movimiento o flujo de semilla que mantienen, intercambian y experimentan. La frecuencia de recombinación genética es tan dinámica que son posibles muchísimas combinaciones, lo que permite a los campesinos contar con nuevas características y bondades de este cultivo por medio de la selección de semillas (Marielle *et al.*, 2013).

Análisis de componentes principales. Para una mejor interpretación de la información obtenida, se hace necesario reducir la dimensionalidad de los datos, para lo cual se utilizó la técnica de análisis multivariado de componentes principales (ACP), aplicado a los promedios por material para las 16 variables en estudio. Este análisis es muy útil para discriminar variables, así como seleccionar los genotipos con mejores atributos, considerando el conjunto de variables en su totalidad (Johnson y Wichern, 1992).

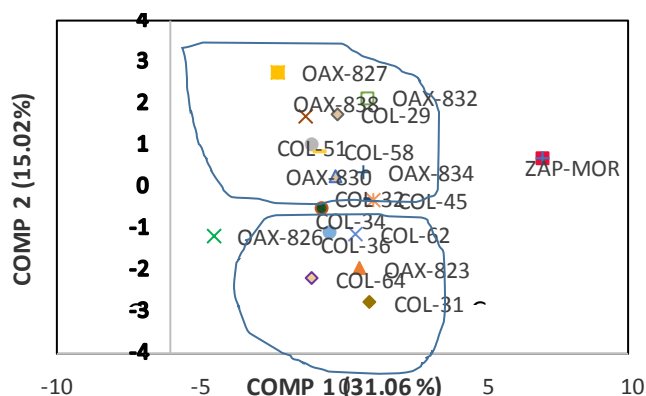
Los valores de la varianza que explican cada componente, como porcentaje de la varianza total, se presentan en el Cuadro 6. Se analizaron 16 variables cuantitativas que arrojaron igual número de componentes principales, de los cuales se eligieron tres para el análisis, con autovalores de 4.96, 2.40 y 2.07, y varianza explicada de 31.06, 15.02 y 12.98 en forma respectiva, resultando un total de 59.06 % de varianza explicada, que se consideró suficiente para explicar el propósito del estudio.

Las variables más importantes para definir el primer componente principal con base a la posición de los vectores (Cuadro 7) fueron: relación entre ALM superior y ALP (RAM/P), altura de mazorca (ALM) y número de hileras de grano (NHG) con valores de 0.3363, 0.3362 y 0.3202, respectivamente; las más importantes con valores negativos fueron: longitud de ramas laterales de la espiga (LERL), longitud del eje central de la espiga (LEEP) y longitud de espiga (LE) con valores de -0.3712, -0.3207 y -0.3047, respectivamente. Las variables más importantes en la definición del segundo componente principal fueron: diámetro de mazorca (DM), altura de planta (ALP), longitud de espiga (LE) y longitud del eje central de la espiga (LEEP) con valores positivos de 0.3943, 0.3453 y 0.3080, respectivamente; Hortelano *et al.* (2008) al estudiar los maíces nativos del Valle de Puebla, señalan que también en el segundo componente entre las variables de mayor valor discriminativo fue el diámetro de mazorca.

Para el componente 3 fueron los días a floración masculina (DFM) y el número de hileras de granos (NHG), características con signo negativo de mayor contribución, con valores de -0.4617 y -0.3797, respectivamente y, con signo positivo, el ancho de lámina (ANL), con valor de 0.3610; por lo que este componente debe llamarse “componente de disminución de área foliar” condicionado por la precocidad que identifica a los materiales genéticos de la raza en cuestión. No obstante que presentan valores negativos, entre estas variables existe una correlación positiva. Al respecto existe coincidencia con lo encontrado por Martin *et al.*, (2008), cuando caracterizaron los maíces nativos del Noroccidente, en donde la variable días a floración masculina fue de las más importantes para el segundo componente (-0.6370).

En la contribución relativa de cada variedad para los componentes principales en estudio, sobresalen 4 variedades: ZAP-MOR, OAX-827, OAX-832 y COL-51. Al ubicar los materiales en un plano determinado por los primeros componentes principales (Figura 3) y tomando en cuenta la matriz de sus correlaciones, los cuatro materiales procedentes de la población de San Pedro Comitancillo, Oax (OAX-823, OAX-826, OAX-827 y ZAP-MOR) se encuentran representados en los cuatro cuadrantes, dos que se separan hacia los extremos de la figura (Grupo 3 y 4) y los otros dos incluidos en los agrupamientos centrales (Grupo 1 y 2). Lo anterior puede obedecer a que este sitio se encuentra a una altitud alrededor de los 70 msnm, la cual es una altura intermedia de acuerdo al rango de adaptación de los materiales en estudio.

**Figura 3** Distribución de 18 criollos sobresalientes sobre los dos primeros componentes principales



Los materiales de los Grupos 3 y 4 se destacan en características vegetativas: floración tardía, mayor porte de planta y mazorca, superiores en ancho de lámina; en mazorca presentan diferencias muy marcadas en longitud, diámetro y número de hileras de granos. Con valores menores y signo positivo o negativo en los dos componentes principales (Grupo 1), se ubicaron preferentemente materiales que se colectaron en localidades de baja altitud. Las variedades de este agrupamiento se distinguieron en menor altura de planta, altura de mazorca y ancho de lámina, en las características de mazorca mostraron valores de comportamiento medio a bajo.

Se distingue la integración de otro grupo, donde predominaron las variedades cuya procedencia son de localidades de mayor altura, los cuales presentaron cifras bajas de signo positivo en el componente uno, y en el componente dos, cifras altas positivas (Grupo 2). Los materiales de éste mostraron las siguientes características vegetativas: precocidad en floración, superiores en altura de planta, ancho de lámina, largo de mazorca y número de granos por hilera; en mazorca se identificaron con menor número de hileras de grano.

Adicionalmente a esta agrupación y al tomar en cuenta a los 10 sitios de procedencia de las 18 poblaciones genéticas en estudio, presenta cierta semejanza con la distribución que se señala en los componentes principales, por lo que se identificaron los grupos: Zapalote de altura, de planicie e intermedios.

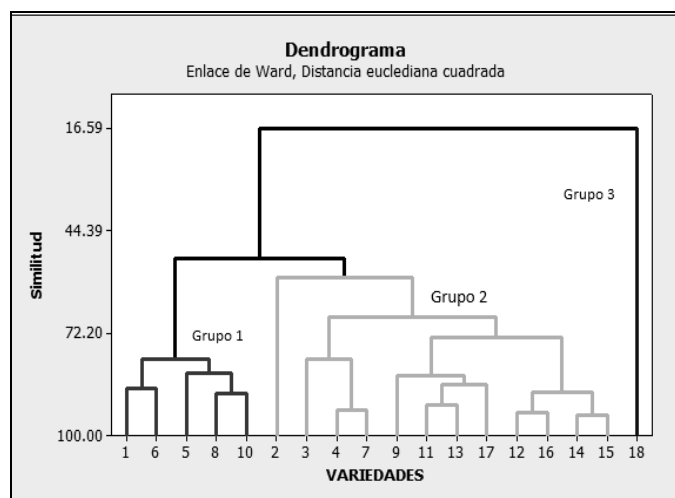
Análisis de agrupamiento. Con la matriz de covarianza de los dos componentes principales, las variedades estudiadas se integraron en tres conjuntos, mismos que se identificaron en la Figura 3.3 en el dendrograma de similitud (distancia euclidiana cuadrada). Con la formación de estos grupos, se promediaron los valores respectivos en base a las 16 variables cuantitativas.

Las variedades del grupo 1, ubicado en el centro de la Figura 3.2, sobresalieron en longitud de espiga (33.91 cm), longitud del eje central de la espiga (23.71 cm) y ramas secundarias de la espiga (1.9). En el grupo 2 (más numeroso) las características superiores fueron: longitud de ramas laterales de la espiga (20.93), longitud de mazorca (11.87 cm) y número de granos por hilera (25.96).

El Grupo 3 representado por una sola variedad (18), presentó mayores valores en días a floración masculina (49.5 días), longitud del pedúnculo (10.99 cm), número de ramas laterales primarias de la espiga (12.6), ramas secundarias de la espiga (1.9), días a floración femenina (51.15 días), altura de planta (204.75 cm), altura de mazorca (95.25 cm), relación entre altura de la mazorca superior y altura de planta (0.46), ancho de lámina (6.8), diámetro de mazorca (4.37) y número de hileras de granos (16).



**Figura 3.3** Dendrograma de 18 criollos sobresalientes con 16 variables que forman 3 grupos



### 3.3 Conclusiones

1. Existe una alta variabilidad en las características agronómicas entre los 18 maíces criollos sobresalientes de la región Istmeña de Oaxaca, observando la presencia de un continuo en el nivel de expresión de características vegetativas, de espiga y de mazorca, lo cual obedece a la selección practicada por el agricultor, y al movimiento e intercambio de semillas.
2. La similitud fue más evidente en las poblaciones de mayor y menor altitud, ya que los de altura intermedia se apartaron notablemente.
3. De acuerdo a los componentes principales, las características con mayor valor descriptivo de la variabilidad fenotípica entre las poblaciones evaluadas fueron: relación entre la altura de mazorca superior y altura de planta, altura de planta, altura de mazorca y número de hileras de grano, diámetro de mazorca, longitud de espiga y longitud del eje central de la espiga.

### 3.4 Referencias

Aragón, C. F., Taba S., Hernández C. J.M., Figueroa C. J de D. y Serrano A. V. (2006). Actualización de la información sobre los maíces criollos de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CS002 México D. F.

Carballo, C.A. y Ramírez M.E. (2010). Descripción gráfico para la descripción varietal en maíz (*Zea mays* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. CP-SNICS. (2ª. Edición). Texcoco Mex.

Hortelano, S. R. R.; Muñoz, G. A.; Santacruz, V. A.; Miranda, C. S. y Córdova, T L. (2008). Diversidad morfológica de maíces nativos del Valle de Puebla. Agricultura Técnica en México. (2): 189-200.

Johnson R A, and D W Wichern. 1992. Applied Multivariate Statistical Analysis. (Third edition). Prentice-Hall, Inc., New Jersey. 642 p.



López, R. G.; Santacruz, V. A.; Muñoz, O. A.; Castillo, G. F.; Córdova, T. L. y Vaquera, H. H. (2005). Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del istmo de Tehuantepec, México. *Interciencia* (5): 284-290.

López, R.G. 2005. Caracterización de la diversidad del maíz del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. Mex. 266 p.

Marielle, C.; Turrent F.A.; Díaz L.; Astier M.; Barrera B.N.; Ávila B.C.H. y Dolores F.A.C. 2013. Alternativas tecnológicas no transgénicas para el mejoramiento y la producción sustentable de maíz en México. In: *El maíz en peligro ante los transgénicos. Un análisis integral sobre el caso. Colección debate y reflexión. México. 567 p.*

Martin, L.J.G.; Sánchez G.J.J.; De la Cruz L.L.; Morales R.M.M.; Carrera V.J.A.; Ortega C.A.; Vidal M.V.A. y Guerrero H. M.J. (2008). Caracterización agronómica y morfológica de maíces nativos del Noroccidente de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. (4): 331-340.

Muñoz, O.A. 2006. Centli-Maíz. Prehistoria e historia, diversidad, potencial, origen genético y geográfico, glosario centli-maíz. Colegio de Postgraduados-SINAREFI. Montecillo, Estado de México. p. 143

SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2010). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2010. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

[http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=350](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350)  
(mayo/2014).

Statistical Analysis System Institute. 2002. The SAS System for Windows (Ver 9.0) SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Taba, S.; Díaz, J.; Aragón, C. F.; Rincón, S. F.; Hernández, C. J. M. and Krakowsky, M. (2006). Evaluation of Zapalote Chico accessions for conservation and enhancement. *Maydica* (51): 209-218

Wellhausen, E.J.; Roberts. L.M.; Hernández, X.E. y Mangelsdorf, P.C. 1951. Razas de maíz en México. Folleto Técnico 5. Oficina de Estudios Especiales. S.A.G., México. 239 pp