

Análisis de 17 híbridos de maíz sembrados en 17 ambientes de los Valles Altos del centro de México*

Analysis of 17 maize hybrids grown in 17 environments from the Highlands of Central Mexico

Carlos Adolfo Reynoso Quiroga¹, Andrés González Huerta², Delfina de Jesús Pérez López², Omar Franco Mora², José Luis Torres Flores³, Gustavo Adrián Velázquez Cardelas⁴, Carmen Breton Lugo³, Artemio Balbuena Melgarejo¹ y Omar Mercado Vilchis⁵

¹Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Autónoma del Estado de México-UAEM, Toluca, Estado de México. A. P. 435. Tel: 01(722)2965518. Ext. 148. (carqwalker@hotmail.com). ²Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento, Facultad de Ciencias Agrícolas-UAEM. (djperetzl@uaemex.mx; abalbuena@uaemex.mx; ofrancom@uaemex.mx). ³Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo-CIMMYT, El Batán, Estado de México. Carretera México-Veracruz, km 45. C. P. 56130. Tel: 01(595) 9521900. Ext. 1117. (j.torres@cgiar.org; c.breton@cgiar.org). ⁴Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes-Textcoco, km 13.5. Coatlinchán, Estado de México. C. P. 56250. Tel: 01 595 92 12657. Ext. 135. (gvecar@yahoo.com). ⁵Geovillas de la Independencia Núm. 15. San Mateo Otzacatipan, Estado de México. C. P. 50200. Tel: 01(722) 2440930. (omar-mercado_vilchis@yahoo.com.mx). ⁶Autor para correspondencia: agonzalez@uaemex.mx.

Resumen

Los Valles Altos del Centro de México es un área agrícola muy importante para la producción de maíz (*Zea mays* L.) y específicamente para el mejoramiento genético y para la generación de tecnología. En este estudio fueron evaluados en parcelas demostrativas y de validación 17 híbridos de maíz en 17 ambientes de esta región para identificar material genético sobresaliente considerando principalmente su rendimiento de grano, las alturas de planta y mazorca y el ciclo vegetativo de los cultivares. Los resultados más importantes mostraron que los 17 híbridos podrían clasificarse como material de ciclo intermedio con base en floraciones masculina (de 87 a 97 días) y femenina (de 89.4 a 99 días). La variable más afectada por la heterogeneidad que existe entre los 17 ambientes del centro de México fue el rendimiento de grano (RG), que varió desde 2.20 (El Batán fecha 2) hasta 8.64 t (Tlaxcoapan); la diferencia entre las localidades de menor y mayor RG fue de 6.44 t. Tlaxcoapan, Santa Lucía, Amealco (fecha 1), Boximo y Epitacio Huerta fueron las mejores localidades (8.19, 8.10, 7.35 y 7.95 t) para la evaluación de los ensayos. H-55, considerado como

Abstract

The Highlands of Central Mexico is a very important region for the production of maize (*Zea mays* L.) and specifically for breeding and technology for the generation of agricultural area. In this study were evaluated in demonstration and validation 17 maize hybrids in 17 environments in this region plots to identify outstanding genetic material considering its performance mainly grain, plant and ear heights and the growing cycle of the cultivars. The main results showed that the 17 hybrid material could be classified as intermediate cycle based on male blooms (87 to 97 days) and female (89.4 to 99 days). The variable most affected by the heterogeneity among the 17 environments from central Mexico was the grain yield (RG), which ranged from 2.20 (El Batán date 2) to 8.64 t (Tlaxcoapan); the difference between minor and major towns of RG was 6.44 t. Tlaxcoapan, Santa Lucía, Amealco (date 1), Boximo and Epitacio Huerta was the best locations (8.19, 8.10, 7.35 and 7.95 t) for the evaluation of the tests. H-55, regarded as the control was 6.30 t ha⁻¹ and was only statistically surpassed by CMT 099 004 (6.90 t ha⁻¹). Cultivars H-55, CML457 / CML459 / IML-6, 099003

* Recibido: diciembre de 2013
Aceptado: marzo de 2014

testigo, produjo 6.30 t ha⁻¹ y sólo fue superado estadísticamente por CMT 099004 (6.90 t ha⁻¹). Los cultivares H-55, CML457/CML459/IML-6, CMT 099003, CMT 099027, H-57, CMT 0290502, CMT 099002 e Insurgentes (de 6.1 a 6.3 t ha⁻¹) tuvieron RG estadísticamente iguales. Los ocho híbridos anteriores representan el material más sobresaliente para iniciar nuevos programas de mejoramiento genético o de generación de tecnología, y también son recomendables para la producción de semilla certificada o siembra comercial en el área de estudio.

Palabras clave: *Zea mays* L., evaluación en parcelas de agricultores, híbridos élite, métodos multivariados, prueba de t.

Introducción

La formación, evaluación, identificación, registro y uso comercial de una nueva y mejor variedad es esencial en nuevos programas de fitomejoramiento, en la generación de tecnología, en la multiplicación e intercambio de germoplasma entre instituciones de investigación o entre agricultores y en la recomendación para siembra comercial, como un prerrequisito para su aprovechamiento integral (Pérez *et al.*, 2014). La evaluación del material genético en campo con el uso de diseños experimentales para el análisis de la interacción genotipo x ambiente y la estabilidad del rendimiento son necesarios para la identificación de cultivares superiores, y en México ambos enfoques han sido ampliamente estudiados en las últimas cuatro décadas (Rodríguez *et al.*, 2005; González *et al.*, 2010), pero existe poca información publicada sobre la evaluación de híbridos élite en terrenos de agricultores cooperantes mediante el uso de parcelas demostrativas y/o de validación, particularmente en los Valles Altos del Centro.

La diversidad genética que existe en los estados de Hidalgo, México, Puebla y Tlaxcala está representada por las razas de maíz (*Zea mays* L.) que se cultivan en altitudes superiores a 2 000 m, como Palomero Toluqueño, Arrocillo Amarillo, Cónico, Chalqueño y Cacahuacintle; las dos primeras son maíces reventadores, Cónico y Chalqueño son semidentados y la última es un maíz blanco, harinoso y de semillas grandes (Wellhausen *et al.*, 1951).

En las últimas tres décadas se han hecho esfuerzos sobresalientes para mejorar la adaptabilidad de variedades e híbridos formados con germoplasma élite de clima tropical y subtropical de origen mexicano y/o extranjero (Torres *et*

CMT, CMT 099 027, H-57, 0290502 CMT, CMT and Insurgentes 099 002 (from 6.1 to 6.3 t ha⁻¹) had statistically identical RG. The previous eight hybrids represent the most outstanding to start new breeding programs or technology generation material and are also recommended for the production of certified seed or commercial planting in the study area.

Keywords: *Zea mays* L., assessment in farmers' fields, elite hybrids, multivariate methods, t test.

Introduction

Training, evaluation, identification, registration and commercial use of a new and better variety is essential in new breeding programs in technology generation, in multiplication and germplasm exchange between research institutions or between farmers and the recommendation for commercial planting as a prerequisite for comprehensive utilization (Pérez *et al.*, 2014). The assessment of the genetic material in the field with the use of experimental designs for the analysis of genotype x environment interaction and yield stability are necessary for identification of superior cultivars, and Mexico both approaches have been extensively studied in the past four decades (Rodríguez *et al.*, 2005; González *et al.*, 2010), but there is little published information on the evaluation of elite hybrids cooperating farmers on land by using demonstrative and/or validation plots, especially in the Highlands of Center Mexico.

Genetic diversity in the States of Hidalgo, Mexico, Puebla and Tlaxcala is represented by the races of maize (*Zea mays* L.) grown in higher elevations to 2 000 m, as Palomero Toluqueño, Arrocillo Amarillo, Conico, Chalqueño and Cacahuacintle; the first two are maize wreckers, Cónico and Chalqueño are half-dented and the last is a white, floury maize and large seeds (Wellhausen *et al.*, 1951).

In the past three decades have made outstanding efforts to improve the adaptability of varieties and hybrids formed with elite germplasm tropical and subtropical Mexican origin and/or foreign (Torres *et al.*, 2011), but its use in Latin America is concentrated in specific areas and in regions characterized by subsistence-oriented agriculture most farmers grow landraces; sown with the first surface is less than 32%, as in Mexico (20.3%), Central America (21.8%) and the Caribbean (31.3%).

al., 2011), pero su uso en Latinoamérica está concentrado en zonas específicas y en las regiones caracterizadas por una agricultura orientada al autoconsumo la mayoría de los agricultores cultivan variedades criollas; la superficie sembrada con las primeras es inferior a 32 %, como en México (20.3%), América Central (21.8%) y el Caribe (31.3%).

El maíz es la base de la alimentación de los mexicanos, debido a que 57% de su producción se destina a este rubro, básicamente como tortilla (Sánchez *et al.*, 1998), con un consumo *per capita* de 122 kg. Entre 2.5 y 3 millones de campesinos están relacionados directamente con su cultivo, pero esta cifra podría aumentar a 18 millones si se considera el promedio de los hogares rurales. Aun cuando se siembran 8.5 millones de ha se tiene un déficit en la producción de 5 776 000 t (SAGAR, 2000). Para lograr su autosuficiencia es más viable aumentar el rendimiento por ha que ampliar su superficie de cultivo. En Estados Unidos de América y Canadá se han obtenido ganancias genéticas entre 57 y 79%, atribuibles al mejoramiento genético de híbridos y a un mejor entendimiento de la tecnología aplicada (Tollenaar y Lee, 2011). En el estado de México se siembran 573 000 ha y se producen 1 801 330 t, con un rendimiento de grano de 3.1 t ha⁻¹; la principal zona productora es el Valle Toluca- Atlacomulco, con casi 250 000 ha. En experimentos, los rendimientos de grano varían de 4 a 8.7 t ha⁻¹ (González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008), pero en terrenos de agricultores existe poca información publicada.

Saín y Martínez (1999) comentaron que podría elevarse la productividad del maíz entre 84 y 400% con híbridos y con variedades entre 51 y 300%, pero el empleo de semilla mejorada en México apenas varía de 18.8 a 25% (Espinosa *et al.*, 1999; Herrera *et al.*, 2002); su escasa adopción podría atribuirse a la falta de adaptabilidad, la diferencia en costos entre la semilla mejorada y la usada por los agricultores, y su deficiente distribución.

El material genético considerado en el presente trabajo involucra un grupo de híbridos experimentales, pre comerciales y comerciales recomendables para el centro de México, pero existe poca información sobre su potencial de rendimiento y sobre su adaptabilidad, así el objetivo principal fue analizar 17 ambientes y 17 híbridos élite sembrados en parcelas demostrativas y de validación para identificar material genético sobresaliente.

Maize is the staple food of Mexicans, because 57% of its production goes to this area, like tortilla (Sánchez *et al.*, 1998), with a per capita consumption of 122 kg. Between 2.5 and 3 million farmers are directly related to their culture, but this figure could rise to 18 million if you consider the average rural household. Even when planted 8.5 million ha have a deficit in the production of 5.776 million t (SAGAR, 2000). In order to achieve self-sufficiency is more feasible to increase the yield per hectare to expand their acreage. In the United States and Canada have obtained genetic gains between 57 and 79%, attributable to breeding hybrids and a better understanding of applied technology (Tollenaar and Lee, 2011). In the State of Mexico 573 000 ha planted and produced 1 801 330 t with a grain yield of 3.1 t ha⁻¹; the main producing area is the Valley Toluca-Atlacomulco, with nearly 250 000 ha. In experiments, grain yields range from 4 to 8.7 t ha⁻¹ (González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008), but in farmers there is little published information.

Saín and Martínez (1999) commented that could increase maize productivity between 84 and 400% with hybrid varieties and between 51 and 300%, but the use of improved seed in Mexico just varies from 18.8 to 25% (Espinosa *et al.*, 1999; Herrera *et al.*, 2002); their low adoption could be attributed to the lack of adaptability, the difference in costs between improved seed and used by farmers, and poor distribution.

The genetic material considered in this study involves a group of experimental hybrids, commercial and advisable to pre central Mexico trade, but there is little information on their yield potential and adaptability, and the main objective was to analyze 17 environments and 17 elite hybrids planted in demonstration and validation plots to identify outstanding genetic material.

Materials and methods

Towns assessment

The experiment was located at peak irrigation in spring-summer 2011 in the following 13 localities in the State of Mexico (EM), Michoacán (M), Querétaro (Q), Hidalgo (H) and Puebla (P): Batán (EM: dates 1 and 2), Boximo (EM), Providence (EM), The Cerrillo Piedras Blancas (EM: dates 1 and 2), Toluca (EM: dates 1 and 2), Amealco (Q: dates 1 and 2), Texcoco (EM), Santa Lucía (EM), Jocotitlán (EM),

Materiales y métodos

Localidades de evaluación

Los experimentos se establecieron en punta de riego en primavera-verano de 2011 en las siguientes 13 localidades del Estado de México (EM), Michoacán (M), Querétaro (Q), Hidalgo (H) y Puebla (P): Batán (EM: fechas 1 y 2), Boximo (EM), La Providencia (EM), El Cerrillo Piedras Blancas (EM: fechas 1 y 2) Toluca (EM: fechas 1 y 2), Amealco (Q: fechas 1 y 2), Texcoco (EM), Santa Lucía (EM), Jocotitlán (EM), Patzcuaro (M), Epitacio Huerta (M), Tlaxcoapan (H) y Felipe Ángeles (P). La elección de estas localidades se realizó considerando sus diferencias en ubicación geográfica, altitud, clima y precipitación, principalmente (Cuadro 1).

Material genético

Los 17 híbridos utilizados fueron elegidos por la Red de Evaluación del Programa Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MasAgro). Este material experimental, pre comercial y comercial representa una opción viable para los Valles Altos del centro de México por su potencial de rendimiento y su adaptabilidad a esta región (Cuadro 2).

Patzcuaro (M), Epitacio Huerta (M), Tlaxcoapan (H) and Felipe Angeles (P). The choice of these locations was made considering their differences in geographic location, altitude, climate and precipitation, mainly (Table 1).

Genetic material

The Evaluation Network of Sustainable Modernization of Traditional Agriculture Program (MasAgro) chose the 17 hybrids used. This experimental, pre-commercial and commercial material represents a viable option for the Highlands of central Mexico for their yield potential and adaptability to this region (Table 2).

Lot size

Each of these consisted of ten rows of 10 m long with row spacing of 0.80 m (area 80 m²). Each unit 230 seeds spaced at 0.20 m were sown.

Handling plots

Mechanical soil preparation consisted of a fallow, a cross and a dredge. Before furrowing, fertilized with 70N-80P-30K. Manual seeding was tipped irrigation in April 2011. 62 500 plants ha⁻¹ were handled. With the second

Cuadro 1. Descripción del área de estudio.

Table 1. Description of the study area.

Localidades	Altitud	coordenadas	clima	t° media	mm agua
El Batán (EM)	2 232	19.30° N, 98.53°	tempado semi seco	15.9	686
Boximo (EM)	2 545	19°42'26"N 99°47'12"	templado sub húmedo	13.2	1 008
La Providencia (EM)	2 702	19°40', 100°18'	templado sub húmedo	14.3	950
Cerrillo Piedras Blancas(EM)	2 620	99.679, 19.415	templado semiseco	13.5	747
Toluca(EM)	2 650	99.679, 19.4	templado semiseco	14	800
Amealco (Q)	2 630	100° 08 38", 20° 11 17"	templado húmedo	15	980
Jocotitlán (EM)	2 735	19°42'26"N 99°47'12"	templado sub húmedo	13.2	1 008
Patzcuaro (M)	2 200	19° 37', 101° 25'	templado sub húmedo	15	1 100
Epitacio Huerta (M)	2 500	20°08', 100°17'	templado sub húmedo	18	1 075
Texcoco (EM)	2 200	19.30° N, 98.53°	templado semi seco	15.9	686
Santa Lucía (EM)	2 240	98.98, 19.748056	templado semi seco	14	780
Tlaxcoapan (H)	2 075	20°05'43, 20°05'43	templado	17	880
Felipe Ángeles (P)	2 270	19° 05', 97° 36°	templado sub húmedo	15.2	990

Fuente: MasAgro (2012).

Cuadro 2. Material evaluado en este estudio.**Table 2. Material evaluated in this study.**

Híbrido y/o genealogía	Color del grano	Institución	Tipo	RG t ha ⁻¹
(CML457/CML459)//IML-6	Blanco	CIMMYT	Triple	6.20
ASPROS-823	Blanco	ASPROS	Triple	
CMT 099001 (CML457/CHWE235)//CHWE231	Blanco	CIMMYT	Triple	
CMT 099003 (CML457/CHWL147)//CHWE229	Blanco	CIMMYT	Triple	
CMT 099027 (CML457/CHWE235)//CHWE233	Blanco	CIMMYT	Triple	
CV-702	Blanco	CERES	Triple	6.80
H-55 (testigo)	Blanco	INIFAP	Triple	7.30
H-57	Blanco	INIFAP	Triple	7.20
HID-15	Blanco	ICAMEX	Doble	5.80
P1684	Blanco	PIONEER	Triple	
CMD 080001 (CML 460/CHYL0 22)// (CML462/CHYL10)	Amarillo	CIMMYT	Triple	
CMT 029502 (CML 460/CML461)// CML462	Amarillo	CIMMYT	Triple	
CMT 099002 (CML 460/CML461)// CHYE140	Amarillo	CIMMYT	Triple	
CMT 099004 (CML 462/CML461)// CHYE140	Amarillo	CIMMYT	Triple	5.00
Insurgentes	Amarillo	ICAMEX	Triple	
P1832	Amarillo	PIONEER	Triple	
Torito amarillo 1	Amarillo	UACH	Triple	
				4.60

Origen: MasAgro (2012).

Tamaño de la parcela

Cada una de éstas constó de diez surcos de 10 m de longitud, con separación entre hileras de 0.80 m (área de 80 m²). En cada unidad se sembraron 230 semillas distanciadas a 0.20 m.

Manejo de las parcelas

La preparación mecánica del suelo consistió en un barbecho, una cruz y una rastra. Antes de surcar se fertilizó con 70N-80P-30K. La siembra manual se hizo con punta de riego en abril de 2011. Se manejaron 62 500 plantas ha⁻¹. Con la segunda escarda se incorporaron 70 unidades de nitrógeno y se aplicaron atrazina y 2,4-D amina (1.5 kg y 1.5 L ha⁻¹) disueltos en 200 L de agua para complementar el control de maleza manual y mecánico efectuado antes de los 90 días de establecidos los experimentos. La cosecha manual se efectuó en noviembre y diciembre, después que el material genético alcanzó la madurez fisiológica.

Registro de variables

Se registraron los siguientes caracteres: floraciones masculina (FM) y femenina (FF), cociente entre floraciones (CF), alturas de planta (AP) y mazorca (AM), cociente entre alturas (CA), rendimiento de grano por hectárea (RG)

weeding 70 units of nitrogen is incorporated and applied atrazine and 2,4-D amine (1.5 kg and 1.5 L ha⁻¹) was dissolved in 200 L of water to supplement the control of manual and mechanical weed made before 90-day established experiments. Manual harvesting was conducted in November and December, after the genetic material reached physiological maturity.

Registry variables

The following characters were recorded: male female blooms (FM) and (FF), ratio of blooms (CF), plant height (AP) and cob (AM), the ratio of heights (CA), grain yield per hectare (RG) and prolificacy index (IP). The procedures and measurement units used in the data record are described in CIMMYT (1995) and González *et al.* (2008).

Statistical analysis

Each variable was analyzed recorded with parametric statistics. Their means and their variances were calculated estimators and their t values were obtained to compare the means of the 17 rooms and 17 maize hybrids; comparison between each environment and the arithmetic average was made, and the difference between the mean of each hybrid and the average of H-55 (control) was compared. The calculated value of t was obtained with 16 degrees of freedom, the levels of significance of 5 or 1%. Algebraic methods are described

e índice de prolificidad (IP). Los procedimientos y las unidades de medición empleados en el registro de datos están descritos en CIMMYT (1995) y en González *et al.* (2008).

Análisis estadístico

Cada variable registrada fue analizada con estadística paramétrica. Se calcularon sus medias y sus varianzas y con sus estimadores se obtuvieron los valores de *t* para comparar las medias de los 17 ambientes y de los 17 híbridos de maíz; se hizo la comparación entre cada ambiente y su promedio aritmético, y se contrastó la diferencia entre la media de cada híbrido y la media de H-55 (testigo). El valor de *t* calculado se obtuvo con 16 grados de libertad, a los niveles de significancia del 5 ó 1%. Los procedimientos algebraicos están descritos en Steel y Torrie (1980). Adicionalmente se aplicaron el análisis de componentes principales (biplot entre híbridos y variables) y el de conglomerados (método UPGMA, para agrupar localidades o híbridos), descritas por Sánchez (1995) y por González *et al.* (2010).

Resultados y discusión

En México se siembran 8 500 000 ha con maíz, pero en sus Valles Altos del Centro se explotan 3 500 000 ha en los estados de Hidalgo, México, Puebla y Tlaxcala, y 95% de esta superficie predominan las razas Cónico y Chalqueño (Wellhausen *et al.*, 1951; SAGAR, 2000), es por eso que esta región del país es muy importante para el mejoramiento genético, para la generación de tecnología y, específicamente, para la evaluación e identificación de material sobresaliente. En este contexto existen pocos estudios publicados sobre la evaluación de cultivares en parcelas demostrativas y de validación de tecnología (González *et al.*, 2008).

Con relación a los 17 ambientes de evaluación y considerando únicamente la información que se indica en el Cuadro 1, en el presente estudio se observó que éstos se agruparon en cuatro categorías: en el grupo 1 están el Batán, Texcoco, Santa Lucía y Tlaxcoapan; en el grupo 2 se localizaron a Patzcuaro y Felipe Ángeles; en el grupo 4 se observan el Cerrillo Piedras Blancas y Toluca; el grupo 3 está conformado por el resto de los ambientes (Figura 1). Estos resultados confirman que esta región del centro de México es muy heterogénea; el clima, la precipitación pluvial, la altitud, su ubicación geográfica y el tipo de suelo son los principales componentes de esta variabilidad cuando se realizan

in Steel and Torrie (1980). Additionally, the main component of analysis (biplot between hybrids and variables) and cluster (UPGMA method to group locations or hybrid), described by Sánchez (1995) and González *et al.* (2010) were applied.

Results and discussion

In Mexico, 8.5 million ha with maize are planted, but in his High Valley Center are operated 3.5 million ha in the States of Hidalgo, Mexico, Puebla and Tlaxcala, and 95% of this area is dominated by Taper and Chalqueño races (Wellhausen *et al.*, 1951. SAGAR, 2000), that is why this region is so important for genetic improvement for technology generation and specifically for the evaluation and identification of outstanding material. In this context, there are few published studies on the evaluation of cultivars in demonstration and technology validation plots (González *et al.*, 2008).

Regarding the 17 evaluation environments and considering only the information listed in Table 1, in the present study it was observed that these were grouped into four categories: group 1 are the Batán, Texcoco, Santa Lucía and Tlaxcoapan; in group 2 were located at Patzcuaro and Felipe Angeles; in group 4 are we observed Cerrillo Piedras Blancas and Toluca; Group 3 consists of the rest of the environments (Figure 1). These results confirm that this region of central Mexico is very heterogeneous; climate, rainfall, altitude, geographical location and soil type are the main components of this variability when tests are performed across locations in the same year (Pérez *et al.*, 2014). From these results, it also follows that the choice of a single room for each of these four groups will save time and financial resources in the assessment and identification of outstanding cultivars. For example, it is recommended for future studies Tlaxcoapan elect, Felipe Angeles, Epitacio Huerta and Toluca, representing the states of Hidalgo, Puebla, Michoacán and Mexico, respectively; relative to its elevation there is a difference of 600 m (Table 2).

Notwithstanding this recommendation should be noted that frost meteorological phenomenon common in this region, have not been considered, so it is also necessary to know their contribution and time on grain yield and other yield components. The limited availability of seed materials and experimental pre trade has been one of the main constraints to establish trials in time and space (González *et al.*, 2008; González *et al.*, 2010).

ensayos a través de localidades en el mismo año (Pérez *et al.*, 2014). De éstos resultados se infiere también que la elección de un solo ambiente de cada uno de estos cuatro grupos permitirá ahorrar tiempo y recursos financieros en la evaluación e identificación de cultivares sobresalientes. Por ejemplo, para estudios futuros se recomienda elegir a Tlaxcoapan, Felipe Ángeles, Epitacio Huerta y Toluca, que representan a los estados de Hidalgo, Puebla, Michoacán y México, respectivamente; con relación a su altitud existe una diferencia de 600 msnm (Cuadro 2).

No obstante lo anterior en esta recomendación debe observarse que las heladas, fenómeno meteorológico muy común en esta región, no han sido consideradas, por lo que también es necesario conocer la contribución de éstas y del tiempo sobre el rendimiento de grano y otros componentes del rendimiento. La poca disponibilidad de semilla de los materiales experimentales y precomerciales ha sido una de las principales limitantes para establecer los ensayos en tiempo y en espacio (González *et al.*, 2008; González *et al.*, 2010).

Con relación a seis de las ocho variables evaluadas en el presente estudio se observó que los 17 ambientes también originaron variabilidad fenotípica importante; éstos se clasificaron en tres categorías: iguales a su media aritmética e inferiores o superiores estadísticamente a ésta (Cuadro 3; Figura 2).

Cuadro 3. Promedios aritméticos para los 17 ambientes considerados en este estudio.

Table 3. Arithmetic averages for the 17 environments considered in this study.

Localidad /ambiente	FM	FF	AP	AM	IP	CF	CA	RG
EL Batan 1	93.21	95.07	235.90**	125.37**	0.62	0.98	0.53	6.10
El Batan 2	87.18**	90.00**	171.24**	78.06**	0.46	0.97	0.45	2.20**
Boximo	93.94*	96.53*	205.94**	98.53**	0.63	0.97	0.48	7.35
La Providencia	101.18**	100.53**	211.47**	93.53	0.49	1.00	0.44	4.28
El Cerrillo P.B. 1	101.94**	105.71**	186.41**	86.29**	0.56	0.97	0.46	4.41
El Cerrillo P.B. 2	93.76**	96.65*	217.18**	115.41**	0.58	0.97	0.53	6.36
Toluca (1)	102.88**	101.53**	202.32**	95.78	0.39	1.01	0.47	4.74
Toluca (2)	91.00	93.88	201.54**	86.47**	0.36	0.97	0.42	5.64
Amealco (1)	90.47	93.65	182.78**	85.22**	0.73	0.97	0.47	8.10*
Amealco (2)	90.00	94.00	188.53**	85.12**	0.46	0.96	0.44	5.20
Jocotitlan	103.65**	109.59**	162.94**	64.71**	0.39	0.95	0.40	5.20
Patzcuaro	79.67**	81.39**	198.22	81.28**	0.23	0.98	0.41	6.52
Epitacio Huerta	85.82**	90.06**	196.52	89.26**	0.5	0.95	0.46	7.95
Texcoco	86.88**	90.88**	193.73**	98.25**	0.68	0.95	0.51	5.63
Santa Lucía	75.71**	77.35**	154.29**	84.71**	0.43	0.98	0.49	8.19*
Tlaxcoapan	78.82**	79.71**	262.65**	140.59**	0.35	0.99	0.53	8.64*
Felipe Ángeles	102.58**	106.64**	202.29**	98.35**	0.67	0.97	0.48	4.85

FM, floración masculina (días); FF, floración femenina (días); AP, altura de planta (cm); AM, altura de mazorca (cm); IP, índice de prolificidad; CF, coeficiente de floraciones; CA, coeficiente de alturas; RG, rendimiento de grano (t ha⁻¹).

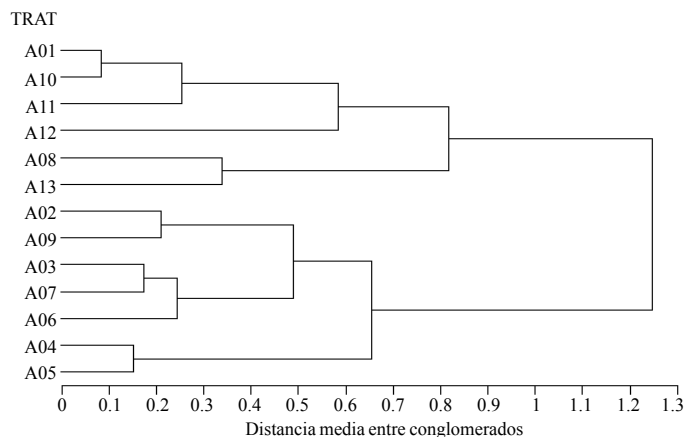


Figura 1. Agrupación de los 13 ambientes con base en la información del Cuadro 1.

Figure 1. Grouping of the 13 environments based on the information in Table 1.

With respect to six of the eight assessed variables in this study were observed to rise to 17 atmospheres also important phenotypic variation; they were classified into three categories: equal to their arithmetic and below or above this statistically (Table 3, Figure 2) average.

Arithmetic averages for male flowering (FM) ranged from 75.7 to 103.65 days, and for female flowering (FF) were 77.3 to 109.6 days (Santa Lucía and Jocotitlán, respectively). These results show that heterogeneity caused by the

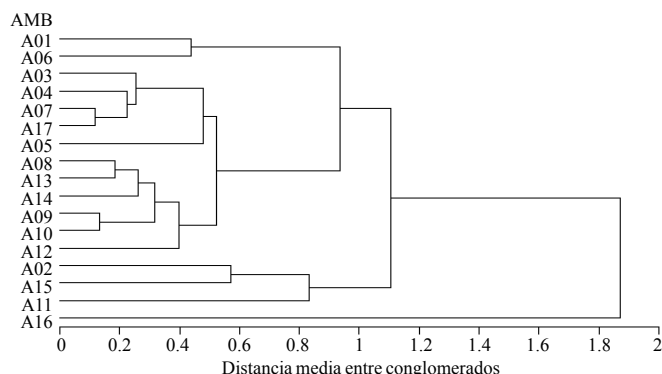


Figura 2. Agrupación de los 17 ambientes con base en ocho variables agronómicas. Los códigos están definidos en el Cuadro 3.

Figure 2. Grouping of 17 based environments in eight agronomic variables. The codes are defined in Table 3.

Los promedios aritméticos para floración masculina (FM) variaron desde 75.7 hasta 103.65 días, y para floración femenina (FF) fueron de 77.3 a 109.6 días (Santa Lucía y Jocotitlán, respectivamente). Éstos resultados muestran que la heterogeneidad ocasionada por los 17 ambientes fue de 28 días para FM y 32 días para FF (Cuadro 3). Ambos periodos son suficientes para evitar daños por heladas en siembras comerciales y experimentales establecidas en condiciones de temporal en el mes de abril en esta región de Valles Altos, independientemente del tipo de cultivar que se emplee.

Con relación a las alturas de planta (AP) y de mazorca (AM) se registraron valores desde 1.62 hasta 2.62 m para AP y de 0.64 hasta 1.40 m para AM (Jocotitlán y Tlaxcoapan, respectivamente). La variabilidad fenotípica originada por los 17 ambientes fue de 1 m para AP y de 0.76 m para AM (Cuadro 3). Éstos resultados muestran que ambas características están influenciadas significativamente por el tipo de localidad y de ambiente que se elija para la evaluación de los ensayos en campo.

Los caracteres agronómicos que mostraron escasa variabilidad fenotípica a través de los 17 ambientes fueron coeficientes de floración (CF, de 0.95 a 1.01) y de alturas (CA, de 0.40 a 0.53); en ambas y en índice de prolificidad (IP, de 0.23 a 0.73), la diferencia entre la media de cada ambiente y su gran media aritmética fue estadísticamente igual (Cuadro 3). Las tres variables podrían utilizarse para realizar selección indirecta para incrementar la producción de grano debido a que éstas son más estables e involucran dos características morfológicas.

En el Cuadro 3 puede observarse que la variable más afectada por la heterogeneidad que existe entre los 17 ambientes del centro de México fue rendimiento de grano (RG), que varió

17 environments was 28 days and 32 days for FM FF (Table 3). Both periods are enough to prevent frost damage to commercial and experimental plantings established under rainfed conditions in the month of April in this region of Valles Altos, regardless of the cultivar employed.

Regarding plant heights (AP) and earcobs (AM) values were recorded from 1.62 to 2.62 m for AP and 0.64 to 1.40 m for AM (Jocotitlán and Tlaxcoapan, respectively). The phenotypic variation caused by the environment 17 was 1 m to 0.76 m AP and for AM (Table 3). These results show that the type of location influences both characteristics significantly and environment is chosen for the evaluation of the field tests.

The agronomic traits that limited phenotypic variability exhibited by the 17 coefficients environments were flowering (CF, from 0.95 to 1.01) and heights (CA, 0.40 to 0.53) reads; in both rate and prolificacy (IP, from 0.23 to 0.73), the difference between the mean of each room and its large arithmetic mean was statistically similar (Table 3). The three variables could be used for indirect selection for increasing grain production because they are more stable and involve two morphological characteristics.

In Table 3, it can be seen that the variable most affected by the heterogeneity among the 17 environments from central Mexico was grain yield (RG), which ranged from 2.20 (El Batán, date 2) to 8.64 t (Tlaxcoapan); the difference between minor and major towns of RG was 6.44 t. Tlaxcoapan, Santa Lucía, Amealco (date 1), Boximo Epitacio and Huerta were the best atmospheres (8.19, 8.10, 7.35 and 7.95 t) for the evaluation of the trials; in these RG average higher than the national average (1.47 t ha⁻¹; SAGAR, 2000) was obtained from the average of the State of Mexico (3.1 t ha⁻¹), and the average of the conducted trials experiments established in the Toluca-Atacomulco Valley, in the State of Mexico (6.36 t ha⁻¹, González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008; González *et al.*, 2010).

Based on the eight recorded in the present study, in Figure 2, if the dendrogram at an average distance of 0.60 is cut variables, five groups were observed: in G1 was detected Batán (date 1) and Cerrillo Piedras Blancas (date 2); G3 grouped Batán (date 2) and Santa Lucía; G4 were classified Jocotitlán; in G5 was identified Tlaxcoapan; G2 are in other

desde 2.20 (El Batán, fecha 2) hasta 8.64 t (Tlaxcoapan); la diferencia entre las localidades de menor y mayor RG fue de 6.44 t. Tlaxcoapan, Santa Lucía, Amealco (fecha 1), Boximo y Epitacio Huerta fueron los mejores ambientes (8.19, 8.10, 7.35 y 7.95 t) para la evaluación de los ensayos; en éstas se obtuvo un RG promedio mayor que el de la media nacional (1.47 t ha^{-1} ; SAGAR, 2000), de la media del Estado de México (3.1 t ha^{-1}), y de la media de los ensayos conducidos en experimentos establecidos en el Valle Toluca-Atlaconulco, en el Estado de México (6.36 t ha^{-1} ; González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008; González *et al.*, 2010).

Con base en las ocho variables registradas en el presente estudio, en la Figura 2, si se corta el dendograma a una distancia promedio de 0.60, se observan cinco grupos: en G1 se detectó a Batán (fecha 1) y Cerrillo Piedras Blancas (fecha 2); G3 agrupó a Batán (fecha 2) y Santa Lucía; en G4 se clasificó a Jocotitlán; en G5 se identificó a Tlaxcoapan; en G2 están el resto de los ambientes. El mayor RG (8.64 t), las mayores dimensiones de la planta (AP, 2.62 m) y de la mazorca (AM, 1.40 m) y el menor ciclo vegetativo (78.8 y 79.7 días a FM y FF) se identificaron en G5. Los grupos 3 y 4 sólo difirieron en FM, FF y AM (103.65, 109.59 y 0.74 m para G4); ambos grupos tuvieron un RG similar al del grupo 2 (5.36 t) pero éste último presentó mayores dimensiones de planta y mazorca (1.97 y 0.90 m) y ciclo vegetativo intermedio (93.3 y 95.9 días a FM y FF; Cuadro 3).

Los 17 híbridos que son considerados en el presente estudio representan una fracción élite del material genético experimental, pre comercial y comercial que podría ser sobresaliente para los Valles Altos del centro de México; del 1 al 10 son maíces de grano blanco y del 11 al 17 son de grano amarillo (Cuadro 4; Figura 3); los 10 primeros son empleados principalmente para la elaboración de tortillas y los otros siete se destinan a la alimentación animal, ambos destacan el uso principal que se da a los maíces en México y en América Latina (Sánchez *et al.*, 1998; González *et al.*, 2008). Se esperaba que los híbridos de grano blanco, de mayor ciclo vegetativo, tuvieran mayor RG. Esta contradicción se explica por el hecho de que se presentaron heladas tempranas en la primera semana de septiembre de 2011, favoreciéndose más los maíces precoces de grano amarillo.

Las medias aritméticas para FM, FF, AP, AM, IP, CF, CA y RG para los maíces blancos (G1), excepto ASPROS 823 que se agrupó con los amarillos (G2), fueron de 91.73 días, 94.44 días,

environments. The higher RG (8.64 t), the larger plant (AP, 2.62 m) and cob (AM, 1.40 m) and the lowest growth cycle (78.8 and 79.7 days FM and FF) were identified in G5. Groups 3 and 4 differed only in FM, FF and AM (103.65, 109.59 and 0.74 m for G4); both groups had a similar RG group 2 (p 5.36) but the latter had higher plant and ear size (1.97 and 0.90 m) and intermediate growth cycle (93.3 and 95.9 FM and FF days, Table 3).

The 17 hybrids that are considered in this study represent a business and commercial elite fraction of experimental genetic material, which could be pre outstanding for the high valleys of central Mexico; 1 to 10 are white maize grain and 11 to 17 are yellow grain (Table 4, Figure 3); the first 10 are used primarily for making tortillas and the other seven are used for animal feed, both stress the main use is given to maize in Mexico and Latin America (Sánchez *et al.*, 1998; González *et al.*, 2008). We hoped that the white grain hybrids, most vegetative cycle had greater RG. This contradiction is explained by the fact that early frosts occurred in the first week of September 2011, more favoring early yellow maize grain.

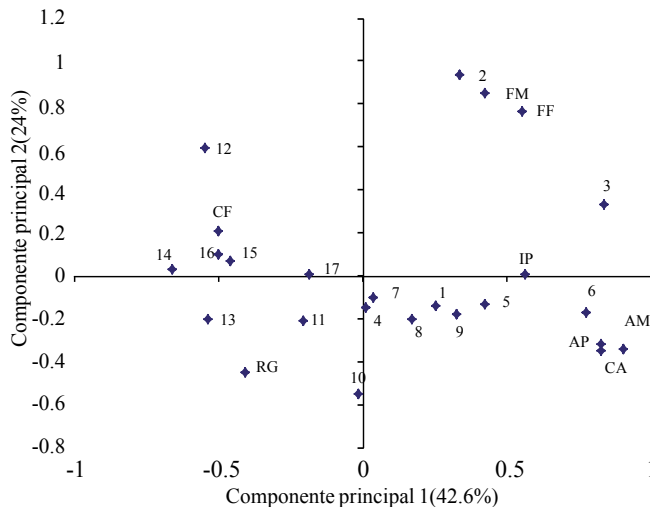


Figura 3. Interrelaciones entre 17 híbridos de maíz (en número) y ocho variables agronómicas (en letra). Los códigos están descritos en el Cuadro 3.

Figure 3. Interrelationships among 17 maize hybrids (in number) and eight agronomic variables (in words). The codes are described in Table 3.

The arithmetic means for FM, FF, AP, AM, IP, CF, CA and RG for white maize (G1), except that 823 ASPROS grouped with yellow (G2), were 91.73 days, 94.44 days, 211.75 cm,

211.75 cm, 105.67 cm, 0.51, 1, 0.50 y 6.02 t ha⁻¹, y para G2 correspondieron a 91.62 días, 93.82 días, 183.66 cm, 82.16 cm, 0.48, 1, 0.43 y 5.90 t ha⁻¹ (Cuadro 4, Figura 4). Éstos resultados muestran que la principal diferencia entre ambos maíces estuvo relacionada con AP y AM, con mayores dimensiones para G1.

105.67 cm, 0.51, 1, 0.50 and 6.02 t ha⁻¹, and G2 corresponded to 91.62 days, 93.82 days, 183.66 cm, 82.16 cm, 0.48, 1, 0.43 and 5.90 t ha⁻¹ (Table 4, Figure 4). These results show that the main difference between both maize was related to AP and AM, with larger sizes for G1.

Cuadro 4. Promedios aritméticos para los 17 híbridos considerados en este estudio (1 a 10, grano blanco; 11 a 17, grano amarillo).
Table 4. Arithmetic averages for the 17 hybrids in this study (1 to 10, white grain; 11 to 17, yellow grain).

Híbrido	FM	FF	AP	AM	IP	CF	CA	RG
1	91.6	93.9	209.3	101.7	0.6**	1.0	0.5	6.1
2	97.3**	99.3**	186.0**	86.9**	0.6**	1.0	0.5	4.8**
3	95.6**	99.1**	223.2**	112.4**	0.5	1.0	0.5	5.4**
4	91.3	93.9	209.8*	98.1	0.5	1.0	0.5	6.4
5	92.5	95.2	222.1**	112.2**	0.5	1.0	0.5	6.1
6	92.6	95.7	225.6**	116.4**	0.6**	1.0	0.5	5.9**
7	91.8	94.4	200.9	99.8	0.5	1.0	0.5	6.3
8	91.4	93.8	200.6	101.7	0.5	1.0	0.5	6.3
9	91.5	94.6	209.2	108.0*	0.4**	1.0	0.5	5.9**
10	87.3**	89.4**	205.1	100.8	0.5	1.0	0.5	5.8**
11	88.6**	90.9**	179.6**	88.1**	0.5	1.0	0.5	5.5**
12	95.4**	96.2*	181.8**	79.8**	0.4**	1.0	0.4**	6.1
13	89.0**	90.3**	195.1	84.6**	0.5	1.0	0.4**	6.2
14	91.2	93.4	181.6**	76.9**	0.5	1.0	0.4**	6.9**
15	91.2	94.4	186.7**	80.5**	0.4**	1.0	0.4**	6.3
16	89.9**	92.5*	167.0**	75.6**	0.5	1.0	0.5	5.6**
17	90.4*	93.6	191.5*	84.9**	0.5	1.0	0.4**	5.8**

1=CML457/CML459)//IML-6; 2=ASPROS-823; 3=CMT099001 (CML457/CHWE235)//CHWE231); 4=CMT099003 (CML457/CHWL147)//CHWE229); 5=CMT099027 (CML457/CHWE235)//CHWE233); 6= CV-702; 7= H-55 (testigo); 8= H-57; 9= HID-15; 10= P1684; 11= CMD 080001 (CML 460/CHYL0 22)// (CML462/CHYL10); 12=CMT029502 (CML460/CML461)//CML462); 13=CMT099002 (CML460/CML461)//CHYE140); 14=CMT099004 (CML462/CML461)//CHYE140); 15= INSURGENTES; 16= P1832; 17= Torito Amarillo 1. FM, floración masculina (días); FF= floración femenina (días); AP= altura de planta (cm); AM= altura de mazorca (cm); IP= índice de prolificidad; CF= coeficiente de floraciones; CA= coeficiente de alturas; RG= rendimiento de grano (t ha⁻¹).

Los promedios aritméticos que se muestran en el Cuadro 4 sugieren que este material genético tiene características agronómicas deseables para establecer un sistema de producción intensivo. Los coeficientes de alturas (entre 0.4 y 0.5), y de floraciones (de 1), así como las alturas de planta (de 1.67 a 2.25 m) y de mazorca (de 0.75 a 1.16 m) que se registraron garantizan menores porcentajes de acame de tallo y raíz, muy común en las razas de Valles Altos como Cónico, Chalqueño, Cacahuacintle y Palomero Toluqueño (González *et al.*, 2007; González *et al.*, 2008). Éstas ventajas podrían aprovecharse para la siembra comercial de híbridos en altas densidades de población (hasta 100 000 plantas ha⁻¹) y con mayores dosis de nitrógeno (hasta 300 kg ha⁻¹) con el propósito de incrementar el RG. Los 17 híbridos también podrían clasificarse como material de ciclo intermedio con base en FM (de 87 a 97 días) y FF (de 89.4 a 99 días); esta característica es muy deseable para evitar daños por heladas tempranas o tardías en esta región del centro de México.

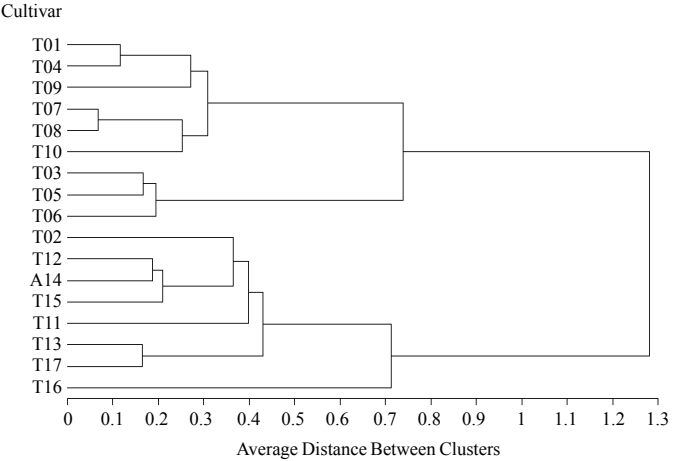


Figura 4. Agrupación de 17 híbridos de maíz con base en las ocho variables agronómicas. Método de media aritmética no ponderada (método UPGMA).
Figure 4. Grouping maize hybrids 17 based on eight agronomic traits. Method arithmetic average (UPGMA method).

El RG varió de 4.80 a 6.90 t ha⁻¹. H-55, considerado como testigo, produjo 6.30 t ha⁻¹ y sólo fue superado estadísticamente por CMT 099004 (6.90 t ha⁻¹). Los cultivares H-55, CML457/CML459//IML-6, CMT 099003, CMT 099027, H-57, CMT 0290502, CMT 099002 e Insurgentes (de 6.1 a 6.3 t ha⁻¹) tuvieron RG estadísticamente iguales. ASPROS 823, CMT 099001 y CMT 029502 presentaron el mayor ciclo vegetativo (FM y FF); los dos primeros con el menor RG. En el cultivar CV-702 se registraron las mayores dimensiones de la planta (AP y AM) pero su producción de grano fue estadísticamente inferior a la del testigo H-55. Los materiales más precoces fueron los identificados como 12, 13, 14 y 15, los cuales son de grano amarillo y también tuvieron valores de RG iguales o superiores a los del testigo (Cuadro 4). En la Figura 3 se observa que AP, AM y CA explicaron la mayor variabilidad asociada a la componente principal 1, mientras que la componente principal 2 se atribuyó principalmente a FM y FF.

Éstos resultados son similares a los observados por González *et al.* (2008), quienes evaluaron variedades e híbridos de maíz en el Valle Toluca-Atacomulco, Estado de México, con un rendimiento de grano promedio de 6.36 t ha⁻¹, pero también son inferiores a los obtenidos por González *et al.* (2010), quienes evaluaron cultivares en esta misma región y detectaron híbridos con rendimientos de grano superiores a 8 t ha⁻¹. Los ocho híbridos anteriores representan el material más sobresaliente para iniciar nuevos programas de mejoramiento genético, generación de tecnología, para la producción de semilla certificada o para la recomendación en siembra comercial en esta área de estudio.

Conclusiones

Los resultados más importantes mostraron que los 17 híbridos podrían clasificarse como ciclo intermedio con base en FM (de 87 a 97 días) y FF (de 89.4 a 99 días). La variable más afectada por la heterogeneidad que existe entre los 17 ambientes del centro de México fue rendimiento de grano (RG), que varió desde 2.20 (El Batán fecha 2) hasta 8.64 t (Tlaxcoapan); la diferencia entre las localidades de menor y mayor RG fue de 6.44 t. Tlaxcoapan, Santa Lucía, Amealco (fecha 1), Boximo y Epitacio Huerta fueron los mejores ambientes (8.19, 8.10, 7.35 y 7.95 t) para la evaluación de los ensayos. H-55, considerado como testigo, produjo 6.30 t ha⁻¹ y sólo fue superado estadísticamente por

Arithmetic averages shown in Table 4 suggest that this genetic material has desirable agronomic characteristics to establish an intensive production system. Height ratios (between 0.4 and 0.5), and blooms (1) and plant heights (from 1.67 to 2.25 m) and cob (0.75 to 1.16 m) that were recorded to ensure lower percentages flattens stem and root, common in breeds like Cónico, Chalqueño, Cacahuacintle and Palomero Toluqueño (González *et al.*, 2007; González *et al.*, 2008). These advantages could be exploited for commercial planting of hybrids in high population densities (up to 100 000 plants ha⁻¹) and with higher doses of nitrogen (up to 300 kg ha⁻¹) for increasing the RG. The 17 hybrids also could be classified as intermediate material cycle based on FM (87 to 97 days) and FF (89.4 to 99 days); this feature is highly desirable to avoid damage from early or late frosts in this region of central Mexico.

The RG ranged from 4.80 to 6.90 t ha⁻¹. H-55, regarded as the control was 6.30 t ha⁻¹ and was only statistically surpassed by CMT 099 004 (6.90 t ha⁻¹). Cultivars H-55, CML457 / CML459 // IML-6, 099003 CMT, CMT 099 027, H-57, 0290502 CMT, CMT and Insurgentes 099 002 (from 6.1 to 6.3 t ha⁻¹) had statistically identical RG. ASPROS 823, CMT CMT 099 001 and 029 502 showed the highest growth cycle (FM and FF); the first two with the lowest RG. In the CV-702 grow the larger dimensions of the plant (AP and AM) were recorded but their grain was statistically lower than that of the control H-55. The earliest materials were identified as 12, 13, 14 and 15, which are yellow grain and RG values were equal to or higher than the control (Table 4). The Figure 3 shows that AP, AM and CA explained most variability associated with the main component 1, while the main component is primarily attributable to two FM and FF.

These results are similar to those reported by González *et al.* (2008), who evaluated varieties and hybrids in Atacomulco-Toluca, State of Mexico Valle with an average grain yield of 6.36 t ha⁻¹, but are also lower than those obtained by González *et al.* (2010), who evaluated cultivars in this same region and detected hybrids with higher grain yields of 8 t ha⁻¹. The previous eight hybrids represent the most outstanding to start new breeding programs, generation of technology for the production of certified seed or recommendation for commercial planting in this area of study material.

CMT 099004 (6.90 t ha⁻¹). Los cultivares H-55, CML457/CML459//IML-6, CMT 099003, CMT 099027, H-57, CMT 0290502, CMT 099002 e Insurgentes (de 6.1 a 6.3 t ha⁻¹) tuvieron RG estadísticamente iguales; éstos representan el material más sobresaliente para iniciar nuevos programas de mejoramiento genético o de generación de tecnología, y también son recomendables para la producción de semilla certificada o siembra comercial en esta área de estudio.

Literatura citada

- Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT). 1995. Manejo de los ensayos e informe de los datos para el programa de ensayos internacionales de maíz del CIMMYT. 5ª reimpresión. México, D. F. 21p.
- Espinosa, C. A.; Tapia, A. y Avendaño, R. 1999. Variedades y producción de semillas en México. *Ciencia y Desarrollo* 49:62-67.
- 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. *Rev. Agríc. 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. *Rev. Agron. Costarricense.* 34(2):129-143.
- Herrera, C. B. E.; Castillo, G. F.; Sánchez, G. J. J.; Hernández, C. J. M. y Delgado, A. A. 2002. Uso de semilla criolla y caracteres de mazorca para la selección de semilla de maíz en México. *Rev. Fitotec. Mex.* 25(1):17-24.
- Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MasAgro). 2012. <http://www.MasAgro.gob.mx>. (consultado noviembre, 2013).
- Pérez, L. D. J.; González, H. A.; Franco, M. O.; Rubí, A. M.; Ramírez, D. J. F.; Castañeda, V. A. y Aquino, M. J. G. 2014. Aplicación de métodos multivariados para identificar cultivares sobresalientes de haba para el estado de México, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 5(2):265-278.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR). 2000. Situación actual y perspectivas de la producción de maíz en México. SAGAR. México, D. F., 75 p.

Conclusions

The main results showed that the 17 hybrids could be classified as intermediate cycle based on FM (87 to 97 days) and FF (89.4 to 99 days). The variable most affected by the heterogeneity among the 17 environments from central Mexico was grain yield (RG), which ranged from 2.20 (El Batán date 2) to 8.64 t (Tlaxcoapan); the difference between minor and major towns of RG was 6.44 t. Tlaxcoapan, Santa Lucia, Amealco (date 1), Boximo, Epitacio and Huerta were the best atmospheres (8.19, 8.10, 7.35 and 7.95 t) for the evaluation of the tests. H-55, regarded as the control was 6.30 t ha⁻¹ and was only statistically surpassed by CMT 099 004 (6.90 t ha⁻¹). Cultivars H-55, CML457 / CML459 / / IML-6, 099003 CMT, CMT 099 027, H-57, 0290502 CMT, CMT and Insurgentes 099 002 (from 6.1 to 6.3 t ha⁻¹) were statistically equal RG; they represent the most outstanding to start new breeding programs or technology generation material and are also recommended for the production of certified seed or commercial planting in this area of study.

End of the English version



- Saín, G. y Martínez, G. J. A. 1999. Adopción y uso de semilla mejorada por pequeños agricultores en el sudeste de Guatemala. *In: Memoria del Seminario Taller sobre Adopción de Tecnologías: la perspectiva del agricultor y sus implicaciones para la elaboración de políticas.* Saín, G. (Ed.). San José, Costa Rica. CIMMYT PROFRIJOL-PASOLAC- ICTA. 83-98 pp.
- Sánchez, G. J. J. 1995. El análisis biplot en clasificación. *Rev. Fitotec. Mex.* 18(2):188-203.
- Sánchez, R. G.; Martínez, A. F. A. y López, I. L. A. 1998. Oportunidades de desarrollo del maíz mexicano. *Alternativas de competitividad. Boletín Informativo.* 30(309):88.
- Steel, R. G. D. y Torrie, J. H. 1980. *Bioestadística: principios y procedimientos.* 2ª Ed. McGraw Hill. México, D. F. 622 p.
- Tollenaar, M.; and Lee, A. 2011. Strategies for enhancing grain yield in maize. *Plant Breed. Rev.* 34:37-82.
- Torres, F. J. L.; Morales, R. E. J.; González, H. A.; Laguna, C. A. y Córdova, O. H. 2011. Respuesta de híbridos trilineales y probadores de maíz en Valles Altos del Centro de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2(6):829-844.
- Wellhausen, E. J.; Roberts, L. M. and Hernández, X. E. 1951. Razas de maíz en México: su origen, características y distribución. Oficina de Estudios Especiales, Secretaría de Agricultura y Ganadería, México, D. F. Folleto técnico Núm. 5. 237 p.