

Características eloteras y de grano de variedades nativas de maíz de Chiapas*

Green ear and grain characteristics of native corn varieties from Chiapas

Bulmaro Coutiño Estrada^{1§}, Víctor Antonio Vidal Martínez², Carolina Cruz Vázquez³ y Manuel Gómez González³

¹Campo Experimental Centro de Chiapas-INIFAP. Carretera Ocozocoautla-Cintalapa, km 3. Ocozocoautla, Chiapas. C. P. 29140. Tel: 01 968 688-2916 Ext. 107. ²Campo Experimental Santiago Ixquintla-INIFAP. Nayarit, km 46 carretera Intnal. Nogales-Santiago Ixquintla. C. P. Tel: 01 323 235-4527 Ext 3. (vidalvictorantonio@inifap.gob.mx). ³Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agronómicas. Carretera Ocozocoautla-Villaflores, km 80. Villaflores, Chiapas. Tel: 965 655-3272. (carol_1632@hotmail.com; mgomez@hotmail.com). [§]Autor para correspondencia: coutino.bulmaro@inifap.gob.mx.

Resumen

Se estima que $\frac{3}{4}$ partes de la superficie cultivada con maízen Chiapas es de variedades criollas o nativas y de generaciones avanzadas de variedades mejoradas. Doce variedades nativas de maíz de diferente color de grano (blanco, amarillo, rojo y negro) proporcionadas por agricultores de autoconsumo de la región cálida del estado de Chiapas, México, más dos testigos comerciales, fueron evaluadas en 2009 en dos localidades con el objetivo de conocer algunas características como floración femenina, altura, diámetro, longitud y contenido de sólidos solubles en el elote y rendimiento de grano. Las características eloteras y el rendimiento de grano fueron estadísticamente superiores en Ocozocoautla, excepto en el contenido de sólidos solubles, el cual fue mayor en Villafloros; también fueron significativamente diferentes entre las variedades, excepto el contenido de sólidos solubles; en general, las plantas de las variedades criollas fueron más tardías, más altas y tuvieron elotes más largos y más gruesos que los híbridos; las variedades de diferente color de grano tuvieron elotes con igual contenido de sólidos solubles y en rendimiento de grano, el híbrido testigo superó significativamente a las variedades nativas.

Palabras clave: *Zea mays* L., elotes, maíz, sólidos solubles, variedades nativas.

Abstract

It is estimated that three quarters of the cultivated area with corn in Chiapas are landrace or native varieties and advanced generations of improved varieties. Twelve native corn varieties of different grain color (white, yellow, red and black) provided by subsistence farmers from the warm region of Chiapas, Mexico, plus two commercial checks were evaluated in 2009 at two locations in order to know some characteristics like silking, height, diameter, length and content of soluble solids in cob and grain yield. Green ear characteristics and grain yield were statistically higher in Ocozocoautla, except soluble solids content, which was higher in Villafloros; were also significantly different between varieties, except content of soluble solids; overall, plants from landraces were more late, taller and had longer and thicker cobs than hybrids; varieties from different grain color had corn with equal soluble solids content and grain yield, the hybrid check significantly outperformed native varieties.

Keywords: *Zea mays* L., cobs, corn, native varieties, soluble solids.

* Recibido: noviembre de 2014
Aceptado: abril de 2015

Introducción

El Centro y Sureste de México se les conoce como centro de origen del maíz (*Zea mays L.*), en donde se cultiva una gran diversidad de variedades nativas; durante su domesticación, los agricultores han seleccionado, según sus preferencias de sabor y apariencia, una amplia diversidad de variedades de una pluralidad de colores de grano: blancos, amarillos, rojos, rosas, anaranjados, negros, azules, morados, multipigmentados, variegados, etc., así como granos de textura dentada, semidentada a harinosa o blanda, usados en cada región como alimentos tradicionales y en eventos especiales, en una gran variedad de platillos y usos especializados como: tortillas, pozol, pinole, tamales, tostadas, pozole, tejuino, piznate, atole, marquesote, obtención de pigmentos, azúcares, totomoxtle, etc. (Ortega *et al.*, 1991; Herrera *et al.*, 2004; Vidal *et al.*, 2008; Espinosa *et al.*, 2010).

Quienes más han practicado esta domesticación han sido los agricultores de subsistencia, quienes invierten poco dinero en el cultivo y buscan en el maíz que van a utilizar: tolerancia a la sequía, resistencia a insectos, su capacidad para ser almacenadas, el peso del grano y el sabor que dan a las tortillas (Bellon *et al.*, 2005), lo que les confiere buena adaptación a suelos pobres y condiciones climáticas extremas (Perales *et al.*, 2003). Otros autores aseguran que las variedades criollas de maíz requieren menos agroquímicos a diferencia de las semillas mejoradas e hibridas, situación que prevalece entre los productores de regiones indígenas (Soleri *et al.*, 2006). En algunas regiones del país, las variedades criollas de color amarillo, rojo, azul, rosado, pinto, junto con el maíz cacahuacintle, tienen un sobreprecio en el mercado (Martínez, 2008). Los maíces criollos de las razas Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, y otros del estado de Hidalgo presentan una variedad de colores negros, rojos, amarillos, anaranjados pintos y blancos, de tamaños grande, mediano y pequeño y de texturas muy suave, suave, intermedio y duro (Vázquez *et al.*, 2010).

El elote es una hortaliza importante en México, pues en los últimos cuatro años se han cosechado un promedio de 56 748 ha en 23 estados del país, en las cuales se han producido 627 512 t, principalmente bajo riego (82%), con un rendimiento promedio de 11.1tha⁻¹ (SAGARPA, 2011), después del corte de elotes, los agricultores utilizan o comercializan la planta en verde para alimentación del ganado (Vega *et al.*, 1998a) y realizan otra siembra para elote o grano. Aunque no hay estadísticas de la superficie cultivada en Chiapas para la producción de elote, este se produce todo el año, tanto en

Introduction

Central and Southern Mexico are known as the center of origin of maize (*Zea mays L.*), where a diversity of native varieties are grown; during domestication, farmers have selected according to their taste and appearance preferences, a wide diversity of varieties of a plurality of grain colors: white, yellow, red, pink, orange, black, blue, purple, multi-pigmented, variegated, etc. and toothed grain texture, semi-toothed to floury or soft, used in each region as traditional food and in special events, in a great variety of dishes and specialized uses such as tortillas, pozol, cornmeal, tamales, tostadas, pozole, tejuino, piznate, atole, marquesote, pigments, sugars, totomoxtle, etc. (Ortega *et al.*, 1991; Herrera *et al.*, 2004; Vidal *et al.*, 2008; Espinosa *et al.*, 2010).

Those who have practiced this domestication have been subsistence farmers who invest little money in growing and search in corn that will use: drought tolerance, insect resistance, their ability to be stored, grain weight and flavor in tortillas (Bellon *et al.*, 2005), which gives them good adaptation to poor soils and extreme climate conditions (Perales *et al.*, 2003). Other authors say that landrace maize require less agrochemicals unlike improved and hybrid seeds, situation that prevails among producers of indigenous regions (Soleri *et al.*, 2006). In some regions of the country, yellow, red, blue, pink, pinto, landraces along with corn cacahuacintle have a premium in the market (Martinez, 2008). Landraces from Elotes Conicos, Elotes Occidentales and others from Hidalgo state have a variety of black, red, yellow, orange pinto and white, large, medium and small size and very soft, soft, intermediate and hard texture (Vázquez *et al.*, 2010).

Corn is an important vegetable in Mexico, since in the past four years have been harvested an average of 56 748 ha in 23 states in which there have been produced 627 512 tons, mainly under irrigation (82%), with an average yield of 11.1 tha⁻¹ (SAGARPA, 2011), after cutting cobs, farmers use or commercialize green plant for livestock feeding (Vega *et al.*, 1998a) and perform another planting for corn or grain. Although there are no statistics on cultivated area in Chiapas for corn production, this is produced all year, both under rainfed and irrigation, since it is grown on river banks, in the units and irrigation districts in land that count with wells to irrigate and planting with residual moisture (tonalmil).

temporal como en riego, pues se cultiva en las riberas de los ríos, en las unidades y distritos de riego, en terrenos que cuentan con pozos para dar riegos de auxilio y en siembras de humedad residual (tonalmil).

Encuestas preliminares realizadas a 10 productores de elote de dos ejidos de Villaflores, Chiapas, señalaron que se cultivan diferentes híbridos comerciales, como Tornado, Nutria, Pantera, los cuales producen elotes grandes. Adicionalmente cultivan variedades criollas como el Híbrido Amarillo, que da elotes más largos y dulces. Siembran principalmente en la época seca del año, bajo riego, cuando el precio del elote es mayor, obteniendo de 200 a 250 costales (con 100 a 140 elotes), los cuales venden a \$100 o \$120 por costal; después del corte de elotes, también venden el forraje verde con los ganaderos, por pastoreo ($\$1\ 000\ ha^{-1}$), por volumen ($\$1\ 200\ ha^{-1}$) o molido ($\$5\ 250\ ha^{-1}$), lo que hace más redituable la producción de elotes que la producción de grano, sobre todo, en ésta época del año.

Durante los años 2009 y 2010 se realizaron colectas de variedades criollas de maíz en el estado de Chiapas con productores de autoconsumo y en 700 variedades colectadas se encontró una gran diversidad de razas (18) y colores (8) de grano. Opiniones populares de productores y amas de casa manifestaron que las variedades de grano negro, rojo y amarillo producen elotes de mejor sabor y dulzura que los blancos. El objetivo del presente fue la caracterización morfológica y química para determinar las propiedades eloteras y de grano de doce de estas variedades criollas de diferente color de grano.

Materiales y métodos

Durante el ciclo agrícola primavera-verano de 2009 y bajo condiciones de temporal, se evaluaron tres variedades criollas de grano blanco, tres amarillas, tres rojas y tres negras, más dos testigos cultivados como eloteros: un híbrido blanco y una variedad criolla denominada híbrido amarillo. La semilla utilizada fue de variedades criollas proporcionadas por agricultores de las regiones Frailesca, Centro y Palenque, de las cuales se tenía disponibilidad al inicio del estudio (Cuadro 1); las 14 variedades se sembraron en dos localidades durante la última semana de junio. Se utilizó el diseño experimental bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, en parcelas de dos surcos de cinco m de longitud, con 11 matas de dos plantas cada 50 cm, dando una densidad de población de 50 mil plantas por hectárea. Una localidad fue el campo experimental de la Facultad de

Preliminary surveys made to 10 corn producers from two suburbs of Villaflores, Chiapas, noted that different commercial hybrids like Tornado, Nutria, Pantera, which produce large cobs are grown; additionally grow landraces such as Hybrid Amarillo, giving longer and sweet cobs. Planting in the dry season, under irrigation, when corn price is higher, obtaining 200-250 sacks (with 100-140 cobs), which are sold for \$ 100 or \$120 per sack; after cutting, also sell green forage to farmers, for grazing ($\$1\ 000\ ha^{-1}$), volume ($\$1\ 200\ ha^{-1}$) or ground ($\$5\ 250\ ha^{-1}$), making more profitable corn production than grain production, especially at this time of year.

During 2009 and 2010 maize collections of landraces were collected in Chiapas with subsistence farmers and collected 700 varieties finding a wide variety of races (18) and grain color (8). Popular reviews from producers and housewives showed that varieties of black, red and yellow grain produce corns with better flavor and sweeter than whites. The aim of this work was the chemical and morphological characterization to determine green ear and grain properties from twelve of these landraces with different grain color.

Material and methods

During the agricultural cycle spring-summer 2009 and under rainfed conditions, three native varieties of white grain, three yellow, three red and three black plus two checks grown as green ear: a white hybrid and a native called yellow hybrid. The seed used were native varieties provided by farmers from Frailesca, Centro and Palenque regions, of which there was availability at the beginning of the study (Table 1); 14 varieties were planted in two locations during the last week of June. The experimental design was randomized complete block with four replications in two row plots five meters long, with 11 plants with two plants every 50 cm, giving a population density of 50,000 plants per hectare. A location was the experimental field from the Faculty of Agricultural Sciences of the Universidad Autónoma of Chiapas, in the municipality of Villaflores, at $15^{\circ}\ 14'$ north latitude and $93^{\circ}\ 16'$ west longitude and altitude of 610 m. The other location was the experimental field Centro of Chiapas from the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP), in the municipality of Ocozocoautla, $16^{\circ}\ 45'$ north latitude and $93^{\circ}\ 22'$ west longitude at an altitude of 800 m.

Ciencias Agronómicas de Universidad Autónoma de Chiapas, en el municipio de Villaflores, a $15^{\circ} 14'$ de latitud norte y $93^{\circ} 16'$ de longitud oeste y altitud de 610 m. La otra fue el campo experimental Centro de Chiapas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en el municipio de Ocozocoautla, a $16^{\circ} 45'$ latitud norte y $93^{\circ} 22'$ longitud oeste, a una altitud de 800 m.

Crop management given to crops in both environments was the same, except for fertilization which was different recommended by INIFAP, which consisted in to fertilize the soil with doses 150N-60P-0K in Villaflores and 120N-40P-0K in Ocozocoautla; the first application was made two weeks after planting with half the nitrogen (urea) and all phosphorus (diammonium phosphate) and the other

Cuadro 1. Variedades criollas de maíz utilizadas y localidades donde fueron colectadas.

Table 1. Native varieties used and localities where they were collected.

Núm.	Nombre común	Color de grano	Localidad, municipio	Latitud norte	Latitud oeste	Altitud m
1	Jarocho	Blanco	Benito Juárez, La Concordia	$16^{\circ} 26'$	$92^{\circ} 50'$	575
2	Sac waj ¹	Blanco	Tronconada, Salto de Agua	$17^{\circ} 19'$	$92^{\circ} 04'$	105
3	Rápido	Blanco	La Concordia, La Concordia	$16^{\circ} 70'$	$92^{\circ} 40'$	549
4	Tornado (T)	Blanco	Ocozocoautla, Ocozocoautla	$16^{\circ} 28'$	$93^{\circ} 46'$	810
5	Criollo	Amarillo	La Concordia, La Concordia	$16^{\circ} 71'$	$92^{\circ} 41'$	552
6	Olotillo	Amarillo	El Diamante, La Concordia	$16^{\circ} 68'$	$92^{\circ} 52'$	582
7	Híbrido (T)	Amarillo	La Esperanza, Villaflores	$16^{\circ} 30'$	$93^{\circ} 09'$	914
8	Campeón	Amarillo	El Parral, Villacorzo	$16^{\circ} 21'$	$93^{\circ} 01'$	654
9	Paloma	Rojo	El Espinal, Ocozocoautla	$16^{\circ} 45'$	$93^{\circ} 22'$	867
10	Morado	Rojo	Los Ángeles, Ángel Albino Corzo	$15^{\circ} 52'$	$92^{\circ} 43'$	617
11	Campeón	Rojo	El Parral, Villacorzo	$16^{\circ} 21'$	$93^{\circ} 07'$	662
12	Negro	Negro	Nuevo Vicente Gro., Villacorzo	$16^{\circ} 24'$	$92^{\circ} 58'$	609
13	Negrito	Negro	El Parral, Villacorzo	$16^{\circ} 21'$	$93^{\circ} 01'$	654
14	Chac chab ²	Negro	Vicente Gro., Salto de Agua	$17^{\circ} 19'$	$92^{\circ} 05'$	120

¹Sac waj=tortilla blanca (en lenguaje Tzotzil); ²Chac chab= Maíz negro (en lenguaje Chol) T= testigo comercial.

El manejo que se le dio al cultivo en ambos ambientes fue el mismo, excepto por la fertilización diferente recomendada por el INIFAP, la cual consistió en fertilizar el suelo (en forma mateada) con las dosis 150N-60P-0K en Villaflores y 120N-40P-0K en Ocozocoautla; la primera aplicación se hizo dos semanas posteriores a la siembra con la mitad del nitrógeno (urea) y todo el fósforo (fósforo diamónico) y la otra mitad de nitrógeno se aplicó a los 30 d de la siembra. Durante el periodo reproductivo, se tomaron los días a floración femenina y se midió la altura de inserción del elote y cuando las plantas llegaron a la etapa de elote lechoso se hizo el primer corte (a 85 d) y el segundo corte a 90 d después de la siembra.

Del primer surco se cortó a ras del suelo y al azar, cuatro plantas con competencia completa para obtener el peso total de materia verde y el peso de elotes, posteriormente, los elotes se les midió el diámetro central con un vernier y la longitud con una cinta métrica, después, se deshojaron y sus

half of nitrogen was applied 30 days after planting. During the reproductive period, recording days to silking and the height of insertion of the cob was measured and when the plants reached the stage of milky corn the first cut (at 85 d) was made and the second cut was made at 90 d after planting.

From the first furrow was cut at ground level and at random, four plants with full competence to obtain total weight of green matter and cob weight, then the diameter was measured to the with a vernier and length with a tape, then, defoliated and grains were macerated to obtain an extract (Figure 1), of which several drops were placed on a digital refractometer Atago Pal-1® (Tokyo, Japan) to determine the average amount of soluble solids present in °Brix (taking three readings from each ear); these solids are composed by sugars, acids, salts and other water soluble. Finally, in November, when the plants from the second furrow reached physiological maturity, ears were harvested to estimate grain yield in t ha⁻¹, adjusted to

granos fueron macerados para obtener un extracto (Figura 1), del cual se colocaron varias gotas en un refractómetro digital Atago Pal-1® (Tokio, Japón) para determinar la cantidad promedio de sólidos solubles presentes en °Brix (tomando tres lecturas de cada elote); dichos sólidos están compuestos por azúcares, ácidos, sales y otros solubles en agua. Finalmente, en noviembre, cuando las plantas del segundo surco llegaron a su madurez fisiológica, se cosecharon las mazorcas para estimar el rendimiento de grano en $t\ ha^{-1}$, ajustado a 14% de humedad. Se realizó un análisis de varianza combinado de las variables mencionadas por medio del procedimiento GLM del SAS (Versión 9.0) y para la prueba de medias se usó la DMS al 0.05 de error.

Resultados y discusión

En el análisis de varianza combinado se obtuvieron coeficientes de variación muy confiables entre 2 y 10%, excepto para el rendimiento de grano que fue de 22%, el cual fue bastante influenciado por las condiciones irregulares de precipitación pluvial que se presentaron en 2009. Entre localidades se encontraron diferencias significativas ($p < 0.01$) para las variables diámetro, longitud y contenido de sólidos solubles de los elotes y rendimiento de grano. Entre variedades, todas las variables fueron estadísticamente significativas, excepto contenido de sólidos solubles, lo cual indica que existe considerable variabilidad entre ambos ambientes de prueba y entre este grupo de variedades. La interacción localidades x variedades solo fue significativa para el rendimiento de grano (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables de elote y grano.

Table 2. Mean squares and statistical significance of cob and grain variables.

Fuente de variación	Grados de libertad	Floración femenina (d)	Altura de elote (m)	Diámetro de elote (cm)	Longitud de elote (cm)	Contenido de sólidos °Brix	Rend. de grano ($t\ ha^{-1}$)
Localidades	1			2.20**	20.91**	25.70**	33.19**
Rep (loc)	6	11.25 **	253.07	1.09**	1.49	0.66	1.42
Variedades	13	52.02**	1446.60**	0.708**	11.48**	1.09	12.24**
Loc x var	13			0.178	3.09	1.17	3.37**
Error	78	2.53	100.4	0.179	1.65	0.74	1.218
CV (%)		2.4	7.4	7.3	8.1	10.2	22.5

**diferencias altamente significativas ($p < 0.01$). Nota: días floración femenina y altura de elote son datos de una sola localidad.

14% moisture. Combined analysis of variance of the variables mentioned by the GLM procedure from SAS (version 9.0) was performed and for mean test DMS error 0.05.



Figura 1. a) Corte de plantas; b) obtención del peso de elotes; c) longitud; d) diámetro; e) macerado de granos; y f) depósito de las gotas del extracto, y lectura del contenido de sólidos solubles en el refractómetro digital.

Figure 1. a) Plant cuts; b) obtaining corn weight; c) length; d) diameter; e) grain maceration; and f) depositing drops of extract and content reading of soluble solids in the digital refractometer.

Results and discussion

In the combined analysis of variance, very reliable coefficients of variation between 2 and 10% were obtained, except for grain yield that was 22%, which was heavily

Las condiciones ambientales de 2009 influyeron en el desarrollo y producción de las plantas, ya que los elotes fueron estadísticamente más gruesos (5.9 cm) y más largos (16.2 cm) y de mayor rendimiento de grano (5.437 t ha^{-1}) en Ocozocoautla. En contenido de sólidos solubles, los elotes tuvieron valores mayores en Villaflor (8.8 °Brix), coincidiendo con los resultados obtenidos en estas mismas localidades por Coutiño *et al.* (2010a) en evaluaciones realizadas en 2007, con diferentes variedades.

influenced by irregular rainfall conditions that were present in 2009. Between localities significant differences ($p < 0.01$) were found for the variables diameter, length and soluble solids content of corn and grain yield. Among varieties, all variables were statistically significant, except in soluble solids content which indicates that there is a considerable variability between both environments and among this group of varieties. The interaction locations x varieties was only significant for grain yield (Table 2).

Cuadro 3. Medias de las variables de elote y grano en Ocozocoautla y Villaflor, Chiapas. 2009.

Table 3. Means of corn and grain variables in Ocozocoautla and Villaflor, Chiapas 2009.

Núm.	Nombre común	Color de grano	Floración femenina (d)	Altura de elote (m)	Diámetro de elote (cm)	Longitud de elote (cm)	Contenido de sólidos (°Brix)	Rend. de grano (t ha^{-1})
1	Jarocho	Blanco	64 ghi	125 efg	5.7 bcd	15.2 cde	8.6	5.728 bc
2	Sac waj	Blanco	73 a	146 cd	6.4 a	18.8 a	7.5	2.97 h
3	Rápido	Blanco	64 ghi	113 hi	6.4 a	15.7 cd	8.4	6.390 b
4	Tornado ¹	Blanco	62 hi	102 i	5.8 bc	15.9 cd	8.9	7.492 a
5	Criollo	Amarillo	63 hi	118 gh	5.8 bcd	15.3 cd	8.6	4.573 def
6	Olotillo	Amarillo	64 fgh	131 efg	5.8 bcd	15.3 cd	8.6	5.517 bcd
7	Campeón	Amarillo	62 i	120 fgh	5.6 bcd	14.7 ed	8.4	4.159 fg
8	Híbrido ¹	Amarillo	72 ab	164 ab	5.6 bcd	17.6 ab	8.4	3.872 fgh
9	Morado	Rojo	65 fgh	134 def	5.7 bcd	14.0 e	8.7	5.417 bcde
10	Campeón	Rojo	69 cd	152 bc	5.6 bcd	16.4 bc	8.3	4.424 def
11	Paloma	Rojo	66 ef	135 de	5.9 b	16.2 c	8.8	5.686 bc
12	Negro	Negro	66 efg	135 de	5.5 cd	15.7 cd	8.3	4.757 cdef
13	Negrito	Negro	70 bc	170 a	5.3 d	15.8 cd	8.1	4.344 ef
14	Chac chab	Negro	68 de	146 cd	5.8 bcd	14.9 ed	7.9	3.164 gh
	DMS _{0.05}		2.2	14.3	0.421	0.484		1.098

¹testigos comerciales blanco y amarillo. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

Las variedades estadísticamente más tardías fueron Sac waj blanco y el testigo Híbrido amarillo con 73 y 72 días a floración femenina, respectivamente, en contraste, las más tempranas fueron el testigo Tornado blanco y Campeón amarillo que florecieron a las 62 d; siete variedades de grano blanco y amarillo fueron iguales de tempranas que Tornado, lo cual indica que hay variedades criollas que igualan el ciclo vegetativo de los dos testigos eloteros. Las plantas estadísticamente más altas fueron las del Negrito y del Híbrido amarillo con alturas de elote de 170 y 164 cm, mientras que las menos altas fueron las del Tornado (102 cm) y del Rápido (113 cm), cuya altura es ideal para desgajar o cortar el elote. Los elotes estadísticamente más gruesos (6.4 cm) fueron producidos por las variedades Sac waj (Figura 2) y Rápido y

The environmental conditions in 2009 influenced in the development and production of plants since cobs were statistically thicker (5.9 cm) and longer (16.2 cm) and higher grain yield (5.437 t ha^{-1}) in Ocozocoautla. In soluble solids content, cobs had higher values in Villaflor (8.8 °Brix), coinciding with the results obtained in these same locations by Coutiño *et al.* (2010a) in evaluations performed in 2007, with different varieties.

Statistically late varieties were Sac waj white and hybrid yellow check with 73 and 72 days to silking, respectively, in contrast, the earliest were Tornado blanco and Campeon amarillo flowered at 62 d; seven varieties of white and yellow grain were early as Tornado, indicating that there are native

los más largos (18.8 y 17.6 cm) fueron los de las variedades Sac waj e Híbrido amarillo, superando a los elotes del testigo Tornado (15.9 cm); estos dos últimos caracteres son los que más buscan los compradores de elotes, no tanto por su dulzura, por ello, esta variedad criolla llamada "híbrido amarillo" es cultivada por productores de elote de Villaflores.

El contenido de sólidos solubles de los elotes de las variedades fue estadísticamente igual, con valores entre 7.5 a 8.9 °Brix; promediando los colores de grano, las de grano rojo y amarillo tuvieron valores de 8.5 mientras que los negros y blancos de 8.3 °Brix, los cuales son bajos en comparación con los obtenidos por otras variedades criollas de Chiapas evaluadas anteriormente, como la Campechano que produjo elotes con 15.2 °Brix en Villaflores (Coutiño *et al.*, 2010b) y la Amarillo bolita con 13.8 °Brix en Teopisca (1 760 m de altitud), Chiapas. (Coutiño-Estrada *et al.*, 2010a), mientras que los híbridos de maíz dulce, que tienen el gene "sugary-2" responsable de la síntesis del contenido de azúcar, poseen valores que fluctúan entre 15 y 19 °Brix y son muy apreciados por su calidad elotera en uniformidad y sanidad, longitud, número de elotes comerciales, color del grano, entre otros (Brizuela, 2001; Vega *et al.*, 1998a), características que han sido discutidas y consideradas como importantes en el maíz elotero (Vega *et al.*, 1998b).

En contraste con los resultados obtenidos con este grupo de variedades nativas, en muchas regiones del país los elotes de maíces criollos de color poseen características sensoriales más atractivas que los elotes de variedades mejoradas, debido a su mayor dulzor, mejor textura y mejores tortillas (Guemes-Vera *et al.*, 2004; Valdivia *et al.*, 2010), o bien, son de buena calidad proteínica como los maíces de grano azul (Vidal *et al.*, 2008).

En rendimiento de grano, el híbrido comercial Tornado fue estadísticamente superior a todas las variedades criollas (7.492 t ha^{-1}), lo cual era de esperarse debido a su mayor potencial genético, y también fue la mejor interacción con el ambiente de Villaflores, en donde produjo 8.240 t ha^{-1} . Dentro de las variedades criollas, sobresalieron Rápido y Jarocho de grano blanco, así como Paloma (rojo) y Olotillo (amarillo), con rendimientos aceptables de 6.390 a 5.517 t ha^{-1} . No obstante, el elevado precio de la semilla híbrida (\$ 1800 la bolsa de sesenta mil semillas) limita su adopción por parte de los productores de autoconsumo, razón por la cual ellos seguirán sembrando las variedades criollas y seleccionando su propia semilla, de acuerdo a sus preferencias y usos. Actualmente, tanto los elotes como las tortillas de colores

varieties that match the vegetative cycle of the two green ear checks. Statistically higher plants were Negrito and hybrid yellow with cob heights of 170 and 164 cm, while less high were Tornado (102 cm) and Rapido (113 cm), whose height is ideal for cob detachment or cut. Statistically thicker cobs (6.4 cm) were produced by Sac waj varieties (Figure 2) and Rapido and the longest (18.8 and 17.6 cm) were Sac waj and Hybrid yellow varieties, excelling the check Tornado (15.9 cm); these last two features are most wanted by corn buyers, not so much for its sweetness, therefore, this native variety called "hybrid yellow" is grown by corn producers of Villaflores.



Figura 2. Fenotipo de mazorcas colectadas de las variedades criollas: a) "Sac waj blanco"; b) "Olotillo amarillo"; c) "Campeón rojo"; y d) "Negrito", semilla utilizada en este estudio.

Figure 2. Cob phenotype from landraces collected: a) "Sac waj white"; b) "Olotillo yellow"; c) "Campeon Rojo"; d) "Negrito" seed used in this study.

The soluble solids content of corn varieties were statistically similar, with values between 7.5 to 8.9 °Brix; averaging grain colors, red and yellow grain had values of 8.5 while black and white 8.3 °Brix, which are low compared with those obtained by other native varieties from Chiapas tested before, such as Campechano producing cobs with 15.2 °Brix in Villaflores (Coutiño *et al.*, 2010b) and Amarillo bolita with 13.8 °Brix in Teopisca (1 760 m), Chiapas. (Coutiño-Estrada *et al.*, 2010a), while sweet corn hybrids, which have "sugary-2" gene responsible for the synthesis of sugar content, have values ranging between 15 and 19 °Brix and are very appreciated for their green ear quality in uniformity and health, length, number of commercial corn, grain color, among others (Brizuela, 2001; Vega *et al.*, 1998b).

están siendo más demandados por los consumidores y el sector turista de las grandes ciudades, por lo que no se descarta la opción de mejorar sus caracteres agronómicos para dar un valor agregado al grano y a los productos alimenticios elaborados con ellos, lo cual beneficiaría a los productores de estas variedades.

Para incrementar el comportamiento agronómico y la calidad del maíz elotero dulce se puede usar germoplasma tropical (Rubino y Davis, 1990) y considerar otras estrategias para el mejoramiento, tales como ampliar la base genética y definir grupos heteróticos (Tracy, 1990), así como aprovechar los efectos aditivos significativos del contenido de sólidos solubles (calidad elotera) que se han encontrado en algunas variedades criollas (Valdivia *et al.*, 2010; Coutiño *et al.*, 2010b), las cuales se pueden utilizar en métodos de mejoramiento genético para desarrollar variedades eloteras de polinización libre.

Conclusiones

Las plantas de las variedades criollas fueron más tardías y más altas que las del testigo Tornado, pero iguales a las del testigo Híbrido amarillo. Los elotes producidos por todos los genotipos tuvieron contenidos de sólidos solubles estadísticamente iguales, sin importar el color del grano. Los elotes de la variedad Sac Waj, que fue la más tardía, registraron el mayor diámetro y longitud, superando a los de Tornado e igualando la longitud de los elotes del testigo Híbrido amarillo, características que son determinantes para fijar un mejor precio de los elotes. En rendimiento de grano, el Tornado fue superior a todas las variedades criollas y dentro de éstas, sobresalieron Rápido, Jarocho, Paloma y Olotillo.

Agradecimientos

Los autores(a) expresan su agradecimiento a la Fundación Produce Chiapas, A. C., por su apoyo económico al proyecto de investigación “obtención de variedades eloteras de maíz”, así como a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), por su apoyo económico al proyecto “conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México. Segunda etapa.”

al., 1998a), characteristics that have been discussed and considered as important in green ear corn (Vega *et al.*, 1998b).

In contrast to the results obtained with this group of native varieties in many regions of the country native corn of color have more attractive sensorial characteristics than corn from improved varieties, due to its higher sweetness, better texture and better tortillas (Guemes-Vera *et al.*, 2004; Valdivia *et al.*, 2010) or are of good protein quality as blue maize varieties (Vidal *et al.*, 2008).

In grain yield, the commercial hybrid Tornado was statistically superior to all native varieties (7.492 t ha^{-1}), which was expected due to its higher genetic potential, and it was also the best interaction with the environment from Villaflores, yielding 8.240 t ha^{-1} . Within native varieties excelled Rapido and Jarocho of white grain and Paloma (red) and Olotillo (yellow) with yields of $6.390-5.517 \text{ t ha}^{-1}$. However, the high price of hybrid seed (\$ 1 800 a bag with sixty thousand seeds) limits its adoption by subsistence farmers, which is why they will continue planting native varieties and selecting their own seed, according to their preferences and uses. Currently, both the cob and color tortillas are being demanded by consumers and from the tourist industry of big cities, so it is not discarded the option to improve their agronomic traits to give added value to the grain and food products elaborated with them, which would benefit the producers of these varieties.

To increase the agronomic behavior and quality of sweet corn can be used tropical germplasm (Rubino and Davis, 1990) and consider other strategies for improvement, such as broadening the genetic base and define heterotic groups (Tracy, 1990) thus take advantage on significant additive effects of soluble solids content (green ear quality) that have been found in some native varieties (Valdivia *et al.*, 2010; Coutiño *et al.*, 2010b), which can be used in breeding methods to develop green ear open-pollinated varieties.

Conclusions

Plants from native varieties were late and higher than Tornado check, but equal to Yellow Hybrid check. The cobs produced by all genotypes were statistically equal for soluble solids content, regardless of grain color. The corn variety

Literatura citada

- Bellon, M.; Adato, M.; Becerril, J. and Mindek, D. 2005. Poor farmers perceived benefits from different types of maize germplasm: the case of creolization in lowland tropical Mexico. *World Development*. 1-17 pp.
- Brizuela, B. L. 2001. Evaluación de híbridos triples y simples de maíz dulce para elote. In: informe técnico 2001. Programa de Semillas. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. Honduras, C. A. 4-10 pp.
- Coutiño, E. B.; Vidal, M. V. A. y Sánchez, G. G. 2010a. Selección de maíces criollos con calidad elotera bajo condiciones de riego y temporal en Chiapas. In: Nájera-Rincón, M. B. y Ramírez, M. C. A. (Eds.). Mejoramiento, conservación y uso de los maíces criollos. Publicación Especial. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Michoacán. 190-102 pp.
- Coutiño, E. B.; Vidal, M. V. A.; Cruz, G. B. y Cruz, V. C. 2010b. Aptitud combinatoria general y específica del contenido de azúcares en maíces criollos eloteros. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(3):57-61.
- Espinosa, T. E.; Mendoza, C. M. C.; Castillo, G. F.; Ortiz, C. J.† y Delgado, A. A. 2010. Aptitud combinatoria del rendimiento de antocianinas y de características agronómicas en poblaciones nativas de maíz pigmentado. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(1):11-19.
- Guemes-Vera, N. A.; Hernández-Fuentes, D.; Reyes-Santamaría, M. I.; Aquino-Bolaños, E. N.; Espindola, M. E.; Dávila-Ortiz, G. y Mercado-Silva, E. 2004. Caracterización física, química y estructural de 3 variedades de elotes de color de la región del Valle de Tulancingo, Hidalgo. In: Memorias VII Congreso Nacional de la Ciencia de los Alimentos y III Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Guanajuato, Guanajuato. 120-126 pp.
- Herrera, C. B. H.; Castillo, G. F.; Sánchez, G. J. J.; Hernández, C. J. M.; Ortega, P. R. y Goodman, M. M. 2004. Diversidad del maíz Chalqueño. *Agrociencia*. 38(2):191-206.
- Martínez, G. A. 2008. Información biológica-agronómica básica sobre los maíces nativos y sus parientes silvestres. In: Islas, C. I.; Salas, C. I. y Caballero, C. M. A. (Eds.). Agrobiodiversidad en México: el caso del maíz. Dirección de Economía Ambiental, INE. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO. Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, SAGARPA. 17-49 pp.
- Ortega, R. A.; Sánchez, J.; Castillo, G. F. y Hernández, J. M. 1991. Estado actual sobre los maíces nativos de México. In: avances en el estudio de los recursos filogenéticos de México. SOMEFI Chapino, Estado de México. 161-196 pp.
- Waj Sac, which was late, recorded the largest diameter and length, excelling Tornado and matching length of the hybrid yellow check, characteristics that are crucial to set a better price of cobs. In grain yield, Tornado was superior to all native varieties and among them, stood Rapido, Jarocho, Paloma and Olotillo.
- End of the English version*
-
- Perales, R. H.; Brush, S. B. and Qualset, C. O. 2003. Landraces of maize in Central Mexico: an altitudinal transect. *Econ. Bot.* 57:7-20.
- Rubino, D. B. and Davis, D. W. 1990. Response of a sweet tropical maize composite to mass selection for temperature zone adaptation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115(5):848-853.
- SAGARPA(Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2011. Anuario estadístico de la producción agrícola. Producción de elotes 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México, D. F. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ventana.php?idLiga=1042&tipo=1>.
- Soleri, D.; Cleveland, D. and Aragón, C. F. 2006. Transgenic crops and crop varietal diversity: the case of maize in Mexico. *BioSci.* 56(6):503-513.
- Tracy, W. F. 1990. Potential of field corn germplasm for the improvement of sweet corn. *Crop Sci.* 30:1041-1045.
- Valdivia-Bernal, R.; Caro-Velarde, F. J.; Medina-Torres, R.; Ortiz-Catón, M.; Espinosa-Calderón, A.; Vidal-Martínez, V. A. y Ortega-Corona, A. 2010. Contribución genética del criollo jala en variedades eloteras de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(4):63 - 67.
- Vázquez, C. G.; Pérez, C. J. P.; Hernández, C. J. M.; Marrufo, D. M. L. y Martínez, R. E. 2010. Calidad de grano y de tortillas de maíces criollos del Altiplano y valle del Mezquital, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(4):49-56.
- Vega, M. C.; Navarro, E.; Espinoza, J.; Guerrero, J. L. y Burciaga, G. A. 1998a. Selección de líneas para formar híbridos de maíz dulce ricos en lisina: II Líneas. *Agron. Mesoam.* 9 (2):61-64.
- Vega, M. C.; Navarro, E.; Espinoza, J.; Guerrero, J. L. y Burciaga, G. A. 1998b. Selección de líneas para formar híbridos de maíz dulce ricos en lisina: I Probadores. *Agron. Mesoam.* 9(2):57- 60.
- Vidal, M. V.A.; Vázquez, C. G.; Coutiño, E. B.; Ortega, C. A.; Ramírez, D. J. L.; Valdivia, B. R.; Guerrero, H. M. J.; Caro, V. F. J. y Cota, A. O. 2008. Calidad proteínica en colectas de maíces criollos de la sierra de Nayarit, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 31 (3):15-21.