

Caracterización fenotípica de híbridos y variedades de maíz forrajero en Valles Altos del Estado de México, México*

Phenotypic characterization of hybrids and varieties of forage maize in High Valley State of Mexico, Mexico

José Ramón Pascual Franco Martínez¹, Andrés González Huerta^{2§}, Delfina de Jesús Pérez López² y Manuel González Ronquillo³

¹Facultad de Ciencias Agrícolas-Universidad Autónoma del Estado de México, Campus Universitario “El Cerrillo”. El Cerrillo Piedras Blancas, Municipio de Toluca, Estado de México, México (CPB-TEM). Tel: 01(722) 2965574. ²Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento, FCAgri, UAEMéx, CPB-TEM. A. P. 435. Tel: 01(722) 2965519. Ext. 148. ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAEMéx. CPB-TEM. Tel: 01(722) 3966032. (jrfrancom@uaemex.mx; djperezl@uaemex.mx; mrg@uaemex.mx). [§]Autor para correspondencia: agonzalezh@uaemex.mx.

Resumen

En México, la aplicación de la selección e hibridación han generado maíces de mayor producción de grano y los criollos se usan con doble propósito pero existe escasa información sobre su potencial para desarrollar materia verde y seca. Este estudio se realizó en 2013 para identificar cultivares forrajeros sobresalientes para el Valle Toluca-Atlaconulco, México. 29 cultivares fueron evaluados en campo bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones por sitio. El análisis de los datos a través de las cuatro localidades se hizo como una serie de experimentos en espacio. Los resultados más importantes mostraron que las mejores localidades para la evaluación del material genético fueron Metepec y Tiacaque. Los cultivares Victoria, H-159 y SBA-470 constituyeron la fracción superior de los programas de hibridación obtenidos a partir de metodologías convencionales y los Amarillos Allende, San Cayetano y Portes Gil, Cacahuacintles Tlacotepec y San Cristóbal y Blancos Tlacotepec y San Diego representan la obra artística y cultural de los agricultores mexicanos que, por medio de selección masal visual aplicada a las dimensiones de la mazorca y de la planta, han incrementado el potencial productivo de grano y forraje. Las mayores producciones en forraje verde y seco que se obtuvieron en el material genético

Abstract

In Mexico, the application of the selection and hybridization have generated increased production of maize grain and Landraces used for double purpose, but there is little information on its potential to develop green and dry matter. This study was conducted in 2013 to identify outstanding forage cultivars for Toluca-Atlaconulco Valley, Mexico. 29 cultivars were evaluated in field under an experimental design of randomized complete block with three replicates per site. The data analysis through the four locations was done as a series of experiments in space. The most important results showed that the best sites for the evaluation of genetic material were Metepec and Tiacaque. The Victoria, H-159 and SBA-470 cultivars were the top fraction of hybridization programs obtained from conventional methodologies and Amarillo Allende, San Cayetano and Portes Gil, and San Cristobal Cacahuacintles Tlacotepec, Blancos Tlacotepec and San Diego, represent the artistic and cultural work of the State of Mexico farmers who, by means of visual mass selection applied to the dimensions of the ear and plant, have increased the productive potential of grain and fodder. The higher yields in green and dry fodder obtained in the most outstanding genetic material are explained by significant increases in the number of leaves per plant, male flowering,

* Recibido: julio de 2015
Aceptado: noviembre de 2015

más sobresaliente se explican por aumentos significativos en número de hojas por planta, floración masculina, altura de planta, y producciones de materia verde y seca de elote, tallos y hojas. Los cultivares más sobresalientes podrían emplearse para derivar líneas endogámicas y formar nuevas variedades e híbridos forrajeros o destinarse a un programa de aplicación, validación o generación de tecnología agropecuaria.

Palabras clave: *Zea mays*, análisis multivariados, maíces forrajeros sobresalientes, razas de Valles Altos del Centro de México.

Introducción

En América Latina los maíces (*Zea mays* L.) de granos blancos y amarillos se usan principalmente en la elaboración de tortillas y en la alimentación animal. El maíz forrajero es la principal fuente en el centro de México (Antolín *et al.*, 2009), y su ensilado es el más utilizado en las principales cuencas lecheras por su alto valor energético y elevada producción de materia verde y/o seca (MV y MS), lo cual incrementa las ganancias por su explotación (Peña *et al.*, 2010). En México se siembran con maíz forrajero 137 432 ha en riego y 440 382 ha en temporal, con rendimientos de 33.6 a 47.7 y de 17.4 a 20.7 t ha⁻¹ de MV, respectivamente (SAGARPA, 2014); otros rendimientos en riego varían de 70 a 95 t ha⁻¹ de MV, y más de 20.0 t ha⁻¹ de MS (Núñez *et al.*, 1999; Peña *et al.*, 2008; Castillo *et al.*, 2009). Entre 1980 y 2010 el crecimiento en la producción de forraje, leche y carne de res fue de 61.2, 43.8 y 40%, respectivamente, pero los dos últimos están por debajo del incremento de la población mexicana (45.6%; Brambila-Paz *et al.*, 2014). La tasa media de crecimiento anual de maíz forrajero en 2012 y 2013 fue de 4.3 y 8.4, respectivamente. En el Estado de México se cosechan 26 187 ha y se obtienen 44.4 t ha⁻¹ de MV (SAGARPA, 2014).

Los maíces nativos ocupan de 70 a 80% de la superficie cultivada en México. En los Valles Altos de la Meseta Central, conformada por los estados de Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, y Estado de México se siembran 3.5 millones de ha con las razas Arrocillo Amarillo, Palomero Toluqueño, Cacahuacintle, Cónico y Chalqueño; las dos últimas se explotan ampliamente. Los agricultores mexicanos han incrementado la producción de MV o MS, así como el rendimiento de grano y otras variables agronómicas en sus criollos por medio de la selección masal visual y con la aplicación de paquetes tecnológicos que ellos han

plant height, and production of green and dry matter of corn, stalks and leaves. The most outstanding cultivars could be used to derive inbred lines and form new varieties and hybrids forage or allocated to an application program, validation or generation of agricultural technology.

Keywords: *Zea mays*, multivariate analysis, outstanding forage maize, races of the High Valley on the Center Mexico.

Introduction

In Latin America, maize (*Zea mays* L.) of white and yellow grain are mainly used in making tortillas and animal feed. Feed corn is the main source in the center of Mexico (Antolín *et al.*, 2009), and silage is the most widely used in major dairy areas for its high energy value and high production of green and dry matter (MV and MS), which increased its operating profit (Peña *et al.*, 2010). In Mexico are planted with forage maize 137 432 ha in irrigation and 440 382 ha in rainfed, yielding 33.6 to 47.7 and 17.4 to 20.7 t ha⁻¹ of MV, respectively (SAGARPA, 2014); other irrigation yields vary from 70 to 95 t ha⁻¹ of MV, and more than 20.0 t DM ha⁻¹ (Núñez *et al.*, 1999; Peña *et al.*, 2008; Castillo *et al.*, 2009). Between 1980 and 2010 the growth in the production of forage, milk and beef was 61.2, 43.8 and 40%, respectively, but the last two are below the increase in the Mexican population (45.6%; Brambila-Paz *et al.*, 2014). The average annual growth rate of forage maize in 2012 and 2013 was 4.3 and 8.4, respectively. In the State of Mexico they harvested 26,187 ha and 44.4 t ha⁻¹ obtained MV (SAGARPA, 2014).

Native maize occupy 70 to 80% of the cultivated area in Mexico. In the high valleys of the Central Plateau, formed by the States of Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, State of Mexico and 3.5 million ha with Arrocillo Amarillo, Palomero Toluqueño, Cacahuacintle, Cónico and Chalqueño races are planted; the latter two are widely exploited. Mexican farmers have increased production of MV or MS, as well as grain yield and other agronomic traits in its local through visual mass selection and application of technology packages that they have generated (Wellhausen *et al.*, 1951; González *et al.*, 2008; Rocandio-Rodríguez *et al.*, 2014). In the State of Mexico 573 000 ha of corn for grain was planted; the main producing area is the Toluca-Atacomulco Valley with almost 250 000 ha. The races that predominate are Cacahuacintle, Cónico and Chalqueño

generado (Wellhausen *et al.*, 1951; González *et al.*, 2008; Rocandio-Rodríguez *et al.*, 2014). En el Estado de México se siembran 573 000 ha de maíz para grano; la principal zona productora es el Valle Toluca-Atlacomulco con casi 250 000 ha. Las razas que predominan son Cacahuacintle, Cónico y Chalqueño usadas para la producción de elote, grano y forraje; sus rendimientos en la segunda modalidad varían de 4 a 11.36 t ha⁻¹ (González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008; Reynoso *et al.*, 2014, Rodríguez *et al.*, 2015).

El mejoramiento genético que se ha realizado en la Meseta Central de México se ha enfocado principalmente a la obtención de cultivares de mayor producción de grano pero se han descuidado sus atributos de calidad y sus propiedades forrajeras. Los criollos se siembran con doble propósito y su rastrojo es un subproducto importante para la alimentación de varias especies en unidades de producción campesina bajo condiciones de secano, por lo que debería darse especial atención a la generación de nuevos materiales con características deseables para la producción de leche y carne (Muñoz-Tlahuiz *et al.*, 2013; Peña *et al.*, 2012). Así, el objetivo principal del presente estudio fue evaluar criollos e híbridos para identificar una fracción forrajera sobresaliente que permite su recomendación en siembra comercial, para mejoramiento genético y para aplicar, validar o generar tecnología agropecuaria.

Materiales y métodos

En el ciclo agrícola primavera-verano de 2013 se establecieron cuatro experimentos en Metepec, El Cerrillo Piedras Blancas, Mina México y Tiacaque (Municipios de Metepec, Toluca, Almoloya de Juárez y Jocotitlán), localizadas en el Valle Toluca-Atlacomulco, Estado de México, México; éstas presentan diferencias en ubicación geográfica, precipitación, clima, pH, materia orgánica y tipo de suelo (Cuadro 1).

Se utilizaron 10 híbridos y 19 variedades. Los primeros son explotados para la producción de grano o con doble propósito; cuatro son amarillos y seis blancos. La colecta de las variedades se hizo en Metepec, Santiago Tianguistenco, Zinacantepec, Toluca, Almoloya de Juárez, Ixtlahuaca, Jiquipilco, Temoaya y San Felipe del Progreso; según el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) 10 cultivares amarillos pertenecen a la raza Cónico, y de las otras nueve de grano blanco, cinco son Cónico, dos Cónico-Chalqueño y dos Cacahuacintle (Cuadro 2).

used for the production of corn, grain and forage; their performance in the second mode range from 4 to 11.36 t ha⁻¹ (González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008; Reynoso *et al.*, 2014; Rodríguez *et al.*, 2015).

Genetic improvement has been made in the Central Plateau of Mexico, primarily focused on obtaining cultivars of higher grain but have neglected their quality attributes and their forage properties. The Landraces are planted with stubble dual purpose and is an important food species of several units of rural production under dryland conditions byproduct, so special attention should be given to the creation of new materials with desirable characteristics for the production of milk and meat (Muñoz-Tlahuiz *et al.*, 2013; Peña *et al.*, 2012.). Thus, the main objective of this study was to evaluate Landrace and hybrid to identify outstanding forage fraction that allows its recommendation on commercial planting, for breeding and to implement, validate or generate agricultural technology.

Materials and methods

In the spring-summer 2013, the agricultural cycle four experiments were established in Metepec, El Cerrillo Piedras Blancas, Mina Mexico and Tiacaque (municipalities of Metepec, Toluca, Almoloya de Juárez and Jocotitlán), located in the Toluca-Atlacomulco Valley, State of Mexico, Mexico; they differ in geographical location, rainfall, climate, pH, organic matter and soil type (Table 1).

10 hybrid and 19 varieties were used. The former are exploited for the production of grain or dual purpose; four are yellow and six white. The collection of varieties was done in Metepec, Santiago Tianguistenco, Zinacantepec, Toluca, Almoloya de Juárez, Ixtlahuaca, Jiquipilco, Temoaya and San Felipe; according to the National Research Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP), 10 yellow cultivars belong to the Cónico race, and nine other grain white, five are Cónico, Two Cónico-Chalqueño and two Cacahuacintle (Table 2).

The 29 cultivars were evaluated in field in an experimental design of randomized complete block with three replicates per location. The plot consisted of three rows of 7 m long and 0.80 m wide (16.8 m²); the middle row was useful plot (5.6 m²). Sowing was done manually 11, 18, 23 and April 30 in El Cerrillo Piedras Blancas, Mina Mexico, Metepec and

Cuadro 1. Características de las localidades.
Table 1. Characteristics of the towns.

Características	Metepec	Mina México	El Cerrillo Piedras Blancas	Tiacaque
Latitud norte	19° 14' 54"	19° 20' 20"	19° 24' 40"	19° 42' 16"
Longitud oeste	99° 34' 32"	99° 41' 03"	99° 41' 58"	99° 42' 11"
Altitud (m)	2662	2630	2611	2569
Temperatura media (°C)	12.84	12.61	13.02	13.34
Precipitación (mm)	806.9	642.9	763	912.4
Clima	Templado sub húmedo	Templado semiseco	Templado semiseco	Templado sub húmedo
pH	5.61	5.52	6.29	6.18
Materia orgánica (%)	1.75 (medio-bajo)	1.79 (medio-bajo)	1.88 (medio)	2.74 (medio-alto)
Textura	Franco-arenoso (13arc-19Li-68%are)	Franco-arcillo-arenoso (30arc-26Li-44%are)	Franco-arcilloso (29Li-39%are)	Arcilloso (47arc-26Li-27%are)

Fuente: CONAGUA (2013).

Cuadro 2. Material genético evaluado.
Table 2. Genetic material evaluated.

Código	Híbrido	Procedencia	Tipo	Color del grano
1	S-4(30)	ICAMEX	Sintético	Amarillo
9	Insurgente	ICAMEX	Triple	Amarillo
3	P-1832	Pioneer	Triple	Amarillo
4	SBA-470	Berentsen	Triple	Amarillo
5	H-40	INIFAP	Triple	Blanco
6	H-159	INIFAP	Triple	Blanco
7	AS-722	ASPROS	Triple	Blanco
8	AS-820	ASPROS	Triple	Blanco
2	Victoria	ICAMEX	Simple	Blanco
11	P-804W	Pioneer	Triple	Blanco
	Variedad	Municipio de colecta	Raza*	
10	Zanahoria	Metepec	Cónico	Amarillo
12	San Diego	Almoloya de Juárez	Cónico	Amarillo
13	Allende	Temoaya	Cónico	Amarillo
14	San José	Temoaya	Cónico	Amarillo
15	San Cayetano	Toluca	Cónico	Amarillo
16	Tlacotepec	Toluca	Cónico	Amarillo
17	Lomas	Almoloya de Juárez	Cónico	Amarillo
18	San Cristóbal	Zinacantepec	Cónico	Amarillo
28	Fresno Nichi	San Felipe del Progreso	Cónico	Amarillo
29	Emilio Portes Gil	San Felipe del Progreso	Cónico	Amarillo
19	San Cayetano	Toluca	Cónico-Chalqueño	Blanco
20	Tlacotepec	Toluca	Cónico-Chalqueño	Blanco
21	San Mateo Otza.	Toluca	Cónico	Blanco
22	Ixtlahuaca	Ixtlahuaca	Cónico	Blanco
23	Jiquipilco	Jiquipilco	Cónico	Blanco
24	Xalatlaco	Santiago Tianguistenco	Cónico	Blanco
25	San Diego	Almoloya de Juárez	Cónico	Blanco
26	Tlacotepec	Toluca	Cacahuacintle	Blanco
27	San Cristóbal	Zinacantepec	Cacahuacintle	Blanco

*INIFAP Valle de México.

Los 29 cultivares se evaluaron en campo en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones por localidad. La parcela constó de tres surcos de 7 m de longitud y 0.80 m de ancho (16.8 m²); la hilera central fue la parcela útil (5.6 m²). La siembra manual se realizó el 11, 18, 23 y 30 de abril en El Cerrillo Piedras Blancas, Mina México, Metepec y Tiacaque, respectivamente; se aplicó un riego 4-5 días después de la siembra, excepto en la tercera localidad. En cada hilera fueron depositadas tres semillas por mata cada 30 cm, dejando dos plantas cuando el cultivo tenía 20 cm (83 333 plantas ha⁻¹). La preparación del suelo consistió en barbecho, cruza y rastra. Se fertilizó con 150N-90P-50K: se aplicó la tercera parte del nitrógeno, todo el fósforo y el potasio al surcar y el resto en la segunda escarda. El control de maleza se hizo con cultivadora y 1.5 L ha⁻¹ de atrazina + s-metolachlor en posemergencia temprana al cultivo, mezclado en 200 L de agua. El frailecillo (*Macroductillus* spp.) fue controlado con 1.5 L ha⁻¹ de malatión. El material genético se cosechó cuando el grano estaba masoso.

Se registró floración masculina (FM, días transcurridos desde la siembra hasta que 50% de las plantas derramaron polen), altura de planta (AP, medida desde la superficie del suelo hasta la lígula de inserción de la hoja bandera), número de hojas (NH), diámetro de tallo (DT, se midió en cm dos entrenudos abajo del elote), acame (Ac, porcentaje de plantas con inclinación mayor a 45°). AP, NH, DT y AC se determinaron con ocho datos. Las plantas con elote en una línea de 3 m se emplearon para determinar las materias verde total (MVT, t ha⁻¹) y de elote con brácteas (MVE, t ha⁻¹); el peso fresco de tallos y hojas también se calculó (MVTH, t ha⁻¹); de la MVE y la MVTH se tomó 10% para secarla en una estufa a 60 °C y con humedad constante se obtuvo su materia seca (MSE y MSTH, t ha⁻¹). Con MSE y MSTH se determinó materia seca total (MST, t ha⁻¹).

Se generó un análisis de varianza combinado (Anacom). Las medias de localidades y de cultivares se compararon con la prueba de Tukey ($p < 0.01$) y las salidas se obtuvieron con el Sistema para Análisis Estadístico (SAS Institute Inc., versión 9.0). También se aplicaron los análisis de componentes principales y de conglomerados en la forma como lo sugirieron Sánchez (1995) y González *et al.* (2010). Los cuadrados medios del Anacom fueron utilizados para estimar la variabilidad genética en los 29 cultivares. El biplot fue elaborado con Microsoft Excel Ver. 1997-2003 con las puntuaciones de los CP1 y CP2 generadas por SAS (1999).

Tiacaque, respectively; irrigation was applied 4-5 days after seeding, except the third location. In each row were deposited three seeds per plant every 30 cm, leaving two plants when the crop was 20 cm (83 333 plants ha⁻¹). The preparation consisted of fallow land, crosses and drag. It was fertilized with 150N-90P-50K: a third of the nitrogen was applied, all the phosphorus and potassium trench and the rest in the second weeding. Weed control was done with tiller and 1.5 L ha⁻¹ atrazine + s-metolachlor in early cultivation mixed in 200 L of water post-emergence. Puffin (*Macroductillus* spp.) was controlled with 1.5 L ha⁻¹ of malathion. The genetic material was harvested when the grain was doughy.

Male flowering (FM, days from planting to 50% of the plants shed pollen), plant height (AP measured from the ground surface to the insertion of the flag leaf), leaf number was recorded (NH), stem diameter (DT, was measured in two internodes cm below the corn), lodging (Ac, percentage of plants with higher than 45° inclination). AP, NH, DT and AC were determined with eight data. Corn plants in a line of 3 m were used to determine the overall green materials (MVT, t ha⁻¹) and corn with husks (MVE, t ha⁻¹); the fresh weight of stems and leaves was also calculated (MVTH, t ha⁻¹); MVE and 10% MVTH took to dry in an oven at 60 °C with constant humidity and its dry matter (MSE and MSTH, t ha⁻¹) was obtained. MSTH with MSE and total dry matter (MST, t ha⁻¹) was determined.

Combined analysis of variance (Anacom) was generated. Mean localities and cultivars were compared with the Tukey test ($p < 0.01$) and outputs were obtained with the Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., version 9.0). The principal component analysis and cluster in the way suggested by Sánchez (1995) and González *et al.* (2010) were also applied. Anacom squares means were used to estimate the genetic variability of 29 cultivars. The biplot was developed with Microsoft Excel Ver. 1997 to 2003 with scores generated by CP1 and CP2 SAS (1999).

Results and discussion

In the Toluca-Atlacomulco Valley, Mexico localities are very heterogeneous, there is wide diversity between maize and common phenotypic instability. The choice of locations appropriate in the presence of genotype x

Resultados y discusión

En el Valle Toluca-Atlacomulco, México las localidades son muy heterogéneas, existe amplia diversidad entre maíces y es común la inestabilidad fenotípica. La elección de localidades adecuadas en presencia de interacción genotipo x ambiente (IGA), es indispensable para ahorrar tiempo y recursos. La amplia variabilidad genética que hubo en los 29 cultivares (Cuadros 3 y 5) se atribuye a las diferencias que existen entre los criollos de las razas Cónico, Chalqueño y Cacahuacintle con los híbridos de INIFAP, ICAMEX, CIMMYT o empresas privadas (Cuadro 2). La IGA significativa que se detectó en todas las variables indica que la mayoría de los cultivares tuvieron adaptación específica siendo necesario conducir más ensayos en tiempo y espacio para estimar confiablemente los parámetros genético-estadísticos que permitan identificar una fracción superior. Los resultados anteriores son similares a los publicados por Rodríguez *et al.* (2002); González *et al.* (2006); González *et al.* (2008); Reynoso *et al.* (2014) y Rodríguez *et al.* (2015).

environment interaction (IGA), it is essential to save time and resources. The wide genetic variation that existed in the 29 cultivars (Tables 3 and 5) is attributed to the differences between the Landraces of the Cónico races, Chalqueño and Cacahuacintle with hybrids INIFAP, ICAMEX, CIMMYT or private companies (Table 2). The significant IGA was detected in all the variables indicates that most cultivars had specific adaptation being necessary to conduct more tests in time and space to reliably estimate the genetic-statistical parameters to identify a top fraction. The above results are similar to those published by Rodríguez *et al.* (2002); González *et al.*, (2006); González *et al.* (2008); Reynoso *et al.* (2014) and Rodríguez *et al.* (2015).

In Metepec, were significantly favored male flowering (FM) and dry corn and green materials, stems and leaves as well as total (MVE, MVTH, MVT, MSE, MSTH and MST). In the El Cerrillo Piedras Blancas, the highest averages were recorded in stem diameter (DT) and MVTH and MSTH. In Mina Mexico had the highest percentages of lodge and in Tiacaque, the plants had larger dimensions, were earlier and

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia estadística de los valores de F para producción de forraje y variables relacionadas.

Table 3. Mean squares and statistical significance of the values of F for forage production and related variables.

Fuente de variación	Grados de libertad	Floración masculina	Altura de planta	Número de hojas	Diámetro de tallo	Acame
Localidades (L)	3	3115.08**	0.89**	1.40*	0.28**	10158.86**
Repeticiones/L	8	1.5	0.02	0.36	0.05	133.11
Cultivares (G)	28	1134.52**	0.75**	14.8**	0.25**	3960.19**
L x G	84	4.85**	0.03**	0.64**	0.04*	756.1**
Error	224	0.57	0.01	0.42	0.02	138.8
Media		102.78	2.51	12.06	1.9	24.16
CV (%)		0.73	5.06	5.41	9.04	48.75
H ² (%)		99.57	96.03	95.7	84.13	80.9

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia estadística de los valores de F para producción de forraje y variables relacionadas (Continuación).

Table 3. Mean squares and statistical significance of the values of F for forage production and related variables (Continuation).

Fuente de variación	Grados de libertad	MVTH	MVE	MVT	MSTH	MSE	MST
Localidades (L)	3	290.67**	223.88**	545.21**	23.96**	16.65**	31.78**
Repeticiones	8	61.58	14.02	134.31	2.12	0.87	4.67
Cultivares (G)	28	1864.69**	208**	2503.8**	57**	10.02**	86.95**
L x G	84	106.91**	41.09**	212.24**	3.29**	2.54**	7.11**
Error	224	47.67	10.67	83.88	1.9	0.71	3.77
Media		62.48	26.49	88.98	11.56	6.81	18.38
CV (%)		11.05	12.32	10.29	11.92	12.42	10.55
H ² (%)		94.27	80.24	91.52	94.25	74.64	91.82

En Metepec se favorecieron significativamente floración masculina (FM) y las materias verde y seca de elote, tallos y hojas, así como total (MVE, MVTH, MVT, MSE, MSTH y MST). En El Cerrillo Piedras Blancas se registraron los mayores promedios en diámetro del tallo (DT) y En MVTH y MSTH. En Mina México se observaron los mayores porcentajes de acame y en Tiacaque las plantas tuvieron mayores dimensiones, fueron más precoces y rindieron bien en MSE y MST. Las mejores localidades para la producción de MVT y MST fueron Metepec y Tiacaque. González *et al.* (2006), González *et al.* (2008), Reynoso *et al.* (2014) y Rodríguez *et al.* (2015) comentaron que la heterogeneidad que existe entre localidades en el Centro del Estado de México se debe principalmente a sus diferencias en suelo, altitud, clima y precipitación pluvial (Cuadro 1).

performed well in MSE and MST. The best locations for the production of MVT and MST were Metepec and Tiacaque. González *et al.*, (2006), González *et al.*, (2008), Reynoso *et al.*, (2014) and Rodríguez *et al.*, (2015) commented that heterogeneity between localities in the State of Mexico Center is mainly due to differences in soil, altitude, climate and rainfall (Table 1).

The results shown in Figures 1 and 2 are consistent with those recommended by Sánchez (1995) and Reynoso *et al.*, (2014); when the values of the first two principal components are higher than 70%, the formation of groups of variables or cultivars could be very similar when this multivariate technique is applied together with the cluster (Rodríguez *et al.*, 2015).

Cuadro 4. Comparación de medias para producción de forraje de maíz y variables relacionadas evaluadas en cuatro localidades del Valle Toluca-Atlaconulco, Estado de México.

Table 4. Comparison of means for corn forage production and related variables evaluated in four locations in the Valley Toluca-Atlaconulco, State of Mexico.

Localidades	Floración masculina	Altura de planta (m)	Número de hojas	Diámetro de tallo (cm)	Acame (%)
Metepec	108.97 ^a	2.40 ^c	12.01 ^a	1.87 ^b	28.62 ^a
Cerrillo Piedras Blancas	104.66 ^b	2.49 ^b	12.08 ^a	1.97 ^a	7.98 ^b
Mina México	102.8 ^c	2.49 ^b	11.91 ^a	1.84 ^b	30.08 ^a
Tiacaque	94.68 ^d	2.64 ^a	12.22 ^a	1.91 ^{ab}	29.97 ^a

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $p=0.01$).

Cuadro 4. Comparación de medias para producción de forraje de maíz y variables relacionadas evaluadas en cuatro localidades del Valle Toluca-Atlaconulco, Estado de México (Continuación).

Cuadro 4. Comparación de medias para producción de forraje de maíz y variables relacionadas evaluadas en cuatro localidades del Valle Toluca-Atlaconulco, Estado de México (Continuation).

Localidades	MVTH (t ha ⁻¹)	MVE (t ha ⁻¹)	MVT (t ha ⁻¹)	MSTH (t ha ⁻¹)	MSE (t ha ⁻¹)	MST (t ha ⁻¹)
Metepec	63.6 ^a	28.59 ^a	92.18 ^a	11.87 ^a	7.28 ^a	19.06 ^a
Cerrillo Piedras Blancas	64.17 ^a	24.72 ^c	88.88 ^{ab}	12.08 ^a	6.23 ^c	18.31 ^{ab}
Mina México	60.08 ^b	26.05 ^{bc}	86.07 ^b	10.89 ^b	6.71 ^b	17.61 ^b
Tiacaque	62.08 ^{ab}	26.61 ^b	88.79 ^{ab}	11.43 ^{ab}	7.12 ^a	18.56 ^a

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $p=0.01$).

Los resultados que se muestran en las Figuras 1 y 2 son consistentes con los recomendables por Sánchez (1995) y por Reynoso *et al.* (2014); cuando los valores de los dos primeros componentes principales son mayores al 70% la formación de grupos de variables o de cultivares podría ser muy similar cuando se aplica esta técnica multivariada junto con la de conglomerados (Rodríguez *et al.*, 2015).

In Group 1 (G1), we identify S-4 (30), AS-820, Amarillo San Cristobal, SBA-470, AS-722, P-804W and Insurgent (Codes 1, 8, 18, 4, 7, 5 identified, 11 and 9). With the exception of the third, which belongs to the race Cónico (Table 2), we believe that the rest might have complex racial germplasm CIMMYT. Parents of H-40 and Insurgent are (CML246 x CML242) x M39 and (CML450 x CML461) x CML462 and, in other studies

En el Grupo 1 (G1) se identificó S-4(30), AS-820, Amarillo San Cristóbal, SBA-470, AS-722, P-804W e Insurgente (Códigos 1, 8, 18, 4, 7, 5, 11 y 9). A excepción del tercero, que pertenece a la raza Cónico (Cuadro 2), se infiere que el resto podría tener germoplasma racial complejo del CIMMYT. Los progenitores de H-40 e Insurgente son (CML246 x CML242) x M39 y (CML450x CML461) x CML462 y en otros estudios se observó que H-40 se agrupó con AS-820 y AS-722 (González *et al.*, 2008; Rodríguez *et al.*, 2015), de ahí la hipótesis previamente establecida. Los cultivares más sobresalientes fueron SBA-470 y AS-722 con 19.01 y 18.52 t ha⁻¹ de materia seca total y 86.96 y 88.28 t ha⁻¹ de materia verde total (Cuadro 5). González *et al.* (2007), González *et al.* (2008), González *et al.* (2010) y Rodríguez *et al.* (2015) han destacado el alto potencial que tiene AS-722 para producir grano en la región centro del estado de México, México. El empleo de los materiales de este grupo en un programa de mejora vegetal podría contribuir a la derivación de materiales de doble propósito de ciclo biológico y alturas de planta intermedias, resistentes al acame y con aceptables producciones en biomasa y materia seca.

En el grupo 2 (G2) se detectó Amarillos San Diego, Lomas, San José, Tlacotepec y Blancos Jiquipilco, San Cayetano, San Mateo, Xalatlaco y Ixtlahuaca (Códigos 12, 14, 16, 17, 19, 21, 22, 23 y 24); de éstos los más sobresalientes en producción de materia verde o seca total fueron Blancos San Cayetano (87.79 y 18.94 t ha⁻¹) y Jiquipilco (90.94 y 18.43 t ha⁻¹) y Amarillo Lomas (93.43 y 18.68 t ha⁻¹). Según el INIFAP los nueve cultivares pertenecen a las razas Cónico o Cónico-Chalqueño (Cuadro 2). Estos resultados son consistentes con los observados en otros estudios donde el cultivar Ixtlahuaca fue clasificado como Cónico (González *et al.*, 2007; González *et al.*, 2008; González *et al.*, 2011). Con relación a G1, éstos fueron más altos y más susceptibles al acame pero produjeron más MVTH, MVT, MSTH y MST (Cuadro 5). Su colecta se hizo en Almoloya de Juárez, Ixtlahuaca, Jiquipilco, Temoaya, Toluca y Santiago Tianguistenco (Cuadro 2), municipios mexiquenses donde Wellhausen *et al.* (1951) concluyó que la diversidad de los maíces criollos pertenecientes a esta región corresponde a las razas Cónico y Chalqueño. El cruzamiento de líneas endogámicas de G1 y G2 podría ayudar a la formación de variedades e híbridos de alta producción de grano y forraje. Otra opción importante para esta región sería formar mestizos (cruza línea x variedad) para intentar incrementar heterosis y adaptabilidad.

En el grupo 3 (G3) fueron identificados los Amarillos Zanahoria y Fresno Nichi (códigos 10 y 28), muy precoces, susceptibles al acame y con las menores dimensiones en

was shown that H-40 was grouped with AS-820 and AS-722 (González *et al.*, 2008; Rodríguez *et al.*, 2015), hence the previously established hypothesis. The outstanding cultivars were SBA-470 and AS-722 with 19.01 and 18.52 t ha⁻¹ of dry matter and 86.96 and 88.28 t ha⁻¹ total green matter (Table 5). González *et al.* (2007); González *et al.* (2008); González *et al.* (2010) and Rodríguez *et al.* (2015) have emphasized the high potential of AS-722 to produce grain in the central region of the State of Mexico. The use of materials of this group in a plant breeding program could contribute to the diversion of dual-purpose on the biological cycle and intermediate heights plant, resistant to lodging and acceptable biomass production and dry matter.

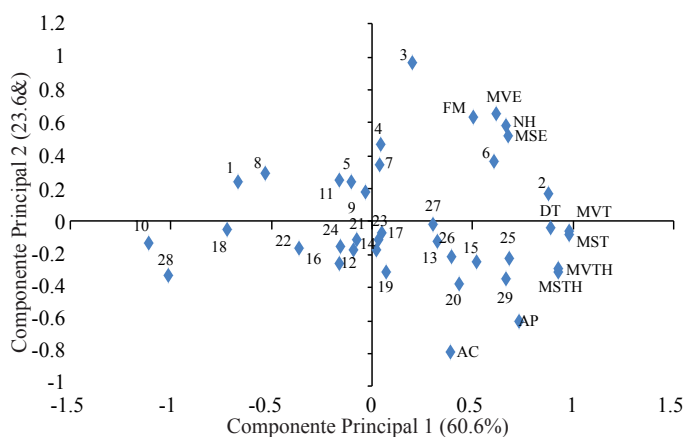


Figura 1. Interrelación entre 29 cultivares de maíz y 11 variables agronómicas.

Figure 1. Interaction between maize 29 cultivars and 11 agronomic variables.

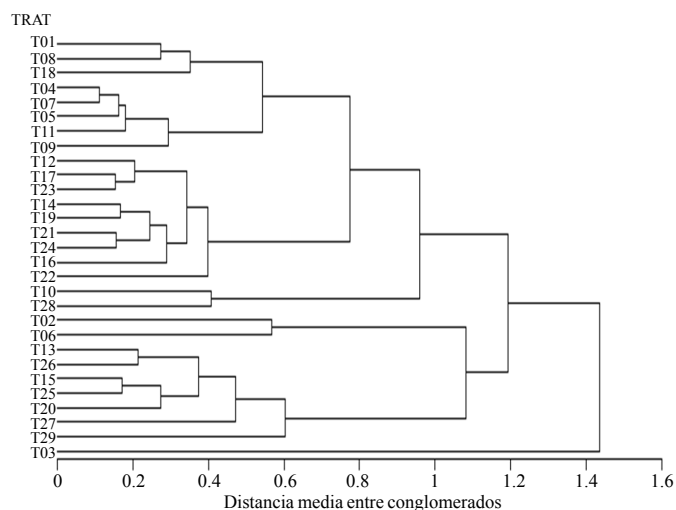


Figura 2. Agrupamiento de 29 maíces considerando 11 variables agronómicas. Método de media aritmética no ponderada.

Figure 2. Grouping of 29 maize, considering 11 agronomic variables. Method of unweighted arithmetic average.

planta, hojas por planta, diámetro de tallo y materia verde y seca (Cuadro 5). Ambos pertenecen a la raza Cónico y provienen de los municipios de Metepec y San Felipe del Progreso (Cuadro 2), región donde Wellhausen *et al.* (1951) también clasificaron criollos de la raza Cónico. González *et al.* (2011) observaron que el cultivar Ixtlahuaca, un Cónico usado como testigo, estuvo muy cercano o se agrupó con 20 criollos colectados en El Fresno Nichi, por lo que sugirió que éstos últimos también podrían pertenecer a esta raza. Ambos cultivares podrían emplearse en cruces intervarietales con criollos de esta u otras razas para formar variedades más precoces.

In group 2 (G2), we detected Amarillo San Diego, Lomas, San José, Tlacotepec and blancos Jiquipilco, San Cayetano, San Mateo, Xalatlaco and Ixtlahuaca (codes 12, 14, 16, 17, 19, 21, 22, 23 are detected and 24); of these, the most outstanding production of green or total dry matter were Blancos San Cayetano (87.79 and 18.94 t ha⁻¹) and Jiquipilco (90.94 and 18.43 t ha⁻¹) and Amarillo Lomas (93.43 and 18.68 t ha⁻¹). According to INIFAP, nine cultivars belong to the Cónico or conical-Chalqueño races (Table 2). These results are consistent with those observed in other studies where the cultivar Ixtlahuaca was classified as Cónico

Cuadro 5. Comparación de medias entre 29 genotipos de maíz.
Table 5. Comparison of means between 29 genotypes of maize.

Genotipo	FM (días)	AP (m)	NH	DT (cm)	AC (%)	MVTH (t ha ⁻¹)	MVE (t ha ⁻¹)	MVT (t ha ⁻¹)	MSTH (t ha ⁻¹)	MSE (t ha ⁻¹)	MST (t ha ⁻¹)
S-4 (30) (a)	101.91hi	2.15jk	11.91cg	1.71f-h	5.2i-k	41.15k	24.39f-j	65.54j-l	8.47g-j	6.36d-h	14.83ij
AS-820 (b)	99.16l-n	2.18jk	11.41f-i	1.77d-h	3.33i-k	45.15jk	28.96b-f	74.11h-k	8.24h-j	6.85b-g	15.1h-j
San Cristóbal (a)	93.25p	2.20j	10.6h-j	1.66gh	11.45h-k	49.67i-k	22.38h-j	72.06i-l	8.97f-j	5.84f-i	14.81ij
SBA-470 (a)	104.58f	2.26ij	13.07b	1.97b-f	1.66k	55.91f-j	31.14a-d	86.96d-i	11.04d-f	7.97a-c	19.01b-g
AS-722 (b)	101.08i-k	2.31h-j	12.49b-f	1.85b-h	2.5jk	57.9e-i	30.38a-e	88.28d-h	10.72e-g	7.79a-d	18.52d-g
H-40 (b)	102.83gh	2.25j	12.66bc	1.92b-h	3.75i-k	60.11c-i	26.33d-i	85.61e-i	10.87d-f	7.01b-g	17.89f-i
P-804W (b)	100.33j-l	2.32h-j	12.02b-g	1.93b-h	0k	54.82g-i	28.14c-g	82.97f-i	10.31e-i	7.24a-f	17.56f-i
Insurgente (a)	103.83fg	2.53e-h	12.69bc	2.05a-d	11.45h-k	54.22h-j	27.25c-i	81.47f-i	10.37e-i	7.11b-g	17.48f-i
Promedio	100.87	2.27	12.1	1.85	4.91	52.36	27.37	79.62	9.87	7.02	16.9
San Diego (a)	98.91mn	2.72a-f	11.96b-g	1.87b-h	20f-k	63.87c-h	23.68f-j	87.55d-i	11.36de	6.13e-h	17.49f-i
Lomas (a)	100.33j-l	2.61c-g	11.74c-g	1.86b-h	22.29e-j	67.04b-f	25.68d-i	93.55b-g	12.02c-e	6.65b-g	18.68d-g
Jiquipilco (b)	101.25ij	2.64b-g	11.82c-g	1.91b-h	27.08d-h	64.45c-h	26.49d-i	90.94c-g	11.39de	7.04b-g	18.43d-h
San José (a)	99.91k-m	2.61c-g	11.66c-h	1.93b-h	32.91b-g	66.33b-g	25.15e-i	91.48b-g	11.53de	6.6c-g	18.14f-i
San Cayetano (b)	103.41fg	2.8a-d	12.35b-g	1.90b-h	35.20b-f	66.22b-g	22.06i-k	87.79d-i	13.18a-d	5.76g-i	18.94c-g
San Mateo (b)	99.25l-n	2.65b-g	11.49e-i	1.84b-h	27.29d-h	59.05d-i	26.27d-i	85.32e-i	11.45de	6.78b-g	18.32e-h
Xalatlaco (b)	101.25ij	2.58d-g	11.44f-i	1.75e-h	32.5bg	61.34c-i	24.54f-j	85.88e-i	11.28d-f	6.48d-h	17.76f-i
Tlacotepec (a)	96.91o	2.51f-h	11.51f-h	1.81c-h	41.25a-e	62.44c-h	23.66f-j	86.10d-i	11.50de	6.11e-h	17.61f-i
Ixtlahuaca (b)	96.75o	2.48g-i	11.24g-i	1.78d-h	22.91e-j	57.01f-j	22.59g-j	79.60g-j	10.46e-i	6.07e-h	16.54g-i
Promedio	99.77	2.62	11.69	1.85	29.04	63.08	24.45	87.57	11.57	6.4	17.99
Zanahoria (a)	90.66q	1.97k	9.66j	1.64h	14.16g-k	40.6k	18.88jk	59.4kl	7.59j	5.13hi	12.72j
Fresno Nichi (a)	92.66p	2.26j	10.41ij	1.71f-h	30.2c-h	40.99k	16.52k	57.52l	8.1ij	4.41i	12.51j
Promedio	91.66	2.11	10.03	1.67	22.18	40.79	17.70	58.46	7.84	4.77	12.61
Victoria (b)	116.91b	2.69b-g	14.74a	2.28a	16.25f-k	86.25a	27.84c-h	114.1a	14.92a	7.39a-e	22.31ab
H-159 (b)	110d	2.48g-i	12.58b-e	2.04a-e	3.33i-k	71.66bc	34.49ab	106.99ab	14.30a-c	8.62a	22.92a
Promedio	113.45	2.58	13.66	2.16	9.79	78.95	31.16	110.54	14.61	8	22.61
Allende (a)	103.66fg	2.77a-d	12.41b-f	1.99a-f	56.04a	70.05b-d	27.2c-i	97.26b-f	13.13a-d	7.39a-e	20.52a-f
Cac. Tlacotepec (b)	99mn	2.65b-g	11.41f-i	1.96b-g	56.87a	69.61b-e	32.26a-c	101.87a-d	11.40de	8.08ab	19.48b-g
San Cayetano (a)	101.66hi	2.74a-e	12.09b-g	2.03a-e	47.7a-c	77.29ab	27.69c-i	104.98a-c	14.39a-c	7.34a-e	21.74a-d

Las variables fueron definidas en el Cuadro 3. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $p=0.01$).

Cuadro 5. Comparación de medias entre 29 genotipos de maíz (Continuación).
Table 5. Comparison of means between 29 genotypes of maize (Continuation).

Genotipo	FM (días)	AP (m)	NH	DT (cm)	AC (%)	MVTH (t ha ⁻¹)	MVE (t ha ⁻¹)	MVT (t ha ⁻¹)	MSTH (t ha ⁻¹)	MSE (t ha ⁻¹)	MST (t ha ⁻¹)
San Diego (b)	106.08e	2.92 ^a	12.63b-d	2.08a-c	52.29ab	78.11ab	29b-f	107.05ab	14.63ab	7.46a-e	22.1a-c
Tlacotepec (b)	98.25n	2.81a-c	12.6b-e	1.99a-f	43.33a-d	77.28ab	24.52f-j	101.81a-d	15.28a	6.28e-h	21.56a-e
Cac. San Cristóbal (b)	99.91k-m	2.59c-g	11.69c-h	1.93b-h	35.62b-f	68.99b-e	31.29a-d	100.28a-e	12.52b-e	7.82a-d	20.34a-f
Emilio Portes Hill (a)	112.08c	2.84a-b	12.1b-g	2.12ab	44.16a-d	88.4a	24.88e-i	113.29a	15.42a	6.36d-h	21.78a-d
Promedio	102.94	2.76	12.13	2.01	48	75.67	28.12	103.79	13.82	7.24	21.07
P-1832 (a)	144.83a	2.16jk	15.33a	1.79c-h	0.00k	56.03f-j	34.66a	90.69c-g	10.54e-h	7.47a-e	18.02f-i
Tukey (0.01)	1.31	0.22	1.13	0.29	20.39	11.95	5.65	15.85	2.38	1.46	3.36

Las variables fueron definidas en el Cuadro 3. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $p=0.01$).

El grupo 4 (G4) se formó con Victoria y H-159 (Códigos 2 y 6), dos de los cultivares más sobresalientes. Ambos fueron más tardíos (FM), tuvieron más hojas por planta (NH), mayor diámetro de tallo (DT), y produjeron más biomasa (MVTH, MVE, MVT) y materia seca (MSTH, MSE, MST) que los materiales de G1, G2 y G3. Kennington *et al.* (2005) sugirieron que la eficiencia en la producción y calidad de forraje en maíz dependen principalmente del cultivar. Ambos cultivares tuvieron un DT inferior al registrado por Bosch *et al.* (1992) en los materiales más sobresalientes, que fue de 2.33 cm. H-159 produjo más materia seca de elote pero fue superado por Victoria en FM, NH, DT, MVTH, MVE, MVT, MSTH, MSE, MST (Cuadro 5). Victoria fue formado por el ICAMEX con líneas S₄ de V-18 (raza Cónico). Los progenitores de H-159, (M49xM50) x LTVA, fueron derivados por el INIFAP de germoplasma complejo de El Bajío y de la raza Chalqueño. Las razas Cónico y Chalqueño son predominantes en los Valles Altos del Centro de México en más de 85% de la superficie sembrada con maíz en los estados de Hidalgo, Puebla, Tlaxcala y Estado de México (Wellhausen *et al.*, 1951). Ambos cultivares podrían emplearse con algunas restricciones en la derivación de nuevas líneas endogámicas con propósitos de mejora vegetal o generación de tecnología agropecuaria.

En el grupo 5 (G5) se identificó Amarillos Allende, San Cayetano, y Portes Gil, Cacahuacintles Tlacotepec y San Cristóbal, y Blancos San Diego y Tlacotepec (códigos 13, 15, 29, 26, 27, 25, y 20); éstos fueron más precoces, de mayor porte de planta, más susceptibles al acame y con dimensiones en materia verde y seca estadísticamente iguales a la de los cultivares de G4. Muñoz-Tlahuiz *et al.* (2003) identificaron criollos con alturas de planta contrastantes en el rango de 177 a 247 cm. Las mayores alturas de planta son un prerrequisito para obtener mayor producción de materia verde y/o seca.

(González *et al.*, 2007; González *et al.*, 2008; González *et al.*, 2011). With respect to G1, they were taller and susceptible to lodging but produced more MVTH, MVT, MSTH and MST (Table 5). His collection was made in Almoloya de Juarez, Ixtlahuaca, Jiquipilco, Temoaya, Toluca and Santiago Tianguistenco (Table 2), State of Mexico municipalities Wellhausen *et al.* (1951) concluded that the diversity of landraces belonging to this region corresponds to the Cónico and Chalqueño races. The crossing of inbred lines G1 and G2 could help the formation of varieties and hybrids of high grain and forage production. Another option we care for this region would become mestizos (line crosses x variety) to try to increase heterosis and adaptability.

In group 3 (G3) were identified Amarillos Zanahoria and Fresno Nichi (codes 10 and 28), very early, susceptible to lodging and with smaller dimensions in plant leaves per plant, stem diameter and green matter and dry (Table 5). Cónico both belong to the race and come from the municipalities of Metepec and San Felipe del Progreso (Table 2), a region where Wellhausen *et al.* (1951) also classified the Cónico race. González *et al.* (2011) observed that the cultivar Ixtlahuaca, a cónico used as a control, was very close to or grouped with 20 natives collected in El Fresno Nichi, so we suggested that the latter could also belong to this race. Both cultivars could be used in intervarietal crosses with landraces of this or other races to form early varieties.

Group 4 (G4) was formed with Victoria and H-159 (codes 2 and 6), two of the most outstanding cultivars. Both were late (FM), had more leaves per plant (NH), increased stem diameter (DT), and produced more biomass (MVTH, MVE, MVT) and dry matter (MSTH, MSE, MST) that materials G1, G2 and G3. Kennington *et al.* (2005) suggested that,

Subedi y Ma (2005) mencionaron que el número total de hojas y, específicamente las situadas por arriba e inmediatamente debajo de la mazorca, son las más importantes para incrementar rendimiento de grano y/o biomasa. Los cultivares identificados como 15, 20, 25 y 29 rindieron de 21.56 a 22.10 t ha⁻¹ de MST o de 101.81 a 113.29 t ha⁻¹ de MVT (Cuadro 5). Wong *et al.* (2006) y Lauer *et al.* (2001) concluyeron que los pesos frescos y secos de elote con brácteas (MVE ó MSE) y de tallos (MVT o MST) son los dos componentes principales de la materia verde y seca total. En este contexto el mejoramiento genético para la formación de nuevos cultivares forrajeros debe enfocarse a la obtención de materiales con más MVE, MSE, MVT, y MST, como un prerrequisito para aumentar la producción de materia seca total. Los siete cultivares pertenecen a las razas Cónico, Cónico-Chalqueño o Cacahuacintle y fueron colectados en Temoaya, Toluca, Almoloya de Juárez, Zinacantepec y San Felipe del Progreso (Cuadro 2). La clasificación racial que hizo el INIFAP para los materiales en este grupo son congruentes con los publicados por Wellhausen *et al.* (1951) y por González *et al.* (2008).

P-1832 (Grupo 6, código 3) tuvo el mayor ciclo vegetativo, más hojas por planta y cero acame. Estas ventajas contribuyeron a una mayor producción de materia verde de elote, la cual fue superior a las de los cultivares de G1, G2 y G3 pero inferior a la de G4 y G5. Su altura de planta fue tan baja como la de los materiales agrupados en G3 (Cuadro 5). Se infiere que sus progenitores son diferentes de los que dan origen al resto de los cultivares debido a sus tres primeras características contrastantes. En los Valles Altos del Centro de México son comunes las heladas tardías y tempranas, por lo que P-1832 tendrá desventajas si se siembra en fechas posteriores al 15 de abril o en localidades situadas por arriba de los 2 600 msnm (González *et al.*, 2007; González *et al.*, 2008; González *et al.*, 2011). La cruza intervarietal entre P-1832 con Amarillos Zanahoria o Fresno Nichi podría ser promisorio al generar materiales más precoces, de alturas intermedias, con mayor número de hojas por planta, mayor diámetro de tallo y resistentes al acame y con producciones de MVT o MST quizás idénticas a las de los grupos 4 y 5.

La superioridad que mostraron los cultivares que integraron los grupos 4, 5 y 6 se atribuye a la correlación positiva y significativa que existió entre sus producciones de materia verde y/o seca con el resto de las variables evaluadas, excepto con acame de tallo y raíz (Figura 1). Las producciones de materia verde total en todos los cultivares y, especialmente en los más sobresalientes, fue igual o mayor a la media del Estado de México, que es de 44.4 t ha⁻¹ (SAGARPA, 2014)

the production efficiency and quality of forage maize depend mainly on farming. Both cultivars had a lower DT than that recorded by Bosch *et al.* (1992) on the most outstanding materials, which was 2.33 cm. H-159 produced more dry matter corn but was overtaken by Victoria FM, NH, DT, MVTH, MVE, MVT, MSTH, MSE, MST (Table 5). Victoria was formed by the ICAMEX lines S₄ of V-18 (Cónico race). Parents of H-159, (M49xM50) x LTVA, were referred by the INIFAP complex germplasm of El Bajío and the Chalqueño race. Cónico and Chalqueño races are predominant in the high valleys of Central Mexico in over 85% of the maize area in the States of Hidalgo, Puebla, Tlaxcala and State of Mexico (Wellhausen *et al.*, 1951). Both cultivars could be used with some restrictions on the derivation of new inbred lines for purposes of plant breeding or agricultural technology generation.

In Group 5 (G5) we identified Amarillos Allende, San Cayetano, and Portes Gil, Cacahuacintles Tlacotepec and San Cristobal, and Blancos San Diego and Tlacotepec (codes 13, 15, 29, 26, 27, 25, and 20); they were earlier, larger sized plants, more susceptible to lodging and dimensions green dry matter and statistically equal to the G4 cultivars. Tlahuiz-Muñoz *et al.* (2003) identified landraces with contrasting plant heights in the range of 177-247 cm. The higher elevations of plant are a prerequisite for increased production of green matter and dry matter.

Subedi and Ma (2005) mentioned that, the total number of leaves and specifically those located immediately above and below the ear are the most important to increase grain yield and biomass. The cultivars identified as 15, 20, 25 and 29 surrendered 21.56 to 22.10 t ha⁻¹ MST or 101.81 to 113.29 MVT t ha⁻¹ (Table 5). Wong *et al.* (2006) and Lauer *et al.* (2001) concluded that fresh and dry weights of corn with husks (MVE or MSE) and stems (MVT or MST) are the two major components of the total dry matter and green. In this context breeding for the formation of new forage cultivars should focus on obtaining more MVE materials, MSE, MVT, and MST, as a prerequisite for increased production of total dry matter. The seven cultivars belong to the races Cónico, Cónico-Chalqueño or Cacahuacintle and were collected in Temoaya, Toluca, Almoloya de Juarez, Zinacantepec and San Felipe del Progreso (Table 2). Racial classification made INIFAP for materials in this group are consistent with those published by Wellhausen *et al.* (1951) and González *et al.* (2008).

P-1832 (Group 6, code 3) had the largest growth cycle, more leaves per plant and zero lodging. These advantages contribute to increased production of green matter of corn,

y fueron similares o mayores a los registrados por Nuñez *et al.* (1999); Peña *et al.* (2008); Castillo *et al.* (2009), con rendimientos que varían entre 70 y 95 t ha⁻¹ de materia verde y más de 20 t ha⁻¹ de materia seca.

Los materiales más resistentes al acame de tallo y raíz fueron SBA-470, P-804W, AS-722 y P-1832, con menos de 3%. Esta fracción podría usarse para mejorar el pobre sistema radicular que caracteriza a las razas de Valles Altos del Centro de México, como Cacahuacintle, Cónico, Chalqueño, Palomero Toluqueño y Arrocillo Amarillo (González *et al.*, 2008; Reynoso *et al.*, 2014; Rodríguez *et al.*, 2015).

Conclusiones

Metepec y Tiacaque fueron las mejores localidades para la evaluación del material genético. Los cultivares Victoria, H-159 y SBA-470 representaron la fracción superior de los programas de hibridación obtenidos por metodologías convencionales y Amarillos Allende, San Cayetano y Portes Gil, Cacahuacintles Tlacotepec y San Cristóbal y Blancos Tlacotepec y San Diego son la obra artística y cultural de los agricultores mexiquenses que, por medio de selección masal visual aplicada a las dimensiones de la mazorca y de la planta, han logrado incrementar su potencial productivo en el Valle Toluca-Atacomulco, México. Los incrementos en la producción de materia verde y/o seca total en este material genético sobresaliente se explican por aumentos significativos en número de hojas por planta, floración masculina, altura de planta, y producciones de materia verde y seca de elote, tallos y hojas.

Literatura citada

- Antolín, D. M.; González, R. M.; Goñi, C. S.; Domínguez, V. A. y Ariciaga, G. C. 2009. Rendimiento y producción de gas *in vitro* de maíces híbridos conservados por ensilaje o henificado. *Téc. Pec. Méx.* 47(4):413-423.
- Bosch, L.; Muñoz, F.; Casañas, E., y Nuez, F. 1992. Valoración forrajera de 24 híbridos comerciales de maíz de ciclo largo: parámetros de producción de biomasa y de calidad nutritiva. *Investigación Agrícola en Protección Vegetal.* 7(2):130-142.
- Brambila-Paz, J. J.; Martínez-Damián, M. A.; Rojas-Rojas, M. M. y Pérez-Cerecedo, V. 2014. El valor de la producción agrícola y pecuaria en México: fuentes de crecimiento 1980-2010. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 5(4):619-631.
- Castillo, J. M.; Rojas, B. A. y Wing Ch, J. R. 2009. Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (*Vigna radiata*). *Agron. Costarric.* 33:133-146.

which was higher than the cultivars G1, G2 and G3 but lower than that of G4 and G5. Plant height was as low as that of the materials grouped in G3 (Cuadro 5). It is inferred that their parents are different from those that give rise to other cultivars because of its first three contrasting characteristics. In the high valleys of central Mexico late and early frosts they are common, so P-1832 will have disadvantages if planted at a later date to April 15 or towns located above the 2600 m (González *et al.*, 2007; González *et al.*, 2008; González *et al.*, 2011). The intervarietal cross between P-1832 with Amarillos Zanahoria or Fresno Nichi might be promising to generate more early materials, intermediate heights, with the highest number of leaves per plant, stem diameter and more resistant to lodging and MVT productions or perhaps MST identical to those of the groups 4 and 5.

The superiority shown by the cultivars that integrated groups 4, 5 and 6 is attributed to the positive and significant correlation existed between their production of green and dry matter, the rest of the variables evaluated, except for root and stalk lodging (Figure 1). The total green matter production in all cultivars and, especially in the most outstanding was equal to or higher than the average of the State of Mexico, which is 44.4 t ha⁻¹ (SAGARPA, 2014) and were similar to or higher than those recorded by Nuñez *et al.* (1999); Peña *et al.* (2008); Castillo *et al.* (2009), with yields ranging between 70 and 95 t ha⁻¹ of green matter and more than 20 t ha⁻¹ dry matter.

The most resistant materials and root stalk lodging were SBA-470, P-804W, AS-722 and P-1832, with less than 3%. This fraction could be used to improve the poor root system that characterizes the makeup of the High Valley Center Mexico, such as Cacahuacintle, Cónico, Chalqueño, Palomero Toluqueño and Arrocillo Amarillo (González *et al.*, 2008; Reynoso *et al.*, 2014; Rodríguez *et al.*, 2015).

Conclusions

Metepec and Tiacaque were the best places for the evaluation of the genetic material. The cultivars Victoria, H-159 and SBA-470 accounted for the top fraction of the programs obtained by conventional hybridization methods and, Amarillos Allende, San Cayetano and Portes Gil, Cacahuacintles Tlacotepec and San Cristobal and Blancos Tlacotepec and San Diego are the artistic work of the mexiquenses culture of farmers who, by means of visual mass selection applied to the dimensions of the ear and plant, have increased their productive potential in

- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2013. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. Área Técnica. Departamento de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos.
- González, H. A.; Sahagún, C. J.; Pérez, L. D. J.; Domínguez, L. A.; Serrato, C. R.; Landeros, F. V. y Dorantes, C. E. 2006. Diversidad fenotípica del maíz Cacahuacintle en el Valle de Toluca, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 29(3):255-261.
- González, H. A.; Vázquez, G. L. M.; Sahagún, C. J.; Rodríguez, P. J. E. y Pérez, L. D. J. 2007. Rendimiento del maíz de temporal y su relación con la pudrición de mazorca. *Agric. Téc. Méx.* 33(1):33-42.
- González, H. A.; Vázquez, G. L. M.; Sahagún, C. J. y Rodríguez, P. J. E. 2008. Diversidad fenotípica de variedades e híbridos de maíz en el Valle Toluca-Atlaconulco, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(1):67-76.
- González, A.; Pérez, D. J.; Sahagún, J.; Franco, O.; Morales, E.; Rubí, M.; Gutiérrez, F. y Balbuena, A. 2010. Aplicación y comparación de métodos univariados para evaluar la estabilidad en maíces del Valle-Toluca-Atlaconulco, México. *Agron. Costarric.* 34(2):129-143.
- González, H. A.; Pérez, L. D. J.; Franco, M. O.; Nava, B. E. G.; Gutiérrez, R. F.; Rubí, A. M. y Castañeda, V. A. 2011. Análisis multivariado aplicado al estudio de las interrelaciones entre cultivares de maíz y variables agronómicas. *Rev. Cienc. Agríc. Informa* 20(2):58-65.
- Kennington, L. R.; Hunt, C. W.; Szasz, J. I.; Grove, V. and Kezar, W. 2005. Effect of cutting height and genetics on composition, intake and digestibility of corn silage by heifers. *J. Animal Sci.* 83:1145-1454.
- Lauer, J. G.; Coors, J. G. and Flannery, P. J. 2001. Forage yield and quality of corn cultivars developed in different eras. *Crop Sci.* 41:1449-1455.
- Muñoz-Tlahuiz, F.; Guerrero-Rodríguez, J. D.; López, P. A.; Gil-Muñoz, A.; López-Sánchez, H.; Ortiz-Torres, E.; Hernández-Guzmán, A.; Taboada-Gaytán, O.; Vargas-López, S. y Valadez-Ramírez, M. 2013. Producción de rastrojo y grano de variedades locales de maíz en condiciones de temporal en los Valles Altos de Libres-Serdán, Puebla, México. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 4(4):515-530.
- Núñez, H. G.; Contreras, F.; Faz, R. y Herrera, R. 1999. Selección de híbridos para obtener mayor rendimiento y alto valor energético en maíz para ensilaje. *In: componentes tecnológicos para la producción de ensilados de maíz y sorgo. SAGAR-INIFAP-CIRNOC-CELALA. Folleto Técnico Núm. 4.* 2-5.
- Peña, R. A.; González, C. F.; Núñez, H. G.; Preciado, O. R.; Terrón, I. A. y Luna, F. M. 2008. H-376. Híbrido de maíz para producción de forraje y grano en el Bajío y la región norte centro de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 31:85-87.
- Peña, R. A.; González, C. F. y Robles, E. F. J. 2010. Manejo agronómico para incrementar el rendimiento de grano y forraje en híbridos tardíos de maíz. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1(1):27-35.
- the Toluca-Atlaconulco, Mexico Valley. The increases in the production of green and total dry matter in this outstanding genetic material are explained by significant increases in the number of leaves per plant, male flowering, plant height, and production of green and dry matter, corn stalks and leaves.

End of the English version



- Peña, R. A.; González, C. F.; Núñez, H. G.; Tovar, G. M. R.; Vidal, M. V. A. y Ramírez, D. J. L. 2012. Heterosis y aptitud combinatoria para producción y calidad de forraje en seis poblaciones de maíz. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 3(3):389-406.
- Reynoso, Q. C. A.; González, H. A.; Pérez, L. D. J.; Franco, M. O.; Torres, F. J. L.; Velázquez, C. G. A.; Breton, L. C.; Balbuena, M. A. y Mercado, V. O. 2014. Análisis de 17 híbridos de maíz sembrados en 17 ambientes de los Valles Altos del centro de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 5(5):871-882.
- Rocandio-Rodríguez, M.; Santacruz-Varela, A.; Córdova-Téllez, L.; López-Sánchez, H.; Castillo-González, F.; Lobato-Ortiz, R.; García-Zavala, J. y Ortega-Paczka, R. 2014. Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de los Valles Altos de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 37(4):351-361.
- Rodríguez, F. I.; González, H. A.; Pérez, L. D. J. y Rubí, A. M. 2015. Efecto de cinco densidades de población en ocho cultivares de maíz sembrado en tres localidades del Valle de Toluca, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6(8).
- Rodríguez, P. J. E.; Sahagún, C. J.; Villaseñor, M. H. E.; Molina, G. J. S. y Martínez, G. A. 2002. Estabilidad de siete variedades comerciales de trigo (*Triticum aestivum* L.) de temporal. *Rev. Fitotec. Méx.* 25(2):143-151.
- Sánchez, G. J. J. 1995. El análisis biplot en clasificación. *Rev. Fitotec. Mex.* 18(2):188-203.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)- Anuario Estadístico. <http://www.siap.gob.mx>.
- Statistical Analysis System (SAS Institute). 1999. User's guide: Version 9. Cary, NC. USA.
- Subedi, K. D. and Ma. B. L. 2005. Ear position, leaf area and contribution of individual leaves to grain yield in conventional and leafy maize hybrids. *Crop Sci.* 45:2246-2257.
- Wellhausen, E. J.; Roberts, L. M. y Hernández, X. E. 1951. Razas de maíz en México, su origen, características y distribución. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Folleto Técnico Núm. 5. México, D. F. 237 p.
- Wong, R. R.; Gutiérrez, R. E.; Rodríguez, H. S. A.; Palomo, G. A.; Córdova, O. H. y Espinosa, B. A. 2006. Aptitud combinatoria y parámetros genéticos de maíz para forraje en la Comarca Lagunera, México. *Universidad y Ciencia.* 22(2):141-151.