

# Productividad y caracterización varietal de maíces nativos (*Zea mays L.*) colectados en Tabasco, México

Productivity and varietal characterization of native corn (*Zea mays L.*) collected in Tabasco, Mexico

Esperanza Sánchez-Hernández<sup>1</sup>, Efraín de la Cruz-Lázaro<sup>1</sup>, Rufo Sánchez-Hernández<sup>1\*</sup>

## RESUMEN

Se caracterizó fenotípicamente y se contabilizaron los rendimientos de forraje verde (RFV) y de grano (RG) de nueve variedades de maíces nativos del estado de Tabasco, México. La mayoría de lo colectado presentó características fenotípicas correspondientes a las razas nal-tel de altura, tuxpeño y zapalote grande. El RFV mayor se obtuvo en colectas de la raza nal-tel de altura, con rendimientos entre 32.0 y 47.4 t ha<sup>-1</sup>; mientras que los RG mayores se obtuvieron en colectas de la raza zapalote grande, con rendimientos entre 4.0 y 4.3 t ha<sup>-1</sup>. Los caracteres fenotípicos que mayor se correlacionaron con el RG fueron el ancho de la mazorca y número de granos por hilera; en tanto que el RFV no se correlacionó significativamente con variables asociadas a la altura de la planta (AP). Razas como la nal-tel de altura, que presentan RG bajo, registraron RFV alto, por lo que materiales criollos que por su pobre RG han sido desalentados para su cultivo podrían ser valorados para la producción de forraje. Aunque fue posible ubicar la mayoría de las colectas en sus correspondientes razas, se observó un proceso de mezcla interracial; éste es el caso de la CLT 4, que corresponde a la raza nal-tel de altura, por la mayoría de sus características fenotípicas, pero que no corresponde a ella por su baja AP.

## PALABRAS CLAVE

Maíz criollo, razas de maíz, forraje, germoplasma

## ABSTRACT

Nine native corn varieties were characterized phenotypically and grain yield (GY) and green forage yield (GFY) were calculated for material collected in Tabasco, Mexico. Most of the maize collected corresponding to the nal-tel de altura, tuxpeño and zapalote grande races. The index GFY was the highest in nal-tel de altura race, with yield of 32.0-47.4 t ha<sup>-1</sup>; the higher GY index was calculated for zapalote race, with values of 4.0-4.3 t ha<sup>-1</sup>. The phenotypic characters: ear width and number of grain by row, were positive correlated with GY. GFY not was correlate significantly with plant height variables. The nal-tel altura and similar races with GY lower, recorded higher GFY, native criollo materials with this characteristics can be used for forage production. Although the majority of the collections can be characterized in its respective race, an interracial mixing process was observed; the CL 4 material phenotypically can be assigned to the nal-tel alto group, but its plant height value indicated that can not be classified in this group.

## KEYWORDS

Native corn, corn races, forage, germplasm

<sup>1</sup> División Académica de Ciencias Agropecuarias; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Km. 25.5 Carretera Villahermosa-Teapa, r/a La Huasteca, Centro. 86800 Tabasco, México.

\* Autor para correspondencia. Correo electrónico: rusaher@hotmail.com

**Recibido:** 8 de abril de 2013

**Aceptado:** 1 de julio de 2013

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo más importante de México y la base de la dieta de su población. De acuerdo con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2014), en 2012 se sembraron 8.027 millones de hectáreas en el país, de las cuales, 8.1% es dedicado a la producción de forraje; del total de la superficie sembrada, 82.4% se estableció bajo condiciones de secano o temporal.

Se considera que nuestro país y la región mesoamericana son el centro de origen de esta especie y de la diversificación de las más de 50 razas nativas reconocidas en México. Aunque aún no se ha precisado el lugar de origen de este cultivo, todo parece indicar que ocurrió simultáneamente en diversas regiones y se extendió a todo el territorio nacional habitado por diversos grupos indígenas, mismos que han logrado preservar buena parte de estos recursos fitogenéticos (Kato *et al.*, 2009).

Según Paliwal (2001), la agrobiodiversidad del maíz tiene tres componentes: la riqueza de la variedad del maíz que se siembra, la riqueza del producto que se cosecha y los procesos de producción que están involucrados en su producción y cosecha. Se estima que del total de las razas que conforman la diversidad genética de esta especie en México, menos de 10% se usa como material para el mejoramiento genético (Goodman y Brown, 1988), lo que indica que aún existe un gran potencial para la explotación sustentable del germoplasma. Tal germoplasma contenido en las variedades mexicanas así como en sus parientes silvestres constituye un recurso de suma importancia para los sistemas de producción de alimentos (Nadal, 2000). Al respecto, Herrera *et al.* (2002) señalan que 76.5% de agricultores utilizan semilla criolla de maíz para sus siembras, mientras que el resto de los productores usa semilla mejorada; destacan que el uso de semilla está asociado al tipo de agricultura.

El término "maíz criollo" lo utilizan los agricultores para diferenciar uno nativo o adaptado a las condiciones agroecológicas de su región, de otro obtenido a través de programas de mejoramiento genético. Los maíces criollos son comúnmente poblaciones heterogéneas, homo-heterocigotas, desarrolladas y conservadas por los agricultores a través de múltiples generaciones de selección empírica para caracteres específicos como textura de grano, color, forma de mazorca, sanidad, ciclo vegetativo, entre otros. El término "criollo" también se usa para identificar a las poblaciones segregantes producto de

cruzamientos entre materiales nativos con híbridos o variedades mejoradas, siempre y cuando el producto final mantenga una mayor proporción de caracteres de interés para los agricultores (Aragón *et al.*, 2006). No obstante, Kato *et al.* (2009) señalan que "maíz criollo" o "razas criollas" han sido empleados incorrectamente, ya que el maíz no es una planta foránea, sino un cultivo nativo de México. En este sentido, Rincón *et al.* (2010) mencionan que la diversidad en gran parte de la República Mexicana está constituida de manera compleja por tipos raciales, variantes dentro de raza y variantes intermedias entre razas, por lo que señalan que el término más adecuado para denominar al recurso fitogenético es "maíz nativo" en lugar de "maíz criollo".

Hasta el año 2000 se reportaba que los criollos o locales se sembraban en promedio en 60% del estado de Tabasco (Nadal, 2000) y se destacaba el uso de variedades locales de maíz de ciclo corto que provenían de la cosecha anterior, con lo cual se evitaba la compra de semillas mejoradas (Gliessman, 2002). Particularmente se reportó la presencia de las razas: theua, zapalote grande, olotillo, tuxpeño y vandeño, colectadas entre 1978 y 1991 por Mariaca (1993, 1996). Por su parte, el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (antecesor del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) sólo reportaba nueve complejos raciales para el estado (Reyes, 1990).

Sin embargo, este germoplasma nativo se ha visto amenazado desde hace varias décadas por desastres naturales, presión demográfica y por la modernización para la producción de granos básicos a través de programas gubernamentales; aspectos que han contribuido a la erosión de su diversidad, inclusive en sistemas tradicionales tan importantes como la milpa (Nadal, 2000).

El maíz es un cultivo de arraigo en las comunidades rurales de Tabasco, Isaac-Márquez *et al.* (2005) mencionan que en algunos municipios los campesinos reparten sus actividades entre ganadería, agricultura y renta de mano de obra (jornalero); la actividad agrícola preponderante es el cultivo de temporal e itinerante de maíz (milpa). Éste se cultiva en tres ciclos agrícolas: primavera-verano, otoño-invierno, y un ciclo que inicia en marzo al inicio de la época seca y que aprovecha las tierras bajas que conservan humedad y de gran riqueza nutrimental; localmente a este ciclo de siembra se le denomina siembra de marzo o marceño. Las variedades nativas que se siembran en dicho ciclo registran rendimientos entre 2.5 y 4.5 t ha<sup>-1</sup> (Mariaca, 1996). Sin embargo, Gliessman (2002)

reporta que en las variedades criollas cultivadas en la subregión Chontalpa los rendimientos promedios oscilan entre 4 y 5 t ha<sup>-1</sup>, con el potencial de registrar 10 t ha<sup>-1</sup> en el ciclo marceño.

El maíz es una excelente opción forrajera, por sus características productivas podría ser utilizada en zonas ecológicas en donde ni aun las especies de pastos más adaptadas permitirían maximizar la capacidad de carga por hectárea (Fuentes *et al.*, 2000). Como planta forrajera, el maíz muestra excelentes características de palatabilidad y es uno de los mejores cultivos para ensilar, ya que reúne un alto valor nutritivo, alto contenido de azúcares y alto rendimiento por unidad de área (Peñagaricano *et al.*, 1986). Sin embargo, de acuerdo con De la cruz *et al.* (2005), es necesario definir estrategias que identifiquen fuentes de germoplasma para aprovechar el potencial genético existente a través del desarrollo de programas de mejoramiento genético, ya que a la fecha ninguna de las especies usadas en México para forraje ha sido desarrollada a través de programas de mejoramiento genético para lograr una mayor producción y calidad forrajera, sino que fueron seleccionados inicialmente para rendimiento de grano. No obstante, de acuerdo con Elizondo y Boschini (2002), cualquier tipo de maíz puede cultivarse para forraje, pero los que producen mayores rendimientos son los de porte alto, por lo que algunas variedades, aun cuando sean mejoradas, si son de porte bajo, generalmente producen menos cantidad de forraje por unidad de área.

Desde la perspectiva del fitomejoramiento, la gran diversidad de maíces nativos representa un amplio acervo de genes, en el que se pueden encontrar las características adecuadas para el desarrollo de nuevas variedades de alta productividad de grano y

forraje. Por ejemplo, en Tabasco todavía se observan parcelas sembradas con maíz criollo "mejen" precoz (Gliessman, 2002), que puede servir como base para el mejoramiento genético de especies precoces, ya sea para la producción de grano o forraje.

La caracterización de la diversidad genética es compleja, ya que implica evaluar un concepto multidimensional que involucra elementos etnográficos y la relación con el medio ambiente aplicados a una población, grupo de poblaciones o especies de plantas, y puede ser estudiada a nivel fenotípico, así como de ADN usando marcadores moleculares (Rodríguez-Pérez *et al.*, 2012). En algunos estudios de caracterización fenotípica o molecular se han utilizado diversos tipos de información, técnicas de agrupamiento y teorías del origen del maíz (Benz 1997), así se han identificado grupos raciales bien definidos (Sánchez *et al.*, 2000).

Aunque el maíz es uno de los cultivos que más se ha investigado y en el que más se ha avanzado sobre la mejora genética, no existen suficientes estudios sobre la diversidad local presente en las áreas rurales de México, particularmente en Tabasco. Por lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivos, evaluar los rendimientos de forraje y grano e identificar, con base en sus características fenotípicas, a qué complejo racial pertenecen ocho variedades nativas colectadas en esta entidad para identificar sus potencialidades productivas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Colecta de materiales.** Se realizó entre los meses de mayo y junio de 2011; fueron nueve variedades referidas por los productores como nativas o criollas,

**Cuadro 1. Localización geográfica de comunidades de Tabasco, México, donde se colectaron maíces criollos.**

CLT	LOCALIDAD	MUNICIPIO	LATITUD N	LONGITUD O	ALTITUD (MSNM)
1	El Puente	Huimanguillo	17°51'28.62"	93°24'31.88"	35
2	Tamulté	Centro	18°09'37.14"	92°47'01.08"	13
3	Chilapa	Centla	18°13'01.91"	92°41'07.69"	2
4	La Piedra	Cunduacán	18°08'02.11"	93°13'07.29"	16
5	Oxiacaque	Nacajuca	18°12'56.20"	92°57'12.20"	6
6	Palo Mulato	Huimanguillo	18°01'05.70"	93°46'17.01"	16
7	Poblado C-11	Cárdenas	18°10'27.02"	93°37'28.16"	11
8*	Centro	Centro	17°59'47.84"	92°54'48.37"	13
9	Astapa	Jalapa	17°47'03.27"	92°50'45.01"	11

CLT: Número de colecta

\* La colecta 8 fue referida como criollo mejen y adquirida en una tienda de productos agropecuarios



Figura 1. Distribución de colectas de maíces nativos en Tabasco, México: Cárdenas (002), Centla (003), Centro (004), Cunduacán (006), Huimanguillo (008), Jalapa (009) y Nacajuca (013).

debido a que son materiales que han cultivado durante varias generaciones. Otros criterios de selección fueron la posesión permanente de la parcela no menor de cinco años, que los productores seleccionaran y produjeran sus propias semillas, así como el interés del agricultor en apoyar la investigación proporcionando una muestra de mazorcas de su población. Las localidades específicas de las colectas, sus coordenadas geográficas y altitud (msnm) se presentan en el cuadro 1.

Los puntos de colecta pertenecen a municipios incluidos en las subregiones Chontalpa, Sierra y Pantanos, que a su vez están incluidas en las regiones Grijalva y Usumacinta (figura 1).

**Establecimiento del experimento en campo.** Los maíces colectados fueron sembrados y cultivados en parcelas experimentales, ubicadas en el poblado C-11, municipio de Cárdenas, Tabasco ( $18^{\circ}10'27.02''$  N,  $93^{\circ}37'28.16''$  O, 11 msnm). Cada variedad se estableció a un distanciamiento de 1 m entre hileras, y 20 cm entre plantas, lo que generó una densidad de población equivalente a 50 000 plantas/ha. El 22 de junio de 2011 se realizó la siembra a espeque, depositando una semilla por golpe; de cada material se sembraron 12 hileras, cada una de 10 m de longitud.

**Labores culturales.** Se utilizó un sistema de cero labranza bajo condiciones de temporal. Antes de la siembra, la maleza cortada durante la limpia manual fue distribuida por toda la superficie del terreno con la finalidad de conservar la humedad del suelo.

Durante todo el proceso se monitoreó el cultivo para detectar de forma oportuna la presencia de plagas y enfermedades. Sólo fue necesario realizar una aplicación preventiva de insecticida de paratión metílico el 26 de julio para controlar diabrotica (*Diabrotica balteata* Le Conte). El control de malezas se realizó de forma manual cuatro veces en el ciclo del cultivo. Se fertilizó el 19 de julio de 2011, con la dosis 90-40-00 recomendada para el estado de Tabasco por Barrón-Freyre (2008).

**Polinización controlada y cosecha.** La polinización de las plantas se realizó de forma controlada para impedir el cruzamiento entre las diferentes colectas y de esta manera poder valorar de forma morfológica las características de cada material. Al llegar a la etapa de maduración del cultivo, las plantas se doblaron; 10 días después, se realizó la colecta de mazorcas. Posteriormente, se caracterizaron sus rasgos morfológicos mediante la guía de Carballo y Benítez (2003). Se desgranaron las mazorcas y los granos se depositaron en bolsas de papel para secarlos en estufa durante 48 h para estimar el rendimiento de grano (RG) por hectárea.

**Rendimiento de forraje verde.** Se cosecharon y pesaron de forma aleatoria 10 plantas por tratamiento, los resultados de esta medición se extrapolaron para estimar el rendimiento de forraje verde (RFV) por hectárea. Adicionalmente, se seleccionaron cuatro variables cuantitativas incluidas en el grupo de caracteres fenotípicos propuestos por Carballo

y Benítez (2003). Estas variables se seleccionaron debido a que podrían estar asociadas a la producción de biomasa y para explicar el RFV en función de dichos caracteres morfológicos: longitud media del entrenudo superior (LMES), longitud media del entrenudo inferior (LMEI), altura de la planta (AP) y diámetro del entrenudo (DE).

**Rendimiento de grano.** Para determinar el rendimiento, se muestrearon de forma aleatoria 10 mazorcas de cada variedad, se les midieron las variables: largo de la mazorca (LM), ancho de la mazorca (AM), número de hileras (NH) y número de granos por hilera (NGH). Posteriormente, se desgranó cada mazorca y los granos se secaron en estufa a 85 °C por 48 h; los secos se pesaron para determinar el rendimiento de grano por mazorca, con estos datos se realizó interpolación para estimar el rendimiento en toneladas de grano seco por hectárea, tomando como base una densidad de 50 000 plantas por hectárea y una mazorca por planta.

**Descripción varietal.** Los caracteres fenotípicos se describieron desde la siembra hasta la cosecha de acuerdo con los 62 descriptores incluidos en el manual de caracterización de Carballo y Benítez (2003):

- Descriptores del 1 al 5 relacionados con la primera hoja se caracterizan cuando la plántula tiene dos hojas desdobladas, cuando las vainas de ambas son completamente visibles (estado 12).
- Descriptores del 6 al 10 se evalúan al inicio de la antesis, es decir, cuando se inicia la dehiscencia de las anteras y tiene lugar la liberación de polen (estado 61).
- Descriptores 11 y 12 se evalúan a la mitad de la antesis, es decir cuando 50% de las plantas presentaban estigmas visibles y liberación de polen (estado 65).
- Descriptores del 13 al 16 se analizan en el periodo que va desde la mitad de la antesis hasta cuando el carióspside presenta un estado acuoso (estado 65-71).
- Descriptores del 17 al 18 se observan en el estado 65, cuando 50% de las plantas presenta estigmas visibles y liberación de polen.
- Descriptor 19 se evalúa durante la mitad de la antesis hasta que el carióspside presenta un estado acuoso (estado 65-71).
- Descriptor 20, la observación se realiza hasta que el carióspside se encuentra en estado medio lechoso.
- Descriptores 21 y 22 se evalúan desde la mitad de la antesis hasta que el carióspside se encuentra en estado medio lechoso (estado 65-71).
- Descriptores 23 y 24 se evalúan desde la mitad de la antesis hasta cuando el carióspside presenta un estado acuoso (estado 65-71).

- Descriptores del 25 al 42 se evalúan a la mitad de la antesis; cuando 50% de las plantas presenta estigmas visibles y liberación de polen (estado 65).
- Descriptores 43 y 44 se evalúan cuando el carióspside se encuentra en estado acuoso (estado 71).
- Descriptor 45 se evalúa cuando el carióspside está en estado medio lechoso (estado 75).
- Descriptores 46 y 47 son observados cuando el carióspside se encuentra en estado masoso (estado 85).
- Descriptor 48 se analiza cuando el carióspside se encuentra en estado medio lechoso (estado 75).
- Descriptores del 49 al 61 son analizados en la etapa de maduración, en mazorcas completas, sin desgranar; cuando el carióspside se encuentra duro y no puede ser dañado por la uña (estado 92).
- Descriptor 62 se evalúa en la etapa de maduración (estado 93).

Las características morfológicas de las mazorcas permitieron, por comparación, determinar a qué raza pertenece cada material colectado, de acuerdo con Sánchez-González (2011).

**Análisis estadístico.** Los valores absolutos de las variables asociadas al rendimiento fueron sistematizados en tablas de Excel© de doble entrada, procesados mediante análisis de varianza (Anova) y análisis de correlación. Adicionalmente se realizaron pruebas de comparación múltiples de media de least significant difference, de Fisher. La caracterización de los descriptores se realizó utilizando los códigos numéricos del manual gráfico de maíz de Carballo y Benítez (2003); la base de datos codificada fue procesada mediante análisis de conglomerados (clúster). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa estadístico SAS© para Windows© ver. 6.12.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Rendimiento de grano.** De acuerdo con el Anova, las colectas de maíces 2 (Tamulté de las Sabanas), 7 (Poblado C-11) y 8 (Centro) fueron las que mayor RG registraron, con 4.0, 4.3 y 4.0 t ha<sup>-1</sup> respectivamente (cuadro 2).

El análisis de correlación indicó que la variable de RG por hectárea es explicada principalmente por las variables AM ( $r=0.65287$ ;  $<0.001$ ) y NGH ( $r=0.70744$ ;  $<0.001$ ). Esto explica por qué las colectas (CLT) 2, 7 y 8 fueron las que mayor RGH presentaron, ya que en el caso de la CLT 2 las mazorcas fueron más anchas, con valor de 4.7 cm; mientras que las CLT 7 y 8 presentaron

**Cuadro 2. Resultado del Anova y pruebas de comparación de medias de variables relacionadas con el RG para nueve materiales criollos de maíz de Tabasco, México.**

CLT	LM	AM	NH	NGH	RGM	RG
	CM				G	T HA
1	18.3 <sup>b*</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	12 <sup>ab</sup>	36 <sup>abc</sup>	96 <sup>bc</sup>	2.9 <sup>bc</sup>
2	19.0 <sup>b</sup>	4.7 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	33 <sup>abc</sup>	133 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>ab</sup>
3	25.0 <sup>a</sup>	4.1 <sup>ab</sup>	12 <sup>ab</sup>	25 <sup>c</sup>	81 <sup>c</sup>	2.4 <sup>c</sup>
4	16.3 <sup>b</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	14 <sup>a</sup>	29 <sup>bc</sup>	72 <sup>c</sup>	2.2 <sup>c</sup>
5	17.3 <sup>b</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	12 <sup>ab</sup>	28 <sup>bc</sup>	84 <sup>c</sup>	2.5 <sup>c</sup>
6	18.0 <sup>b</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	14 <sup>a</sup>	30 <sup>bc</sup>	89 <sup>bc</sup>	2.6 <sup>bc</sup>
7	18.7 <sup>b</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	12 <sup>ab</sup>	42 <sup>a</sup>	145 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>
8	19.3 <sup>b</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	12 <sup>ab</sup>	39 <sup>ab</sup>	134 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>ab</sup>
9	18.0 <sup>b</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	12 <sup>ab</sup>	27 <sup>bc</sup>	68 <sup>c</sup>	2.0 <sup>c</sup>
CV (%)	12.07	5.8	3.4	0.8	10.0	30.0
Media	18.42	3.6	29.3	64.8	1.3	2.8

\* Valores con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey  $\alpha=0.05$ )

Anova: Análisis de varianza, por sus siglas en inglés; RG: Rendimiento de grano; CLT: Número de colecta; LM: Largo de mazorca; AM: Ancho de mazorca; NH: Número de hileras; NGH: Número de granos por hilera; RGM: Rendimiento de granos por mazorca; CV: Coeficiente de variación

**Cuadro 3. Resultado del Anova y pruebas de comparación de medias de variables relacionadas con el RFV para nueve materiales criollos de maíz de Tabasco, México.**

CLT	LMES	LMEI	AP	DE	RFV
	CM	CM		MM	T HA <sup>-1</sup>
1	18.3 <sup>b*</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	12 <sup>ab</sup>	96 <sup>bc</sup>	2.9 <sup>bc</sup>
2	19.0 <sup>b</sup>	4.7 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	133 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>ab</sup>
3	25.0 <sup>a</sup>	4.1 <sup>ab</sup>	12 <sup>ab</sup>	81 <sup>c</sup>	2.4 <sup>c</sup>
4	16.3 <sup>b</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	14 <sup>a</sup>	72 <sup>c</sup>	2.2 <sup>c</sup>
5	17.3 <sup>b</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	12 <sup>ab</sup>	84 <sup>c</sup>	2.5 <sup>c</sup>
6	18.0 <sup>b</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	14 <sup>a</sup>	89 <sup>bc</sup>	2.6 <sup>bc</sup>
7	18.7 <sup>b</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	12 <sup>ab</sup>	145 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>
8	19.3 <sup>b</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	12 <sup>ab</sup>	134 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>ab</sup>
9	18.0 <sup>b</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	12 <sup>ab</sup>	68 <sup>c</sup>	2.0 <sup>c</sup>
CV (%)	12.07	5.8	3.4	10.0	30.0
Media	18.42	3.6	29.3	1.3	2.8

\* Valores con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey  $\alpha=0.05$ )

Anova: Análisis de varianza, por sus siglas en inglés; RFV: Rendimiento de forraje verde; CLT: Número de colecta; LMES: Longitud media del entrenudo superior; LMEI: Longitud media del entrenudo inferior; AP: Altura de la planta; DE: Diámetro del entrenudo; CV: Coeficiente de variación

mayor NGH (42 y 39 granos, respectivamente). Las mazorcas más largas las registró la CLT 3 de Chilapa. Esta misma, junto con las CLT 4 y 6, provenientes de La Piedra y Palo Mulato, fueron las que presentaron el mayor NHM.

**Rendimiento de forraje verde.** En cuanto a las variables seleccionadas para explicar el RFV, en

la variable LMES no se observaron diferencias estadísticas en la mayoría de los tratamientos, sólo en las CLT 2 y 3, que registraron los valores más bajos. La LMEI fue mayor en la CLT 1 (23 cm), diferente estadísticamente a la CLT 7, con 19 cm. La AP osciló entre 200-389 cm; la CLT 3 registró el valor más alto, mientras que el más bajo se presentó en la CLT 6. Finalmente, el

DE osciló entre 5.3 y 14.3 mm, observados en las CLT 4 y 3, respectivamente (cuadro 3).

Aunque la CLT 3 colectada en Chilapa registró la mayor AP y mayor RFV, el análisis de correlación no presentó significancia alta, lo que indica que existen otras variables no consideradas en este estudio que explican de manera más importante la producción de biomasa. Al respecto, Bolaños y Emile (2011) proponen, para calcular la producción de materia, emplear la tercera hoja de la planta para calcular el área foliar (AF), el valor obtenido se extrapola a todas las hojas de la planta para obtener el AF/planta y, posteriormente, es posible calcular AF/ha. Finalmente, proponen correlacionar el peso de la materia seca por unidad de AF para obtener la producción de materia seca por hectárea.

La CLT 3 registró la mayor altura de planta, aunque con bajo RG (cuadro 3). En este sentido, Núñez *et al.* (2003) y De la Cruz-Lázaro *et al.* (2005) señalan que el RFV se correlaciona negativamente con el tamaño de las mazorcas. Si se toma en cuenta que los programas gubernamentales encaminados a la producción de granos básicos privilegian el uso de variedades mejoradas indistintamente de las zonas en donde se cultiven, el rendimiento bajo de los maíces nativos derivado de los rasgos fenotípicos de la mazorca asociado a un aprovechamiento bajo de forraje para la alimentación animal hace que el cultivo de los maíces nativos sea desalentado, lo que gradualmente provoca una pérdida de estos valiosos recursos fitogenéticos.

#### **Caracterización morfológica de los maíces nativos.**

La mayoría de los maíces colectados no presentaron coloración por antocianinas en las vainas y nudos, aunque sí coloración ligera en raíces adventicias. Las hojas son mayormente alargadas y puntiagudas, con ángulos pequeños entre la hoja y el tallo. La orientación de la lámina foliar mayormente es curva, el ángulo de inserción de dichas hojas es semierecto. La hoja de la mazorca superior presenta ligera ondulación en el margen de la lámina, con arrugas longitudinales. El color fue en su mayoría verde medio en las hojas de la mazorca superior, vainas de color verde limón y aurícula blanca. Los tallos no presentaron zigzaguo ni macollos, los entrenudos superiores fueron muy largos y los entrenudos inferiores fueron medios.

De los maíces colectados, 55% presentaron anthesis intermedia, espiguillas de grado laxo, ramas laterales en el tercio inferior de la espiga de forma rectilínea o ligeramente curvada; mientras que las bases de las glumas y las glumas presentaron débil o ausente coloración por antocianinas.

La emergencia de los estigmas va desde precoz hasta intermedia. Dichos estigmas se caracterizan por presentar coloración por antocianinas desde la base. El color del jilote más frecuente es verde claro. No muestran un desarrollo marcado de filodios y la coloración por antocianinas de las vainas es débil o ausente. La mayoría de las variedades presentaron espigas muy largas.

Las mazorcas normalmente se insertaron, en la mayoría de los casos, a una altura media del tallo y presentaron pedúnculos cortos. Mayormente se presentaron mazorcas de longitud media, delgadas y cilíndricas, con pocas o muy pocas hileras por mazorca y granos por hileras calificadas como medio. De los materiales, 73% presentaron granos dulces; color blanco cremoso, tanto en el dorso como en el exterior del endospermo; con hendiduras en la corona y dispuestos en hileras ligeramente en espiral; en tanto que el olote de la mazorca presentó glumas blancas, con coloración por antocianinas tenue o ausente.

**Razas de los maíces colectados.** El maíz colectado en El Puente presentó características de la raza tuxpeño, mientras que las colectas de Chilapa se ajustaron a las características del criollo nal-tel de altura; las colectas de Villa Tamulté, Palo Mulato, Poblado C-11 y el adquirido en una tienda agropecuaria se ajustaron mayormente a un patrón zapalote grande. El criollo colectado en Astapa presentó una amplia variabilidad en sus rasgos fenotípicos que no permitieron su identificación con respecto a un complejo racial. En ningún caso se identificaron CLT que se ajustaran completamente a sus correspondientes razas, lo que hace suponer una gran variabilidad y mezclas entre las razas presentes en el estado de Tabasco.

**Análisis de conglomerados o clúster de los indicadores.** En la figura 2 se observa que los rasgos morfológicos son muy semejantes entre los maíces nativos evaluados. Mediante el método de distancias máximas del análisis multivariado, se pudo observar que la CLT 9 de Astapa presentó una mayor diferencia con respecto al resto de las CLT; mientras que los materiales más semejantes fueron los 5 y 6 (Oxiacaque y Palo Mulato, respectivamente). Mediante el método de distancias mínimas se pudieron separar cuatro grupos. El primero, de maíces que presentan mayor semejanza en cuanto a sus rasgos morfológicos, integrado por los maíces colectados en El Puente, Tamulté de la Sabanas, Oxiacaque y Palo Mulato. En todos estos casos se puede señalar que, aunque no presentan características totalmente ajustadas a un material criollo específico, por sus rasgos morfológicos

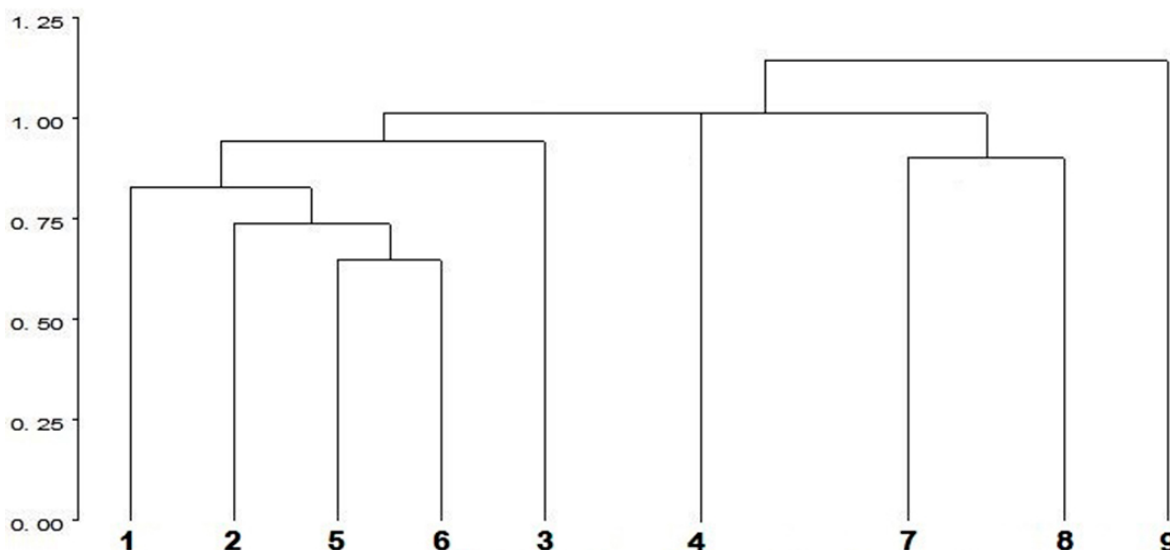


Figura 2. Dendrograma de distancias euclidianas para identificar semejanza entre las características morfológicas de diferentes materiales de maíz colectados en Tabasco. Los números en el eje "x" corresponden a cada uno de los materiales colectados.

se acercan más al perfil de los criollos zapalote grande y tuxpeño. Un segundo grupo lo constituyen las CLT 3 y 4 y corresponde a los materiales colectados en Chilapa Centla y La Piedra, los cuales presentan características mayormente de nal-tel de altura. Un tercer grupo reúne a las CLT 7 y 8, colectadas en el Poblado C-11 y una tienda de agroquímicos del municipio del Centro, respectivamente; este grupo reúne materiales muy semejantes en cuanto a sus rasgos morfológicos y su perfil racial, ya que corresponde a razas de maíces muy similares como son el zapalote grande para el caso de CLT 7 y el tuxpeño para la CLT 8. Finalmente, se identificó un cuarto grupo que sólo incluye el material colectado en Astapa. Debido a su gran variabilidad genética, no se pudo identificar a qué raza de maíz corresponde este material. Lo anterior probablemente esté relacionado con el hecho de que es producto de múltiples mezclas varietales generadas por cruzamiento libre en campo. Los complejos raciales identificados en este trabajo corresponden a lo publicado por otros autores (Gliessman, 2002; Mariaca, 1993, 1996; Reyes, 1990), quienes citan hasta nueve complejos, entre ellos olotillo, theua, tuxpeño, vandeño y zapalote grande.

## CONCLUSIONES

El mayor RFV se obtuvo en variedades de la raza nal-tel de altura. Sin embargo, dicho rendimiento no se explica en función de las variables cuantitativas seleccionadas (LMES, LMEI, AP, DE), por lo que en

trabajos futuros se sugiere explorar con otras variables, así como con una metodología más adecuada para estimar el RFV.

El mayor RG se registró en una colecta tipificada como raza zapalote grande. Dicho rendimiento se correlacionó principalmente con las variables AM y NGH.

Variedades de la raza nal-tel de altura registraron bajos RG, aunque por otra parte tuvieron altos RFV.

Materiales criollos que por su pobre RG han visto desalentar su cultivo podrían ser muy útiles por su RFV, necesario ante un escenario de escasez de pasturas en Tabasco durante la temporada de secas; adicionalmente podrían fomentar el rescate de algunos maíces criollos de bajo RG.



## LITERATURA CITADA

- Aragón, F., S. Taba, J. M. Hernández, D. Figueroa & V. Serrano. 2006. Actualización sobre maíces criollos de Oaxaca. Informe final del proyecto núm. CS002. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. SNIB-Conabio. México.
- Barrón-Freyre, S. 2008. Manual para la producción de maíz en Tabasco. Folleto para productores núm. 13. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. 36 pp.
- Benz, F. 1997. Diversidad y distribución prehispánica del maíz mexicano. *Arqueología Mexicana* 25: 16-23.
- Bolaños A., E. D. & J. C. Emile. 2011. Distancia entre surcos en el rendimiento y calidad de la materia seca de maíz y de sorgo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 2(3): 299-312.
- Carballo, C. A. y A. Benítez. 2003. Manual gráfico para la descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, México. 114 p.
- De la Cruz-Lázaro, E., S. A. Rodríguez-Herrera, M. A. Estrada-Botello, J. D. Mendoza-Palacios & N. P. Brito-Manzano. 2005. Análisis dialélico de líneas de maíz QPM para características forrajeras. *Universidad y Ciencia* 21(41): 19-26.
- Elizondo., J. & C. Boschini. 2002. Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. *Agronomía mesoamericana* 13(1): 13-17.
- Fuentes, J., A. Cruz, L. Castro, G. Gloria, S. Rodríguez, & B. Ortiz. 2001. Evaluación de variedades e híbridos de maíz (*Zea mays* L.) para ensilado. *Agronomía Mesoamericana* 12(2): 193-197.
- Gliessman, S. R. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Agruco-CATIE. Turrialba, Costa Rica. 359 pp.
- Goodman, M. M. & W. L. Brown. 1988. Races of corn. pp: 33-79. En: Sprague G. F. & J. W. Dudley (Eds.). *Corn and corn improvement*. American Society of Agronomy. 3a edición. Madison, Wisconsin.
- Herrera C., B. E., A. Macías-López, R. Díaz-Ruiz, M. Valadez-Ramírez & A. Delgado-Alvarado. 2002. Uso de semilla criolla y características de mazorca para la selección de semilla de maíz en México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25: 17-23.
- Isaac-Márquez, R., B. de Jong, S. Ochoa-Gaona, S. Hernández y M. D. Kantún. 2005. Estrategias productivas campesinas: Un análisis de los factores condicionantes del uso de suelo en el oriente de Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 21(42): 57-73.
- Kato, T. A., C. Mapes, L. M. Mera, J. A. Serratos & R. A. Bye. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. UNAM, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 116 p.
- Mariaca, M. R. 1993. Características tecnológicas del sistema marceño de cultivo de maíz en las tierras bajas de Tabasco, México. *Revista de Geografía Agrícola* 18: 69-76.
- Mariaca, M. R. 1996. El ciclo marceño en tierras bajas pantanosas de Tabasco producción tradicional de maíz altamente eficiente. *Agrociencia* 30: 279-286.
- Nadal, A. 2000. En el NAFTA: Variabilidad genética y liberalización comercial. *Biodiversidad* 24: 3-12.
- Núñez, G., E. F. Contreras y R. Faz. 2003. Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Técnica Pecuaria México* 41(1): 37-48.
- Paliwal, R. L. 2001. Origen, evolución y difusión del maíz. En: Paliwal R. L., G. Granados, H. R. Lafitte, A. D. Violic y J. P. Marathée (Eds.). *El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción*. FAO. Roma. En línea: <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s00.htm> (consulta: 16 de junio de 2011).
- Peñagaricano, J., W. Arias, N. Llana. 1986. Ensilaje: manejo y utilización de las reservas forrajeras. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 345 pp.
- Reyes, C.P. 1990. *El maíz y su cultivo*. AGT Editor S.A. D.F., México. 460 pp.
- Rincón, F., F. Castillo y N. A. Ruiz. 2010. Diversidad y distribución de los maíces nativos en Coahuila, México. *Sociedad Mexicana de Fitogenética*. Chapingo, México. 116 pp.
- Rodríguez-Pérez G., F. Zavala-García, C. Ojeda-Zacarias, A. Gutiérrez-Diez, J. E. Treviño-Ramírez & F. Rincón-Sánchez. 2012. Diversidad de maíces criollos de Nuevo León, México, mediante AFLP y caracteres morfológicos. *Agronomía mesoamericana* 23(1): 29-39.
- Ruiz-Álvarez, O., R. Arteaga-Ramírez, M. A. Vázquez-Peña, R. López-López y R. E. Ontiveros-Capurata. 2011. Requerimiento de riego y predicción del rendimiento en gramíneas forrajeras mediante un modelo de simulación en Tabasco, México. *Agrociencia* 45: 745-760.
- Sánchez-González, J. J. 2011. Diversidad del maíz y el teozintle. Informe preparado para el proyecto: "Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México". Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Manuscrito 2.
- Sánchez, J., M. Goodman & W. Stuber. 2000. Isozymatic diversity of the races of maize of the Americas. *Maydica* 45: 185-203.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2014. Producción anual. Cierre de la producción agrícola por cultivo. SIAP-SAGARPA. En línea: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> (consulta: 20 de marzo de 2014).
- West, R. C., N. P. Psuty y B. G. Thom. 1985. Las tierras bajas de Tabasco en el Sureste de México. Gobierno del Estado de Tabasco. Villahermosa, México. 409 pp.