

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE ELOTE EN POBLACIONES NATIVAS DE MAÍZ DE TEHUACÁN, PUEBLA

Enrique Ortiz-Torres* ; Pedro Antonio López;
Abel Gil-Muñoz; Juan de Dios Guerrero-Rodríguez;
Higinio López-Sánchez; Oswaldo R. Taboada-Gaytán;
J. Arahón Hernández-Guzmán; Mario Valadez-Ramírez

Colegio de Postgraduados. Campus Puebla. km 125.5 Carretera Federal México-Puebla. Santiago Momoxpan,
San Pedro Cholula, Puebla, MEXICO. C.P. 72760
Correo-e: enriqueortiz@colpos.mx (*Autor para correspondencia)

RESUMEN

En el estado de Puebla, la región más importante en producción de maíz (*Zea mays* L.) para elote es Tehuacán. Las variedades usadas son principalmente poblaciones nativas, de las cuales se desconoce su potencial para la producción de elote y la calidad del mismo. El objetivo de esta investigación fue evaluar agronómicamente un conjunto de poblaciones nativas de maíz colectadas en Tehuacán, para determinar su variación en rendimiento y calidad de elote. En 2009 se evaluaron 100 variedades en tres localidades bajo condiciones de riego, de las cuales 95 fueron colectadas en el área de Tehuacán. Las cinco restantes fueron dos variedades mejoradas y tres testigos raciales de Bolita, Celaya y Pepitilla. Se midieron 20 variables de planta y elote. Los resultados del análisis de varianza combinado mostraron en todas las variables evaluadas, excepto en una, diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre variedades, lo que indica la presencia de diversidad para tales características entre los maíces nativos estudiados. En rendimiento de elote, un grupo de 16 poblaciones nativas resultó sobresaliente ($P \leq 0.05$). La variedad local TEH77 obtuvo el mayor número de características deseables para rendimiento y calidad de elote: rendimiento promedio de $9,576 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, 11.3 °Brix, 13.7 cm de longitud de mazorca, 5.5 cm de ancho de mazorca y 30.7 granos por hilera. Esta variedad superó al mejor híbrido comercial 'AS900' en 52, 23, 30, 33 y 47 % en rendimiento ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), contenido de sólidos solubles totales (°Brix), longitud y diámetro de mazorca (cm), número de hileras y granos por hilera, respectivamente.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Zea mays* L., sólidos solubles, maíz de riego, tamaño de elote.

YIELD AND QUALITY OF TENDER MAIZE FROM NATIVE MAIZE POPULATIONS OF TEHUACÁN, PUEBLA

ABSTRACT

In the state of Puebla, Tehuacán is the most important region in the production of tender maize (*Zea mays* L.) sold on the cob. The varieties used are mainly native populations, whose potential for production and quality are unknown. This study was conducted to evaluate agronomically a set of native maize populations collected in Tehuacán to determine their variation in tender maize yield and quality. In 2009, 100 irrigated varieties were evaluated in three locations; of these 95 were collected in the Tehuacán area. The remaining five were two improved varieties and three control races: Bolita, Celaya and Pepitilla. Twenty variables were measured on plant and ear. The results of the combined analysis of variance showed highly significant differences ($P \leq 0.01$) among varieties, except one, indicating presence of diversity for the characteristics measured among the native maize under study. In tender maize yield, the group of 16 native populations was outstanding ($P \leq 0.05$). The local variety TEH77 had the highest number of desirable traits for yield and quality of tender maize ears: average yield $9,576 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, 11.3 °Brix, 13.7 cm ear length, 5.5 cm ear width and 30.7 grains per row. This variety surpassed the best commercial hybrid 'AS900' by 52, 23, 30, 33 and 47 % in yield $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, total soluble solids content (°Brix), ear length and diameter (cm), number of rows and grains per row, respectively.

ADDITIONAL KEYWORDS: *Zea mays* L., soluble solids, irrigated corn, ear size.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) se cultiva prácticamente en todo México, en diversas condiciones climáticas y de suelo, y su diversidad es tal que el país ha sido considerado centro de origen y diversidad de este cultivo (Kato *et al.*, 2009; Serratos, 2009). Este cereal tiene una amplia diversidad de usos en grano y en planta, tanto para la alimentación humana como animal, así como en la industria. Una de las formas de consumo del maíz más tradicional y popular en México es en elote (estado inmaduro de la mazorca). Estos pueden consumirse asados, hervidos, en diversos platillos regionales o en conservas. El consumo y producción de maíz para elote es importante en México y, generalmente, en las regiones donde se cultiva para este propósito, se usan materiales locales, los cuales también son empleados para la producción de grano. En México, el uso de semilla de variedades criollas (poblaciones nativas) oscila entre 67 y 74 % (Espinosa *et al.*, 2002).

La producción de elote representa ventajas respecto a la de grano: el maíz cosechado en elote no tiene problemas con la pudrición de las mazorcas o ataque de insectos en almacén, proporciona alimento entre las dos épocas de cultivo principales y acorta el ciclo de producción, lo que propicia la posibilidad de instalar otro cultivo si las condiciones ambientales lo permiten (Paliwal *et al.*, 2001). Por otra parte, al cosechar el elote, el resto de la planta aún se encuentra verde, por lo que puede usarse para la alimentación animal, con la ventaja de que aportará una mejor calidad nutricional que cuando la planta ya está seca (González *et al.*, 2006).

Las características de calidad que se buscan en las variedades eloterías y en el elote son alto rendimiento de elotes por unidad de área (Simonne *et al.*, 1999; Lertrat y Pulam, 2007), buena calidad física de elote, la cual consiste en un peso alto por pieza, homogeneidad en tamaño, completa cobertura de espigas, buena apariencia del elote (que incluye un alto número de granos por hilera, hileras rectas y bien definidas, con granos en la punta del elote, granos anchos y largos, forma regular y buen tamaño del elote), y uniformidad en la cosecha (Tracy, 2000). Otro factor importante para calidad es el sabor del elote. Se ha demostrado que el sabor dulce y la textura suave son los principales atributos sensoriales para determinar la aceptación general de elotes (Flora y Wiley, 1974; Azanza *et al.*, 1994, 1996). Para determinar el contenido de azúcares o sólidos solubles se pueden usar refractómetros (Tracy, 2000). Pocos trabajos se han orientado a la evaluación y selección de poblaciones nativas de maíz con potencial para la producción de elote. En cuanto a la calidad del mismo, pueden citarse los de Coutiño *et al.* (2010a, 2010b); Valdivia-Bernal *et al.* (2010) y Arellano *et al.* (2010), en los que se han empleado como criterios para estimar la calidad del elote el contenido de sólidos solubles, el peso y el tamaño.

INTRODUCTION

Maize (*Zea mays* L.) is cultivated throughout Mexico under diverse conditions of climate and soil. Diversity is such that Mexico is considered the center of origin and diversity of this grain crop (Kato *et al.*, 2009; Serratos, 2009). Uses of this cereal, both the plant and grain, are also broadly diverse for both humans and animal food, as well as in industry. One of the most traditional and popular forms of consuming maize in Mexico is on the cob (immature ear). These young ears can be prepared grilled or boiled or in different regional dishes and preserves. Consumption and production of tender maize ears is important in Mexico and, generally, in the regions where maize is cultivated specifically for this purpose as well as for grain, local materials are used. In Mexico, the use of seed from landraces (native populations) oscillates between 67 and 74 % (Espinosa *et al.*, 2002).

Production of tender ears has advantages over producing grain. The entire ear is harvested, and problems of rotting or insect attack in storage are avoided. It provides food between the main crops. The crop cycle is shortened, making it possible to plant another crop if environmental conditions allow (Paliwal *et al.*, 2001). Moreover, when the tender ears are harvested, the rest of the plant is still green and can be used for animal feed that provides better nutritional quality than when it is dry (González *et al.*, 2006).

Several traits are considered among desired quality characteristics in tender maize ears and varieties for tender ear production. First is high yield per unit of area (Simonne *et al.*, 1999; Lertrat y Pulam, 2007). Also, good physical quality of the ear comprises heavy weight per ear, uniform size, husk completely covering ear, good appearance (including high number of grains per row; straight, well-defined rows with grains at the tip of the ear; long, broad evenly shaped and good sized ear), and uniformity at harvest (Tracy, 2000). Another important factor for quality is flavor. It has been demonstrated that the sweet taste and soft texture are the main sensorial attributes that determine general acceptance of tender maize ears (Flora and Wiley, 1974; Azanza *et al.*, 1994, 1996). To determine the content of sugars, or soluble solids, refractometers may be used (Tracy, 2000). Few studies have been conducted with the aim of evaluating and selecting native maize populations with potential for tender ear production. As for their quality, we can cite the studies of Coutiño *et al.* (2010a, 2010b); Valdivia-Bernal *et al.* (2010) and Arellano *et al.* (2010), which used soluble solids content and ear weight and size as criteria for estimating quality of tender maize ears.

The state of Puebla has a broad diversity of native maize landraces (Gil *et al.*, 2004; Hortelano *et al.*, 2008; Ángeles-Gaspar *et al.*, 2010). This is partly due to the extended use of native populations. Statistics provided by

El estado de Puebla tiene una amplia diversidad de maíces nativos (Gil *et al.*, 2004; Hortelano *et al.*, 2008; Ángeles-Gaspar *et al.*, 2010), lo que se debe en parte al uso extendido de poblaciones nativas. Las estadísticas provistas por INEGI (Anónimo, 2009) indican que en el 2008, en el estado de Puebla, únicamente en el 12 % de la superficie sembrada con maíz se usó semilla mejorada. A pesar de lo anterior, en Puebla no existen estudios sobre el rendimiento y calidad de elote de razas o poblaciones locales. Hay evidencias de que en las razas mexicanas se puede incrementar la calidad de elote. Tal es el caso de la raza Jala en Nayarit (Valdivia-Bernal *et al.*, 2010), Cacahuacintle en el Estado de México (Arellano *et al.*, 2010) y Dulcillo del noroeste en el noroeste de México (Guerrero *et al.*, 2010). Esto representa una oportunidad importante para la selección de poblaciones nativas sobresalientes para producción de elote, ya que muchas de las variedades o híbridos comerciales usados actualmente para producción de elote no fueron formados específicamente para tal propósito, razón por la que el rendimiento puede ser bajo y la calidad en relación al sabor puede ser mejorable.

En 2010 en el estado de Puebla se sembraron 14,178 ha con maíz para elote, de las que se obtuvo una producción de 141,779 t y un rendimiento promedio de 10.0 t·ha⁻¹. En este estado, la zona con mayor producción es el Valle de Tehuacán, específicamente en los municipios de Atlix, Tehuacán, San Sebastián Zinacatepec, San Gabriel Chilac y Ajalpan. En conjunto, estos municipios concentraron 9,027 ha, el 63.7 % de la superficie estatal cultivada para elote. El volumen de la producción de tales municipios fue de 77,325 t, con un rendimiento de 8.6 t·ha⁻¹ (Anónimo, 2011). La disponibilidad de riego y las temperaturas favorables aún en invierno permiten que en el Valle de Tehuacán se observe maíz para elote en diferentes etapas de desarrollo de la planta, en las diferentes estaciones del año. El cultivo de maíz es redituable para los productores porque, además de vender el elote, se comercializa la planta como forraje y en algunos casos, cuando se retarda la cosecha y se deja que madure la planta para la producción de grano, se aprovechan también las brácteas de la mazorca (llamadas localmente 'totomoxtle'), con lo que se incrementan los ingresos económicos del productor.

La mayor parte de la producción de elote en el Valle de Tehuacán se realiza con poblaciones nativas (variedades criollas). A pesar de ello, no existen estudios sobre su potencial de rendimiento y calidad. El uso milenario de variedades locales permite asumir que existe diversidad suficiente como para seleccionar variedades o poblaciones aptas para la producción de elote y, a través de este medio, conferir valor agregado a la producción de este cultivo. En otros estados como Chiapas (Coutiño *et al.*, 2010a, 2010b), Nayarit (Valdivia-Bernal *et al.*, 2010) y México (Arellano *et al.*, 2010) ya se han identificado variedades locales sobresalientes con características de calidad física y de sabor

INEGI (Anónimo, 2009) indicate that in 2008, in the state of Puebla, only 12 % of the area cultivated under maize was planted with improved seed. Despite this, in Puebla there are no studies on yield and quality of tender ears from local races or populations. There is evidence that tender ear quality can be increased in Mexican maize races. This is the case of the landraces Jala from Nayarit (Valdivia-Bernal *et al.*, 2010), cacahuacintle from the state of Mexico (Arellano *et al.*, 2010) and dulcillo from northwestern Mexico (Guerrero *et al.*, 2010). An important opportunity for selection of native populations outstanding in the production of tender maize ears exists since many of the commercial varieties or hybrids used currently for tender ear production were not created specifically for this purpose. Thus, their yield and flavor quality may be low and can be improved.

In 2010 in the state of Puebla, 14,178 ha were planted with maize for tender ear production; production was 141,779 t, with an average yield of 10.0 t·ha⁻¹. In this state the area that has the highest production is the Tehuacán Valley, specifically the municipalities of Atlix, Tehuacán, San Sebastián Zinacatepec, San Gabriel Chilac and Ajalpan. Together, these municipalities concentrate 9,027 ha, 63.7 % of the state's area dedicated to produce tender maize ears. The volume of production in these municipalities was 77,325 t, with a yield of 8.6 t·ha⁻¹ (Anónimo, 2011). The availability of irrigation and favorable temperatures, even in winter, allow production of tender ears at different stages of the plants development in different seasons of the year. Cropping maize is profitable for farmers because, besides selling the tender ears, the plant is sold as forage and, in some cases, when harvest is late and the plant is left to mature for grain production, the bracts (locally called 'totomoxtle'), with which the farmer can increase income.

Most of the tender ear production in the Tehuacán Valley is done with native populations (landraces). There are, however, no studies on their yield and quality potential. The millennial use of local varieties suggests that there is sufficient diversity for selecting varieties or populations that are suitable for tender maize ear production, and thus add value to the production of this crop. In other states, such as Chiapas (Coutiño *et al.*, 2010a, 2010b), Nayarit (Valdivia-Bernal *et al.*, 2010) and México (Arellano *et al.*, 2010) outstanding varieties with physical quality and flavor traits appropriate for tender ear production have been identified. The objective of this study was to determine whether there is variation in tender ear yield and quality among the native maize populations cultivated in the Tehuacán Valley, Puebla, to identify those that are outstanding in these attributes.

MATERIALS AND METHODS

In 2009 in the area of Tehuacán, 95 native populations were collected (Table 1) and they were evaluated at three localities in the same year. The trials included three landrace

apropiadas para la producción de elote. El objetivo de la presente investigación fue determinar si existe variación en rendimiento y calidad de elote entre las poblaciones nativas de maíz cultivadas en el Valle de Tehuacán, Puebla para, de ser el caso, identificar las sobresalientes para tales atributos.

MATERIALES Y MÉTODOS

En 2009 se colectaron en el área de Tehuacán 95 poblaciones nativas (Cuadro 1), las cuales fueron evaluadas en ese mismo año en tres localidades. En los ensayos se incluyeron tres testigos raciales (razas Bolita, Celaya y Pepitilla) y dos híbridos comerciales. Los testigos raciales se seleccionaron con base en lo reportado por Wellhausen *et al.* (1951), quienes en la región de Tehuacán identificaron muestras de maíces con características que denotaban influencia de las razas Bolita y Pepitilla. Los híbridos comerciales 'A7573' de Asgrow y 'AS900' de Aspros también fueron incluidos. El primero es usado extensivamente para la producción de elote en México (Valdivia-Bernal *et al.*, 2010). Ambos híbridos son de uso frecuente en la zona. Todos los testigos raciales y comerciales son de grano de color blanco.

controls (Bolita, Celaya and Pepitilla) and two commercial hybrids. The landrace controls were selected based on the criteria reported by Wellhausen *et al.* (1951), who identified maize samples in the Tehuacán region with characteristics that denoted influence of the Bolita and Pepitilla landraces. The commercial hybrids 'A7573' of Asgrow and 'AS900' of Aspros were included. The former is used extensively for tender ear production in Mexico (Valdivia-Bernal *et al.*, 2010), and both hybrids are frequently used in the area. All of the landrace controls and the commercial varieties are white-grained.

The experiments were set up at three sites: San Pablo Tepetzingo (18° 25' 19" N and 97° 20' 26" W); Ajalpan (18° 25' 45.9834" N and 97° 15' 33.0114" W) y San Gabriel Chilac (18° 25' 18.9834" N and 97° 20' 26.0154" W). Tepetzingo and Ajalpan have an altitude of 1,400 and 1,200 m, respectively, and BS₁ (h')w"(w)(i')g climate (García, 1981). San Gabriel Chilac has an altitude of 1,190 m and the climate is BS₀ (h') (hw") (w)(e)g. Maize was planted on June 22, July 9, and August 8 in Tepetzingo, Ajalpan and Chilac, respectively. Planting was done with a shovel, the traditional method in the region. Three seeds were deposited in each hole, separated by 0.5 m from the next. Later, they

CUADRO 1. Accesiones de maíz nativo acopiadas durante el año 2009 en el Valle de Tehuacán. Desglose por localidad y municipio.

TABLE 1. Native maize accessions collected during the year 2009 in the Tehuacán Valley. Breakdown by locality and municipality.

Municipio / Municipality	Localidad / Locality	Color de grano / Grain color			Número de accesiones / Number of accessions
		Blanco / White	Azul / Blue	Rojo / Red	
Ajalpan	Ajalpan	8	4	1	13
Altepexi	Altepexi	4	6	-	10
San Gabriel Chilac	San Gabriel Chilac	1	5	1	7
	Colonia Vista Hermosa	-	-	1	1
San José Miahuatlán	San José Miahuatlán	8	-	-	8
	San Pedro Tetitlán	1		-	1
San Sebastián Zinacatepec	San Sebastián Zinacatepec	12	5	-	17
Tehuacán	Santa María Coapan	2	-	-	2
	San Diego Chalma	3	5	-	8
	San Marcos Necoxtla	6	-	1	7
	San Pablo Tepetzingo	3	10	1	14
	Santa Cruz Acapa	5	2	-	7
Total		53	37	5	95

Los experimentos se establecieron en tres sitios: San Pablo Tepetzingo (18° 25' 19" LN y 97° 20' 26" LO); Ajalpan (18° 25' 45.9834" N y 97° 15' 33.0114" O) y San Gabriel Chilac (18° 25' 18.9834" N y 97° 20' 26.0154" O). Tepetzingo y Ajalpan se encuentran a 1,400 y 1,200 msnm, respectivamente y tienen clima BS₁ (h')w"(w)(i')g (García, 1981). San Gabriel Chilac se encuentra a 1,190 msnm y el clima es BS₀ (h') (hw") (w)(e)g. Las fechas de siembra fueron el 22 de junio, 9 de julio y 8 de agosto en Tepetzingo, Ajalpan y Chilac, respectivamente. La siembra se hizo con pala, que es lo tradicional en la región. Se depositaron tres semillas por golpe cada 0.5 m para después aclarar a dos plantas por mata. La fertilización se realizó con la fórmula 180 N-60 P-00 K, en dos aplicaciones: un tercio del N y todo el P en la primera labor, y el resto del N en la segunda labor. Las fuentes fueron urea y fosfato diamónico. Los experimentos se condujeron en condiciones de riego durante todo el ciclo de cultivo, de acuerdo con las prácticas culturales tradicionales de los productores.

El diseño experimental utilizado fue un látice 10×10 (Cochran y Cox, 1965), con dos repeticiones en cada localidad. La unidad experimental consistió en dos surcos de 5 m de largo, espaciados a 0.8 m, con 11 matas por surco y 44 plantas en total por unidad experimental.

Las variedades colectadas se clasificaron visualmente con base en su color de grano en blanco, azul y rojo. Las variables evaluadas por parcela útil fueron rendimiento de elote (RENHA) en kg·ha⁻¹, días a floración masculina (DFM) y femenina (DFF), y asincronía floral (AF). Las variables relacionadas con calidad elotera se midieron en una muestra de cinco elotes por unidad experimental. Estas variables fueron peso promedio de un elote (PELOTE) en gramos, índice de elote (IEL_PTO), porcentaje de humedad del elote (PHUMEL), longitud de mazorca (LMZ) en centímetros, diámetro de mazorca (DMZ) en centímetros, índice de diámetro sobre longitud de mazorca (IDMZ_LMZ), número de hileras por mazorca (NHIL), índice de hileras sobre diámetro de mazorca (IHILMZ_DMZ), granos por hilera (GRHIL), largo de grano (LARGR) en milímetros, grosor de grano (GRGR) en milímetros, ancho de grano (ANGR) en milímetros, índice de ancho sobre largo de grano (IPLYAGR), diámetro de olote (DOL) en milímetros, y profundidad de grano (PROFGR) en milímetros. También, con un refractómetro digital Atago Pal-1® (Tokio, Japón), se midió el contenido de sólidos solubles totales en la solución (CSST) en una muestra del jugo o extracto de 20 granos macerados de cinco elotes. El resultado se expresó en grados Brix.

Las fórmulas utilizadas en el cálculo de los índices se describen a continuación.

$$AF = \text{días a floración femenina} - \text{días a floración masculina}$$

were thinned to two plants. The crop was fertilized with the formula 180 N-60 P-00 K in two applications: one third of the N and all of the P in the first cultivation, and the rest of the N at the second. Sources of the nutrients were urea and diamonic phosphate. The experiments were conducted under irrigation during the entire crop cycle, following the traditional cultural practices of the farmers.

The experimental design was a 10×10 lattice (Cochran and Cox, 1965) with two replications at each site. The experimental unit consisted of two 5-m long rows, 0.8 m apart, with 11 hills per row and 44 plants.

The varieties collected were classified visually based on grain color: white, blue and red. The evaluated variables per useful plot were tender ear yield (RENHA) in kg·ha⁻¹, days to tasseling (DFM) and silking (DFF) and floral asynchrony (AF). The variables related to ear quality were measured in a sample of five ears per experimental unit. Those variables were average weight of grains on one ear (PELOTE), ear index (IEL_PTO), percentage moisture in an ear (PHUMEL), ear length (LMZ) in centimeters, ear diameter (DMZ) in centimeters, index of ear diameter over length (IDMZ_LMZ), number of rows per ear (NHIL), index of rows over ear diameter (IHILMZ_DMZ), grains per row (GRHIL), grain length (LARGR) in millimeters, grain thickness (GRGR) in millimeters, grain width (ANGR) in millimeters, index of grain width over length (IPLYAGR), cob diameter (DOL) in millimeters, and grain depth (PROFGR) in millimeters. Also, with an Atago Pal-1® (Tokyo, Japan) digital refractometer, the content of total soluble solids in the solution (CSST) was measured in a sample of juice extracted from 20 macerated grains from five ears. The result was expressed in Brix degrees.

The formulas used to calculate the indexes are described below.

$$AF = \text{days to silking} - \text{days to tasseling}$$

Where:

$$AF = \text{floral asynchrony}$$

$$IEL_PTO = \frac{\text{ear weight}}{\text{ear weight} + \text{bract weight}}$$

Where:

$$IEL_PTO = \text{ear index}$$

$$IDMZ_LMZ = \frac{\text{ear diameter}}{\text{ear length}}$$

Where:

$$IDMZ_LMZ = \text{index ear diameter over ear length}$$

Donde:

AF = asincronía floral

$$IEL_PTO = \frac{\text{peso de elote}}{\text{peso de elote} + \text{peso de brácteas}}$$

Donde:

IEL_PTO = índice de elote

$$IDMZ_LMZ = \frac{\text{diámetro de mazorca}}{\text{longitud de mazorca}}$$

Donde:

IDMZ_LMZ = índice de diámetro sobre longitud de mazorca

$$IHILMZ_DMZ = \frac{\text{número de hileras por mazorca}}{\text{diámetro de mazorca}}$$

Donde:

IHILMZ_DMZ = índice de hileras sobre diámetro de mazorca

$$IPLYAGR = \frac{\text{ancho de grano}}{\text{largo de grano}}$$

Donde:

IPLYAGR = índice de ancho sobre largo de grano

PROFGR = diámetro de mazorca - diámetro de elote

Donde:

PROFGR = profundidad de grano

La selección de las variedades sobresalientes se realizó según la metodología de mejoramiento genético en los nichos ecológicos propuesta por Muñoz (2005), y resumida por Gil (2006) en los siguientes pasos: a) definir el nicho ecológico; b) coleccionar el germoplasma de interés; c) evaluar en diferentes ambientes y años; d) identificar el patrón varietal; e) seleccionar las mejores poblaciones con base en su mejor promedio para la característica de interés, y f) graficar el comportamiento de esas poblaciones a través de localidades, a fin de seleccionar las que modifiquen en menor medida su comportamiento al cambiar de ambiente. Esta metodología se concibió como un enfoque que permite conducir acciones de fitomejoramiento a nivel local, partiendo para ello de una valoración de la diversidad local, la cual posibilita la identificación de

$$IHILMZ_DMZ = \frac{\text{number of rows per ear}}{\text{ear diameter}}$$

Where:

IHILMZ_DMZ = index rows over ear diameter

$$IPLYAGR = \frac{\text{grain width}}{\text{grain length}}$$

Where:

IPLYAGR = index grain width over length

PROFGR = ear diameter – ear diameter

Where:

PROFGR = grain depth

Outstanding varieties were selected following the method of genetic improvement in ecological niches proposed by Muñoz (2005) and summarized by Gil (2006) into the following steps: a) define the ecological niche; b) collect germplasm of interest; c) evaluate in different environments and years; d) identify the varietal pattern; e) select the best populations on the basis of the best average for the trait of interest; and f) graph the behavior of these populations over localities to select those varieties that least change performance when changing environments. This methodology was conceived as an approach to conduct plant improvement actions at the local level supported by valuation of local diversity, leading to the identification of outstanding populations in the attribute of interest. These populations can then be subjected to a genetic improvement scheme.

Each variable was analyzed with a combined analysis of variance over localities. A test of means was performed with least significant difference using the GLM procedure of SAS (Anónimo, 2004).

RESULTS AND DISCUSSION

Accession grain color frequencies were 55.8, 38.9 and 5.3 % for white, blue and red, respectively (Table 1). The abundance of blue-grained materials is notable since several studies of maize diversity in the state of Puebla have found that white-grained maize was highly predominant. For example, Gil *et al.* (2004) reported that of 2,514 accessions collected in the state of Puebla in 1996 and 1997, 80 % were white-grained, while Ángeles-Gaspar *et al.* (2010), in a study conducted in the municipality of Molcaxac, Puebla, found that 84 % of the native populations were white-grained. The high frequency of blue-grained maize can be attributed to the fact that in Mexico there is

poblaciones sobresalientes para el atributo de interés, a las que, posteriormente se pueda aplicar algún esquema de mejoramiento genético.

Cada variable se sometió a un análisis de varianza combinado a través de localidades y se hizo una prueba de medias con la diferencia mínima significativa, mediante el procedimiento GLM del programa SAS (Anónimo, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las frecuencias de colores de grano en las accesiones reunidas fueron 55.8, 38.9 y 5.3 % para blanco, azul y rojo, respectivamente (Cuadro 1). La abundancia de materiales de grano azul llama la atención, pues en varios trabajos donde se ha estudiado la diversidad de maíz en el estado de Puebla se ha encontrado un amplio predominio de los de grano blanco. Por ejemplo, Gil *et al.* (2004) reportaron que de 2,514 accesiones colectadas en el estado de Puebla entre 1996 y 1997, el 80 % fueron de color blanco, mientras que Ángeles-Gaspar *et al.* (2010), en un estudio conducido en el municipio de Molcaxac, Puebla, encontraron que el 84 % de las poblaciones nativas fueron de grano blanco. La alta frecuencia de materiales con grano azul puede atribuirse a que en México también existe la tradición de consumo de elotes con granos de este color, por lo que los agricultores han procurado seleccionar y mantener este tipo de variantes. Al respecto, Wellhausen *et al.* (1951) mencionan que el color morado de la aleurona o cereza del pericarpio, o ambos, han sido objeto de selección, como en la subraza Elotes Cónicos o en los maíces eloteros del oeste de México. Una situación similar se observa en la variante Elotes Chalqueños reportada por Herrera *et al.* (2004). Respecto a los maíces de color rojo, su presencia puede obedecer a lo expuesto por Ortega (2003) en cuanto a que algunos se conservan porque se emplean con fines ceremoniales.

El análisis de varianza (Cuadro 2) mostró diferencias altamente significativas entre genotipos (GEN) ($P \leq 0.01$) en todas las variables evaluadas, excepto para contenido de sólidos solubles, en donde únicamente se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) y el índice diámetro mazorca/largo de mazorca, que fue no significativo. Entre localidades de prueba (LOC) también se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) para la mayoría de las variables analizadas. Hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para número de hileras por mazorca, longitud de mazorca y ancho de grano. Solamente para longitud de mazorca e índice de diámetro mazorca/longitud de mazorca no se encontraron diferencias significativas. La interacción genotipo por localidad (GEN \times LOC) fue altamente significativa para 17 variables y no significativa únicamente para días a floración masculina, días a floración femenina y asincronía floral. El haber detectado diferencias estadísticas entre genotipos es indicativo de la existencia de

also a tradition of eating tender maize of this color and so farmers have sought to select and conserve this variant. In this respect, Wellhausen *et al.* (1951) mention that the purple color of the aleuron, or wax layer of the pericarp, or both, have been selection targets, as in the sub-race Elotes Cónicos or in maize grown for tender ears in western Mexico. A similar situation is observed in the variant Elotes Chalqueños reported by Herrera *et al.* (2004). Regarding red-grained maize, their presence may obey that which was presented by Ortega (2003), referring to their conservation for ceremonial use.

The analysis of variance (Table 2) revealed highly significant differences among genotypes (GEN) ($P \leq 0.01$) in all the evaluated variables, except soluble solids content, for which only significant differences were detected ($P \leq 0.05$) and ear diameter/ear length index which had no significant differences. There were also highly significant differences ($P \leq 0.01$) among the localities (LOC) included in the trial for most of the variables analyzed. There were significant differences ($P \leq 0.05$) for number of rows per ear, ear length and grain width. Only ear length and the index ear diameter/ear length were not significantly different. The interaction genotype for locality (GEN \times LOC) was highly significant for 17 variables and not significant only for days to tasseling and to silking, and floral asynchrony. The statistical differences detected among genotypes is indicative of the existence of variation among the evaluated materials. This has been reported in other native maize populations for characteristics of tender ears (Coutiño *et al.*, 2010a, 2010b; Valdivia-Bernal *et al.*, 2010 and Arellano *et al.*, 2010). Moreover, the significance of the factor locality confirms the influence of environment on the expression of traits related to yield and tender ear quality.

The significance of the interaction genotype \times environment indicates that there were differences in performance across environments of the materials evaluated. Denis and Gower (1996) recommend that plant breeders take this interaction into account to avoid ruling out a variety, whose average performance is poor, but it may perform well in specific environments, or to avoid selecting a variety whose average performance is good but it performs poorly in a particular environment.

In tender ear yield, there were significant differences ($P \leq 0.05$) among localities. Ajalpan had the highest yield, followed by Tepetzingo and Chilac with 9,191, 7,591 and 7,079 kg·ha⁻¹, respectively. The difference between the locality with the highest and that with the lowest yield was 2,112 kg·ha⁻¹. These yields are in agreement with other reports for the Tehuacán region, but they are below national and state means. In 2010 mean yields for the country, the state of Puebla and the District of Tehuacán were 9.8, 12.4 and 8.6 t·ha⁻¹, respectively. At the national level, the high-

CUADRO 2. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado y coeficientes de variación de las variables evaluadas en maíces nativos del Valle de Tehuacán, Puebla, 2009.

TABLE 2. Mean squares of the combined analysis of variance and coefficients of variation for the variables evaluated in native maize from the Tehuacán Valley, Puebla, 2009.

Variable/ Variable	Cuadrados medios/ Mean squares				CV (%)
	LOC	GEN	GEN × LOC	Error	
Rendimiento / Yield (kg·ha ⁻¹)	242,757,765.0 **	16,173,982.0 **	6,478,545.0 **	3,843,855.0	24.6
Peso promedio de un elote / Average weight of one ear (g)	86,293.21 **	34,143.25 **	5,909.98 *	4,511.01	17.4
Porcentaje de humedad / Moisture percentage	0.31961 **	0.0082 **	0.0068 **	0.0035	8.5
Índice de elote / Ear index	0.04224 **	0.0109 **	0.0079 **	0.0055	13.6
Contenido de sólidos solubles totales / Total soluble solids content (°Brix)	141.97 **	5.24 *	5.24 **	3.64	20.7
Días a floración masculina / Days to tasseling	772.27 **	101.37 **	12.32 ns	10.88	4.1
Días a floración femenina / Days to silking	298.62 **	100.77 **	11.61 ns	11.03	3.8
Asincronía floral (días) / Floral asynchrony (days)	211.53 **	7.66 **	5.98 ns	5.25	42.3
Longitud de mazorca / Ear length (cm)	1.59 ns	7.54 **	5.43 **	3.35	13.4
Diámetro de mazorca / Ear diameter (cm)	3.78 **	0.69 **	0.35 **	0.197	8.6
Índice diámetro mazorca/ largo / Ear diameter/ear length index	0.0346 **	0.0024 ns	0.0031 **	0.002	11.8
Hileras por mazorca / Rows per ears	9.38 *	9.98 **	4.050 **	2.28	10.6
Índice hileras por mazorcas/diámetro / Ear diameter/rows per ears index	0.468 **	0.214 **	0.162 **	0.0701	9.6
Granos por hilera / Grains per rows	164.45 **	52.41 **	31.97 **	22.22	15.6
Largo de grano / Length of grain (mm)	0.056 *	0.045 **	0.023 **	0.0130	8.5
Grosor de grano / Grain thickness (mm)	0.0077 **	0.0028 **	0.0015 **	0.0000	8.1
Ancho de grano / Grain Width (mm)	0.0164 *	0.0131 **	0.0058 **	0.0039	6.5
Índice ancho de grano/ largo / Length/ width grain index	0.0115 ns	0.0127 **	0.0097 **	0.0045	9.4
Diámetro de olote / Cob diameter (cm)	0.9251 **	0.3378 **	0.1697 **	0.0930	10.1
Profundidad de grano / Grain depth (cm)	1.5869 **	0.2548 **	0.1314 **	0.0853	13.8

*: $P \leq 0.05$, **: $P \leq 0.01$; ns: no significativa; LOC: localidad; GEN: genotipo; GEN × LOC: genotipo × localidad; CV: coeficiente de variación.

*: $P \leq 0.05$, **: $P \leq 0.01$; ns: non-significant; LOC: locality; GEN: genotype; GEN × LOC: genotype × locality; CV: coefficient of variation.

variación entre los materiales evaluados, situación que ya ha sido reportada en otras poblaciones nativas de maíz para características de elote (Coutiño *et al.*, 2010a, 2010b; Valdivia-Bernal *et al.*, 2010 y Arellano *et al.*, 2010). Por otra parte, la significancia del factor localidades confirma la influencia del ambiente de producción sobre la manifestación de las características relacionadas con el rendimiento y la calidad de elote.

La significancia de la interacción genotipo × ambiente indica que hubo diferencias en el comportamiento de los materiales evaluados a través de ambientes. Denis y Gower (1996) recomiendan a los fitomejoradores que tomen en cuenta esta interacción, para evitar descartar una variedad cuyo comportamiento promedio sea malo, pero que se desempeñe bien en ambientes específicos, o seleccionar una variedad cuyo comportamiento promedio es bueno pero que se desempeña pobremente en un ambiente particular.

Respecto al rendimiento de elote, entre localidades hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$). La localidad de

est yield reported is that for the state of Aguascalientes, with 24 t·ha⁻¹ and the lowest was for Quintana Roo with 3.2 t·ha⁻¹ (Anónimo, 2012). For the factor genotype a significant difference ($P \leq 0.05$) between those of the highest and the lowest yield of 10,106 kg·ha⁻¹ was found (Table 3). The statistically superior group in tender ear yield comprised 16 local varieties (Table 3). Yield of this group was 9,368 to 11,595 kg·ha⁻¹, which was higher than that reported for the Tehuacán District. None of the varieties used as controls (commercial or landrace) was placed in this group. The highest average tender ear yield observed was produced by the local variety TEH68, 11,595 kg·ha⁻¹. This yield surpassed the yield of best control 'AS900' (6,292 kg·ha⁻¹) by 84 %. Of the group of 16 outstanding varieties, four were blue-grained and 12 were white-grained. In terms of earliness, these materials reached 50 % of silking between 79.8 and 91.5 days after planting (Table 3). The minimum and maximum values observed for this trait was 71.5 and 95.7 days; thus, the outstanding group flowered in a period considered intermediate. The mean for this trait was similar in outstanding blue and white races. The blue group flowered in 86.6 days, while the white group did so in 85.9 days.

Ajalpan tuvo el rendimiento más alto, seguida por Tepetzingo y Chilac con 9,191, 7,591 y 7,079 kg·ha⁻¹, respectivamente. Hubo una diferencia entre la localidad de mayor y menor rendimiento de 2,112 kg·ha⁻¹. Estos rendimientos están acordes a lo reportado para la zona de Tehuacán, pero están por debajo de la media nacional y de Puebla. El rendimiento medio nacional en 2010, del estado de Puebla y del Distrito de Tehuacán fue de 9.8, 12.4 y 8.6 t·ha⁻¹, respectivamente. A nivel nacional el mejor rendimiento es reportado para el estado de Aguascalientes, con 24 t·ha⁻¹ y el menor para Quintana Roo con 3.2 t·ha⁻¹ (Anónimo, 2012). Para el factor genotipos se encontró una diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre el de mayor y el de menor rendimiento, de 10,106 kg·ha⁻¹ (Cuadro 3). El grupo estadísticamente superior en rendimiento de elote estuvo constituido por 16 variedades locales (Cuadro 3). El rendimiento del grupo superior fue de 9,368 a 11,595 kg·ha⁻¹ y estuvo por encima del rendimiento reportado para el Distrito de Tehuacán. Ninguna de las variedades que se utilizó como testigo (comercial o racial) se ubicó en dicho grupo. El mayor rendimiento de elote promedio observado lo produjo la variedad local TEH68, con 11,595 kg·ha⁻¹. Este rendimiento superó en 84 % al rendimiento del mejor testigo, el 'AS900', el cual obtuvo en promedio 6,292 kg·ha⁻¹. Del grupo de las 16 variedades sobresalientes, en cuanto a color del grano, cuatro fueron azules y 12 blancas. En cuanto a precocidad, estos materiales llegaron al 50 % de floración femenina entre los 79.8 y los 91.5 días después de la siembra (Cuadro 3). El valor mínimo y máximo observado en esta característica fue de 71.5 y 95.7 días, por lo que se puede considerar que el grupo sobresaliente presentó una floración intermedia. La media para esta característica fue similar tanto en el grupo de maíz azules como en el de blancos sobresalientes. El grupo azul tuvo 86.6 y el blanco 86.9 días. Sin embargo, el intervalo fue diferente, ya que el grupo azul tuvo un intervalo de 85 a 88.7 días y el blanco de 79.8 a 91.5 días.

En la Figura 1 se grafica el rendimiento de elote para las 10 variedades con mayor rendimiento promedio observado y los testigos en cada localidad de evaluación. De las 16 variedades sobresalientes en el análisis combinado, sólo dos de ellas, TEH64 y TEH52, se mantuvieron en el grupo sobresaliente en cada una de las localidades. Ello evidencia que tienen una mejor adaptación a las condiciones generales de la zona, por lo que pueden ser la base para iniciar un proceso de mejoramiento genético a futuro. Los híbridos y testigos raciales no fueron superiores en alguna localidad, excepto el híbrido 'AS900', el cual mostró el mejor rendimiento en Tepetzingo, pero en el resto de las localidades su rendimiento estuvo por debajo de la media de cada sitio.

En términos de precocidad, entre los materiales evaluados se encontraron valores mínimo y máximo de 71.5 y 95.7 días al 50 % de floración femenina, con un intervalo

However, the interval was different: the blue group had an interval of 85 to 88.7 days and the white group one of 79.8 to 91.5 days.

In Figure 1 tender ear yield of the 10 highest average yielding varieties and the controls is graphed for each of the localities included in the evaluation. When performing the combined analysis, of the 16 outstanding varieties, only two of them, TEH64 and TEH52, remained in the outstanding group in each of the localities. This gives evidence that they are better adapted to the general conditions of the region, and therefore they can form the base for a future process of genetic improvement. The hybrids and landrace controls were not superior in any locality, except the hybrid 'AS900', which had better yield in Tepetzingo, but in the rest of the localities its yield was below the mean of each site.

In terms of earliness, among the materials evaluated minimum and maximum values of 71.5 and 95.7 days to 50 % of silking were found with an interval of 24.2 days (Table 3). Despite this difference of almost one month, the cycle is short enough to allow at least two cycles a year. By groups of grain color, it was found that blue- and white-grained maize had the same average in days to 50 % fsilking, with 87.5 and 87.6 days, respectively. Red maize varieties were earlier, 78.5 days on average. The interval was different between white and blue-grained maize. The interval in white-grained maize varieties was 16.7 days, with a minimum of 79 and a maximum of 95.7 days, while in blue-grained maize the interval was 6.8 days, with a minimum of 83.5 days and a maximum of 90.3 days. Red-grained maize had an even broader range, with a minimum value of 71.5 and a maximum of 89.5 days. Ángeles-Gaspar *et al.* (2010), in a study conducted in Molcaxac, Puebla, found that the interval in days to silking of white-grained maize was larger than that of blue-grained maize and that blue-grained varieties were earlier than white varieties. Average number of days to 50 % of silking in the localities included in the evaluation was 86.7, with a slight but significant ($P \leq 0.05$) variation. In Ajalpan, Tepetzingo and Chilac the averages were 87.9, 86.9, and 85.4 days, respectively.

Analyses of different physical traits of ear quality, such as weight, length and width, revealed that there were differences ($P \leq 0.05$) among the evaluated varieties. At the group level, the average weight of a tender ear varied between 62.1 to 490.8 g, length 9.4 to 15.8 cm and diameter 3.6 to 5.6 cm (Table 3). These variables for the group of outstanding populations had the following intervals: 375.5 to 476.4 g for weight of one ear; 11.1 to 15.3 cm for ear length, and 4.7 to 5.6 for ear diameter (Table 3). The best population for the three attributes was TEH77. The highest yielding control ('AS900') had lower values for the three variables assessed than the outstanding group: 168.1 g, 10.5 and 4.1 cm for weight of one ear, ear length and ear diameter, respectively (Table 3).

CUADRO 3. Promedios de algunas variables pertinentes para la producción y calidad de elote en las 16 accesiones sobresalientes en rendimiento de elote y en los testigos evaluados en tres localidades Valle de Tehuacán, Puebla, 2009.

TABLE 3. Averages of some variables relevant for production and tender ear quality in 16 yield-outstanding accessions and controls evaluated in three localities of the Tehuacán Valley, Puebla, 2009.

GEN	RENHA (kg·ha ⁻¹)	DFF	PELOTE (g)	CSST (°Brix)	LMZ (cm)	DMZ (cm)	NHIL	GRHIL	LARGR (cm)	GRGR (cm)	ANGR (cm)	DOL (cm)
TEH68	11595a	86.8	466.3a	9.4	14.2a	5.2a	13.8	30.6a	1.44	0.38	0.96	2.85a
TEH64	10839a	85.0	430.3a	8.9	13.5	5.2a	13.3	31.9a	1.39	0.37	1.00	2.79
TEH90	10591a	79.8	384.0	10.7a	11.1	4.7	11.5	23.6	1.36	0.36	0.95	2.63
TEH52	10370a	86.3	476.4a	9.4	13.9a	5.0	13.9	32.8a	1.29	0.36	0.97	3.12a
TEH17	10117a	86.5	427.2a	9.9	13.2	5.3a	15.3	28.5	1.32	0.38	0.93	3.18a
TEH78	9978a	88.0	459.4a	9.4	15.3a	5.4a	14.5	31.8a	1.37	0.39	0.99	3.10a
TEH88	9881a	88.2	375.5	8.4	12.5	4.8	13.9	31.3a	1.47	0.34	0.90	2.62
TEH58	9707a	87.3	462.5a	9.5	15.1a	5.5a	15.3	33.7a	1.44	0.38	0.94	3.27a
TEH36	9616a	83.3	440.7a	9.4	14.9a	5.4a	14.5	32.6a	1.41	0.39	0.97	3.19a
TEH77	9576a	89.3	414.0	11.3a	13.7a	5.5a	15.5	30.7a	1.39	0.38	0.96	3.21a
TEH74	9500a	86.0	439.3a	8.4	15.0a	5.4a	14.0	33.0a	1.46	0.38	1.02	3.08a
TEH04	9499a	87.2	394.3	8.6	13.6	5.5a	15.0	30.1	1.41	0.37	0.97	3.14a
TEH30	9419a	86.3	386.4	9.9	13.1	4.7	13.9	29.1	1.23	0.38	0.96	2.96
TEH83	9396a	91.5	470.5a	7.5	13.9a	5.1a	13.8	31.6a	1.37	0.37	1.01	2.91
TEH07	9395a	88.8	419.4a	9.3	14.5a	5.6a	15.8	32.4a	1.42	0.38	0.96	3.39a
TEH67	9368a	88.7	423.1a	9.1	14.2a	5.5a	16.3a	31.8a	1.36	0.39	0.92	3.36a
'AS900'	6292	74.7	168.1	9.1	10.5	4.1	11.7	20.9	1.06	0.35	0.85	2.55
'A7573'	4076	80.5	206.4	8.0	13.5	4.7	13.4	28.2	1.22	0.41	1.00	2.96
BolB	3093	77.8	161.5	12.4a	9.4	3.8	11.3	20.9	1.08	0.39	0.89	2.38
PepB	2249	88.5	97.5	9.6	9.6	3.6	10.7	21.5	1.07	0.33	0.85	2.34
CelB	1489	82.5	62.1	9.2	11.3	4.1	11.2	19.1	1.09	0.33	0.81	2.57
DMS	2228	3.8	76.3	2.2	2.1	0.5	1.7	5.4	0.13	0.04	0.07	0.35
Máximo/ Maximum	11595	95.7	490.8	12.4	15.8	5.6	17.7	35.9	1.63	0.47	1.13	3.40
Mínimo/ Minimum	1489	71.5	62.1	7.5	9.4	3.6	10.7	19.1	1.06	0.33	0.81	2.34

a = medias pertenecientes al grupo superior estadísticamente ($P < 0.05$); GEN = genotipo; RENHA = rendimiento; DFF = días a floración femenina; PELOTE = peso de elote; CSST = contenido de sólidos solubles totales; LMZ = longitud de mazorca; DMZ = diámetro de mazorca; NHIL = número de hileras; GRHIL = granos por hilera; LARGR = longitud de grano; GRGR = grosor de grano; ANGR = ancho de grano; DOL = diámetro de elote; Máximo= valor máximo; Mínimo= valor mínimo, DMS= Diferencia mínima significativa.

a = means belonging to the upper group statistically ($P < 0.05$); GEN = genotype; RENHA = yield; DFF = days to silking; PELOTE = ear weight; CSST = total soluble solids content; LMZ = ear length; DMZ = ear diameter; NHIL = number of rows; GRHIL = grains per row; LARGR = grain length; GRGR = grain thickness; ANGR = grain width; DOL = cob diameter; Maximum= maximum value; Minimum= minimum value, LSD= Least Significant Difference.

de 24.2 días (Cuadro 3). A pesar de que la diferencia es de prácticamente un mes, el ciclo es lo suficientemente corto como para permitir que durante el año pueda tenerse al menos dos cosechas. Revisando el comportamiento de esta variable por grupo de coloración, se encontró que los maíces azules y blancos tuvieron el mismo promedio en días al 50 % de floración femenina, con 87.5 y 87.6 días, respectivamente. Los maíces rojos fueron más precoces, con 78.5 días en promedio. El intervalo fue diferente entre los maíces blancos y azules. El intervalo en los blancos fue de 16.7 días, con un mínimo de 79 y un máximo de 95.7 días, mientras que en los maíces azules el intervalo fue de 6.8 días,

Even though the tender ears of the outstanding group (Table 3) did not reach lengths reported by Coutiño *et al.* (2010a) for the landraces Tuxpeño and Comiteco, diameters were similar, particularly those of the Comiteco races. Here, it would be convenient to mention Tracy (2000), who states that the standards for appearance of tender ears (row number and arrangement, fill of grains at tip, grain width and length, shape and size) vary from market to market and even at different parts of the year. This variability in criteria can partly explain differences in expression of ear traits among the native populations of maize used for the same purpose. Another important factor is the genetic stock.

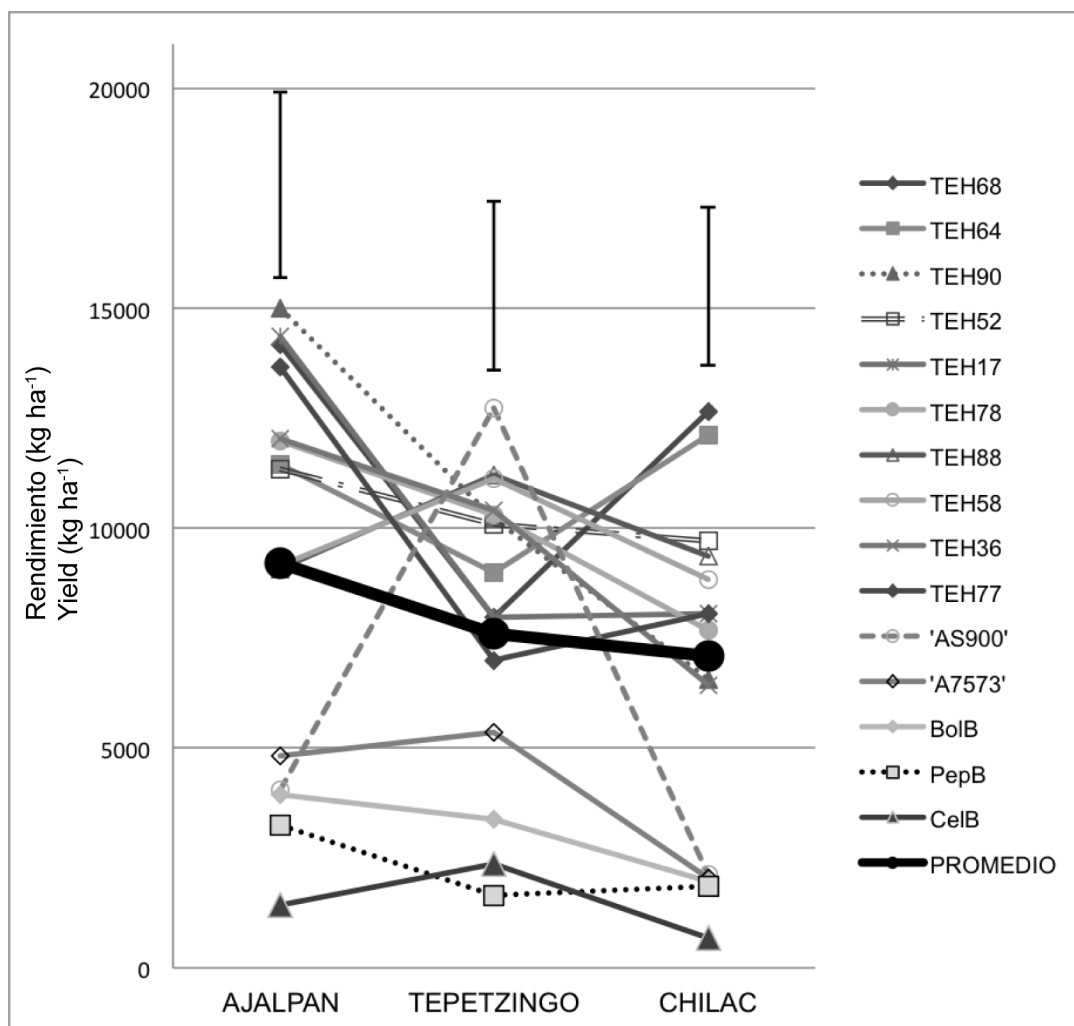


FIGURA 1. Rendimiento de elote del grupo de mejores poblaciones nativas y testigos en las tres localidades de prueba en 2009. Las barras verticales representan la DMS ($P \leq 0.05$) apropiada para comparar las variedades en una misma localidad.

FIGURE 1. Tender ear yield of the group of outstanding native populations and controls in three experimental localities in 2009. Vertical bars represent the LSD ($P \leq 0.05$) appropriate for comparing varieties from a single locality.

con un mínimo de 83.5 y un máximo de 90.3 días. El rojo tuvo un rango aun mayor con un valor mínimo de 71.5 y un máximo de 89.5 días. Ángeles-Gaspar *et al.* (2010) encontraron en Molcaxac, Puebla, que el intervalo de los maíces blancos en días a floración femenina fue más amplio que el de los maíces azules y que los azules fueron más precoces que los blancos. El promedio de días al 50 % de floración femenina en las localidades de evaluación fue 86.7, con una variación muy ligera pero significativa ($P \leq 0.05$). En promedio, en Ajalpan, Tepetzingo y Chilac los promedios fueron 87.9, 86.9, y 85.4 días, respectivamente.

El análisis de diversas características físicas de la calidad del elote, como peso, longitud y ancho, reveló que existieron diferencias ($P \leq 0.05$) entre las variedades evaluadas. A nivel grupal, el peso promedio de un elote, varió de 62.1 a 490.8 g; el largo, de 9.4 a 15.8 cm, y el diámetro, de 3.6 a 5.6 cm (Cuadro 3). Revisando estas variables para el grupo de poblaciones sobresalientes, se tuvieron los si-

Examining the variables that determined length, thickness and width of the grain, it was observed that none of the populations outstanding in ear yield were outstanding in grain length, thickness or width. Ten varieties of the group outstanding in yield were in the group with the thickest ears, which may be a non-desirable trait (Table 3).

In total soluble solids, there was a broad variation ($P \leq 0.05$) among the materials studied, ranging from 7.5 to 12.4 °Brix. The outstanding group comprised 14 varieties, thirteen native populations (with average values of 7.5 to 11.3 °Brix) and the control representing the Bolita landrace, which reached the maximum value with 12.4 °Brix. The commercial hybrids 'A7573' and 'AS900' had 9.1 and 7.9 °Brix, respectively (Table 3). The content of total soluble solids of the outstanding group surpassed the averages reported by Coutiño *et al.* (2010a) for Tuxpeño maize (7.7 °Brix) and Comiteco maize. Moreover, native populations that had values close to or higher than 10 °Brix (Table 3) were detected;

guientes intervalos: 375.5 a 476.4 g para peso de un elote; 11.1 a 15.3 cm en longitud, y 4.7 a 5.6 cm en diámetro (Cuadro 3). La mejor población para los tres atributos fue la TEH77. El testigo con el rendimiento más alto ('AS900') presentó valores menores que el grupo superior en las tres variables consideradas, con 168.1 g, 10.5 y 4.1 cm para peso de un elote, largo y diámetro de mazorca, respectivamente (Cuadro 3).

Aun cuando los elotes del grupo superior (Cuadro 3) no alcanzaron las longitudes reportadas por Coutiño *et al.* (2010a) para maíces de las razas Tuxpeño y Comiteco, sí tuvieron diámetros similares, particularmente a los comitecos. Aquí es conveniente retomar lo expuesto por Tracy (2000), quien menciona que los estándares para características de apariencia del elote (número y arreglo de hileras, llenado de puntas, ancho y largo de grano, forma y tamaño) varían de mercado en mercado e incluso a lo largo del año. Esta variabilidad en criterios puede explicar en parte el diferente nivel de expresión de características del elote entre poblaciones nativas de maíz empleadas con el mismo fin. Otro factor importante es el acervo genético.

Al examinar las variables que midieron el largo, grosor y ancho de grano, se observó que ninguna de las poblaciones sobresalientes en rendimiento de elote lo fue en largo, grosor y ancho de grano. Diez variedades del grupo sobresaliente en rendimiento estuvieron en el grupo con mayor grosor de elote, lo que puede ser una característica no deseable (Cuadro 3).

En sólidos solubles se evidenció una amplia variación entre los materiales estudiados ($P \leq 0.05$), la cual abarcó un intervalo de 7.5 a 12.4 °Brix. El grupo sobresaliente estuvo constituido por 14 variedades: trece poblaciones nativas (con valores promedio de 7.5 a 11.3 °Brix) y el testigo representante de la raza Bolita, el cual alcanzó el máximo valor, con 12.4 °Brix. Los híbridos comerciales 'A7573' y 'AS900' tuvieron 9.1 y 7.9 °Brix, respectivamente (Cuadro 3). El contenido de sólidos solubles totales alcanzado por el grupo sobresaliente superó al promedio reportado por Coutiño *et al.* (2010a) para maíces tuxpeños (7.7 °Brix) y comitecos (10.5 °Brix). Incluso, se detectaron poblaciones nativas que tuvieron valores muy próximos o mayores a 10 °Brix (Cuadro 3), cercanos a los encontrados en los maíces más dulces identificados por los autores antes mencionados. Esto constituye un hallazgo importante, más si se considera lo reportado por Coutiño *et al.* (2010b) y Valdivia *et al.* (2010), en cuanto a que el contenido de sólidos solubles totales es una característica en la cual los efectos genéticos aditivos son significativos, por lo que su nivel de expresión puede mejorarse a través de esquemas de selección recurrente.

Dentro del grupo de materiales sobresalientes en rendimiento también se identificaron variedades en el grupo

these are near those found in sweeter maize races identified by the mentioned authors. This is a very important finding. Coutiño *et al.* (2010b) and Valdivia *et al.* (2010) reported that the content of total soluble solids is a trait in which additive genetic effects are significant, and thus their level of expression can improve through recurrent selection.

Among the outstanding materials in yield, varieties superior in soluble solids content were also identified such as TEH90 and TEH77, which had 10.7 and 11.3 °Brix, respectively (Table 3). From the native populations studied, TEH77 had the largest number of desirable traits for tender ear yield and quality. This variety had an average yield of 9,576 kg·ha⁻¹, 11.3 °Brix, ear length and width of 13.7 and 5.5 cm, and 30.7 grains per row. This population surpassed the best commercial control 'AS900' by 52, 146, 23, 30, 33, 32 and 47 % in yield (kg·ha⁻¹), ear weight (g), total soluble solids (°Brix), ear length and diameter (cm) and number of rows and grains per row, respectively.

CONCLUSIONS

Among the native population of maize cultivated in the Tehuacán Valley, a high level of variation was detected in tender ear yield and for diverse attributes of quality. In particular, accession TEH77 was outstanding for yield and tender ear quality.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the Colegio de Postgraduados and the Mixed funds CONACYT-Government of the state of Puebla for funding this Project (PUE-2007-01-76993) "Genetic diversity conservation and plant breeding of local maize (*Zea mays* L.) populations in the main growing regions of the state of Puebla."

End of English Version

superior en contenido de sólidos solubles como la TEH90 y la TEH77, que tuvieron 10.7 y 11.3 °Brix, respectivamente (Cuadro 3). De las poblaciones nativas estudiadas, la identificada como TEH77 obtuvo el mayor número de características deseables para rendimiento y calidad de elote, presentó un rendimiento promedio de 9,576 kg·ha⁻¹, 11.3 °Brix de sólidos solubles, largo y ancho de mazorca de 13.7 y 5.5 cm, y 30.7 granos por hilera. Esta población superó al mejor testigo comercial 'AS900' en 52, 146, 23, 30, 33, 32 y 47 % en rendimiento (kg·ha⁻¹), peso de elote (g), sólidos solubles totales (°Brix), longitud y diámetro de mazorca (cm), y número de hileras y granos por hileras, respectivamente.

CONCLUSIONES

Entre las poblaciones nativas de maíz cultivadas en el Valle de Tehuacán se detectó un alto nivel de variación del rendimiento de elote y de diversos atributos indicadores de la calidad del mismo. En particular, la accesión TEH77 destacó por su rendimiento y calidad de elote sobresalientes.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados y al Fondo Mixto CO-NACYT-Gobierno del Estado de Puebla, por el apoyo económico brindado para la conducción de este proyecto, a través del Proyecto PUE-2007-01-76993 "Diversidad genética, conservación y fitomejoramiento de poblaciones locales de maíz (*Zea mays* L.) en las principales regiones productoras de Puebla".

LITERATURA CITADA

- ÁNGELES-GASPAR, E.; ORTIZ-TORRES, E.; LÓPEZ, P. A.; LÓPEZ-ROMERO, G. 2010. Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(4): 287-296. <http://revistafitotecniamexicana.org/documentos/33-4/2a.pdf>
- ANÓNIMO. 2004. SAS/STAT 9.0. User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, NC. pp: 1731-1900.
- ANÓNIMO. 2009. Anuario Estadístico de Puebla 2009. Tomo II. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Aguascalientes. 1004 p. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee09/estatal/pue/default.htm>
- ANÓNIMO. 2011. Anuario Estadístico de Puebla 2011. Tomo II. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Aguascalientes. 596 p. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee11/estatal/pue/default.htm>
- ANÓNIMO. 2012. Anuario estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (diciembre de 2012)
- ARELLANO V., J. L.; GÁMEZ V., A. J.; ÁVILA P., M. A. 2010. Potencial agronómico de variedades criollas de maíz caca-huacintle en el valle de Toluca. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(Esp4): 37-41. <http://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/33-3%20Especial%204/7a.pdf>
- AZANZA, F.; JUVIK, J. A.; KLEIN, B. P. 1994. Relationships between sensory quality attributes and kernel chemical composition of fresh-frozen sweet corn. *Journal of Food Quality* 17(2):159-172. doi: 10.1111/j.1745-4557.1994.tb00140.x
- AZANZA, F.; KLEIN, B. P.; JUVIK, J. A. 1996. Sensory characterization of sweet corn lines differing in physical and chemical composition. *Journal of Food Science* 61(1):1365-2621. doi: 10.1111/j.1365-2621.1996.tb14772.x
- COCHRAN, W. G.; COX, G. M. 1965. Diseños Experimentales. Ed. Trillas. México, D. F. 666 p.
- COUTIÑO-ESTRADA, B.; VIDAL-MARTÍNEZ, V. A.; SÁNCHEZ-GRAJALES, G. 2010a. Selección de maíces criollos con calidad elotera bajo condiciones de riego y temporal en Chiapas, pp. 178-190. *In: Mejoramiento, Conservación y Uso de los Maíces Criollos*. Nájera-Rincón, M. B.; Ramírez-Mandujano, C. A. (eds). Publicación Especial. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. D. F.
- COUTIÑO E., B.; VIDAL M., V. A.; CRUZ G., B. CRUZ V., C. 2010b. Aptitud combinatoria general y específica del contenido de azúcares en maíces criollos eloteros. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(Esp4): 57-61. <http://revistafitotecniamexicana.org/documentos/33-3 %20Especial %204/10a.pdf>
- DENIS, J.-B.; GOWER, J. C. 1996. Asymptotic confidence regions for biadditive models: interpreting genotype-environment interactions. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)* 45(4): 479-493
- ESPINOSA, A.; SIERRA, M.; GOMEZ, N. 2002. Producción y tecnología de semillas mejoradas de maíz por el INI-FAP en el escenario sin la PRONASE. *Agronomía Mesoamericana* 14(1): 117-121. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43714116>
- FLORA, L. F.; WILEY, R. C. 1974. Sweet corn aroma, chemical components and relative importance in the overall flavor response. *Journal of Food Science*. 39(4): 770-773. doi:10.1111/j.1365-2621.1974.tb17976.x
- GARCÍA, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen; para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Dirección General de Publicaciones. UNAM. México, D.F. p. 132.
- GIL, M., A. 2006. Introducción al Fitomejoramiento en Cultivos Anuales. Altres-Costa Amic y Colegio de Postgraduados. México. 82 p.
- GIL- MUÑOZ, A.; LÓPEZ, P. A.; MUÑOZ O., A.; LÓPEZ-SÁNCHEZ, H. 2004. Variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el estado de Puebla, México: diversidad y utilización, pp:18-25. *In: Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agroecosistemas Tradicionales*. CHÁVEZ-SERVIA, J. L.; TUXILL, J.; JARVIS, D. I. (eds). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. http://www.researchgate.net/publication/232041690_Manejo_de_la_diversidad_de_los_cultivos_en_los_agroecosistemas_tradicionales/file/9fcfd5073651a2e8bf.pdf#page=26

- GONZÁLEZ C., F.; PEÑA R., A.; NUÑEZ H., G. 2006. Etapas de corte, producción y calidad forrajera de híbridos de maíz de diferente ciclo biológico. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(Esp2): 103-107. <http://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/29-2%20Especial%202/18a.pdf>
- GUERRERO, H., M.; ORTEGA C., A.; VIDAL M., V.A., PALACIOS V., O.; COTA A., O. 2010. Diversidad y distribución de los maíces nativos en el Noroeste de México *In: Mejoramiento, Conservación y Uso de los Maíces Criollos*. NÁJERA-RINCÓN, M. B.; RAMÍREZ-MANDUJANO, C. A. (eds). Publicación Especial. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. D. F. pp. 119-129.
- HERRERA-CABRERA, B. E.; CASTILLO-GONZÁLEZ, F.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, J. J.; HERNÁNDEZ-CASILLAS, J. M.; ORTEGA-PACZKA, R. A.; MAJOR-GOODMAN, M. 2004. Diversidad del maíz chalqueño. *Agrociencia* 38(2): 191-206. <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2004/mar-abr/art-7.pdf>
- HORTELANO S. R., R.; GIL M., A.; SANTACRUZ V., A.; MIRANDA C., S.; CÓRDOVA T.; L. 2008 Diversidad morfológica de maíces nativos en el valle de Puebla. *Agricultura Técnica en México* 34(2): 189-200. <http://scielo.unam.mx/pdf/agritm/v34n2/v34n2a6.pdf>
- KATO Y., T. A.; MAPES S., C.; MERA O., L. M.; SERRATOS H., J. A.; BYE B., R. 2009. Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. 116 p. <http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/Origen%20del%20MaizUv.pdf>
- LERTRAT, K.; PULAM, T. 2007. Breeding for increased sweetness in sweet corn. *International Journal of Plant Breeding* 1(1):27-30. http://www.globalsciencebooks.info/Journals-Sup/images/0706/IJPB_1%281%2927-30o.pdf
- MUÑOZ O., A. 2005. Centli Maíz, Ed. América. D.F., México. 210 p.
- ORTEGA P., R. 2003. La diversidad del maíz en México. *In: ESTEVA, G.; MARIELLE, C. (coords) Sin maíz no hay país*. Museo Nacional de Culturas Populares. México, D. F. pp. 123-154
- PALIWAL, R. L., GRANADOS, G.; LAFITTE, H. R.; VIOLIC, A. D.; MARATHÉE, J. P. 2001. El Maíz en los Trópicos: Mejoramiento y Producción, FAO, Departamento de Agricultura. Roma. <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/X7650S00.HTM>
- SERRATOS H., J. A. 2009. El Origen y la Diversidad del Maíz en el Continente Americano. Greenpeace. Ciudad de México, México. 33 p. <http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2009/3/el-origen-y-la-diversidad-del.pdf>
- SIMONNE, E.; BOOZER, R.; SIMONNE, A. 1999. Yield, ear characteristics, and consumer acceptance of selected white sweet corn varieties in the southeastern United States. *HortTechnology* 9(2):289-293. <http://horttech.ashspublications.org/content/9/2/289.short>
- TRACY, W. F. 2000. Sweet corn, pp. 147-187. *In: Specialty Corns*. Hallauer, A. R. (ed). CRC Press. Second Edition. Boca Raton, Florida. United States of America. <http://pustakapertanianub.staff.ub.ac.id/files/2012/12/Specialty-Corns.pdf>
- VALDIVIA-BERNAL, R.; CARO-VELARDE, F. DE J.; MEDINA-TORRES, R.; ORTIZ-CATÓN, M.; ESPINOZA-CALDERÓN, A.; VIDAL-MARTÍNEZ, V. A.; ORTEGA-CORONA, A. 2010. Contribución genética del criollo Jalisco en Variedades eloteras del maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(Esp4):63-67. <http://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/33-3%20Especial%204/11r.pdf>
- WELLHAUSEN E. J., ROBERTS L., M.; HERNÁNDEZ X., E., MANGELSDORF P., C. 1951. Razas de maíz en México: Su origen, características y distribución. Folleto técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería, México. 239 p.