



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DE 20 VARIETADES E HÍBRIDOS DE
MAÍZ EN SAN BARTOLITO, ESTADO DE MÉXICO**

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA PRESENTA:**

SERGIO RAÚL SUÁREZ VÁZQUEZ

ASESORES:

**DR. ANDRÉS GONZÁLEZ HUERTA
DRA. DELFINA DE JESÚS PÉREZ LÓPEZ**

CAMPUS UNIVERSITARIO EL CERRILLO, AGOSTO DE 2016



CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Antecedentes del mejoramiento del maíz	5
2.2 Evaluación de criollos y variedades de maíz	9
2.3 Ventajas y desventajas de los criollos sobre los híbridos	12
2.4 Correlaciones entre rendimiento y caracteres de planta y mazorca	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1 Descripción del área de estudio	17
3.2 Material genético	17
3.3 Diseño y tamaño de la parcela experimental	18
3.4 Conducción del experimento en campo	19
3.5 Registro de datos	19
3.6 Análisis estadístico	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
V. CONCLUSIONES	30
VI. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	31
VII. ANEXOS (Cuadros y Figura)	39

RESUMEN

La introducción de germoplasma a un sitio potencial es un método barato, rápido y eficaz para identificar cultivares sobresalientes o para iniciar nuevos programas de mejoramiento genético, generación, validación, aplicación y/o transferencia de tecnología. Este estudio se realizó en condiciones de temporal en el ciclo primavera verano de 1994 en San Bartolito, Municipio de Calimaya de Díaz González, México. El objetivo principal fue estimar la variabilidad fenotípica y genotípica existente en un grupo de 20 cultivares de maíz (*Zea mays* L.) recomendables para siembra comercial en el Valle Toluca-Atlacomulco, en el estado de México. Adicionalmente se planteó la necesidad de construir un índice de deseabilidad ID a partir de las dimensiones de la mazorca para elegir cultivares sobresalientes. El ensayo se estableció en campo en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las variables registradas fueron floraciones masculina y femenina; alturas de planta y mazorca; longitud, diámetro, número de hileras y pesos de olote y de grano por mazorca, rendimiento de grano por parcela y por hectárea y peso volumétrico del grano. Este grupo de variables fueron sometidas a un análisis de varianza, a la comparación de medias de tratamientos con la prueba de Tukey, así como a un análisis de correlación lineal simple. Adicionalmente se hizo un análisis de componentes principales para establecer la interrelación entre cultivares de maíz y variables evaluadas. Los resultados mostraron variabilidad fenotípica y genotípica significativa en la mayoría de las variables evaluadas, excepto en longitud de mazorca (LM) y rendimiento de grano por ha

(RG). Las estimaciones de heredabilidad en sentido amplio (H^2) confirmaron los resultados anteriores; éstas variaron de 51.6 a 92.4 % pero en LM y RG sólo fueron de 28.4 y -20.0 %. Los materiales más sobresalientes fueron los Criollos 16, 19, 26, 29, 21, 31 y UAEM-1 (entre 6.52 y 7.04 t ha⁻¹), pero sus producciones de grano fueron iguales estadísticamente a las del resto de los cultivares. El aumento en RG se debió principalmente a un incremento en alturas de planta y mazorca, diámetro, longitud, y pesos de grano por mazorca y volumétrico del grano. La construcción de un índice con base en las dimensiones de la mazorca fue útil y fácil de calcular y, al correlacionarse positiva y significativamente con RG ($r=0.501^*$), podría emplearse para elegir cultivares sobresalientes.

Palabras clave: *Zea mays* L, raza Cónico, Valles Altos del Centro de México, región Toluca-Tenango del Valle, ensayo de rendimiento, índice de deseabilidad.

ABSTRACT

The germplasm introduction to a potential place es a cheap, fast and effective method to identify outstanding vareties or to star a new plant breeding or generation, validation, application and/or technology transfer programs. This study was done in the spring summer cycle in 1994 at San Bartolito, Municipality of Calimaya de Diaz Gonzalez, Mexico. The main objective was to estimate phenotypic and genotypic variability in a group of 20 maize (*Zea mays* L.) cultivars suggested for commercial planting in Toluca-Atlacomulco Valley, in the State of Mexico. In addition to there is a need to build a simple index from size cob to choose outstanding cultivars. This trial was established in field conditions in a randomized complete block design with four replications. Male and female florewing days, plant and ear height, length, diameter, number of rows, and weight of cob and grain per ear, grain yield and volumetric weight of the grain were recorded. This group of traits was subjected to an analysis of variance, comparison between treatments means with the Tukey test ($p=0.05$) and a simple lineal correlation analysis. Principal Component Analysis to establish the interrelationship among maize cultivars and evaluated traits was done. Some of the results given below: there was significant genotypic and phenotypic variability in most assessed traits except ear length (LM) and grain yield (RG). The broad sense heritability estimates confirmed previous results; these values ranged from 51.6 to 92.4% but in LM and RG were 28.9 and -20.0 %, respectively. The most outstanding materials were creoles 16, 19, 26, 29, 31 and UAEM-1 (from 6.52 to 7.04 t per ha) but their grain yield productions were statistically equal to those of all 14 cultivars. The increase in RG was mainly due

to an increase in plant and ear height, diameter, length and weight of grain per ear and grain volumetric weight. The build of an index based in the size ear was useful and easy to calculate and due to their positively and significantly correlation with RG ($r=0.501^*$) could be employed to choose outstanding maize.

Keywords: *Zea mays* L, Conico race, High Valley of Central Mexico, region Toluca-Tenango del Valle, performance test, desirability index.

INTRODUCCIÓN

San Bartolito, pertenece al Municipio de Calimaya de Díaz González, que está ubicado en el Valle de Toluca, a 17 Km al sur de la Capital mexicana. La cabecera municipal se sitúa a 19° 09' 30'' de latitud norte y 99° 37' 17'' de longitud oeste del meridiano de Greenwich, a 2650 msnm, su extensión territorial es de 103.4 Km, que equivale a 10 340 ha. Con relación al uso del suelo, 7100 ha se destinan a la agricultura, 2072 ha tienen uso forestal, 306 ha se utilizan en la ganadería, en 541 ha están asentadas las industrias, los cuerpos de agua y los suelos erosionados y la zona urbana ocupa 294 ha (Pérez *et al.*, 1999).

En el sector agrícola, en la región no existe infraestructura para el riego por lo que las 7100 ha destinadas a la agricultura dependen de la cantidad y calidad de la precipitación pluvial que se presenta durante el ciclo agrícola. De esta superficie, en 6100 ha se siembra maíz (*Zea mays* L.). Sin embargo, el cacahuacintle, maíz blanco harinoso de granos grandes profundos y anchos predomina ampliamente en la parte alta del municipio, que comprende las comunidades de Calimaya, San Diego La Huerta, Zaragoza de Guadalupe, San Lorenzo Cuauhtenco, Santa María Nativitas y San Marcos de la Cruz (Pérez *et al.*, 1999).

El maíz duro predomina ampliamente en la parte baja de este municipio, que comprende las comunidades de San Bartolito, San Andrés Ocotlan y La

Concepción Coatipa. Sin embargo, aun en la actualidad existen problemas de adopción de variedades e híbridos mejorados que una vez introducidos a esa región podrían presentar mayores rendimientos de grano y mejores características de planta y mazorca en comparación con los criollos locales de uso común por los agricultores (Pérez *et al.*, 1999).

Además del maíz, en este municipio se explotan otros cultivos como avena (*Avena sativa* L.), chícharo (*Pisum sativum* L.), haba (*Vicia faba* L.), papa (*Solanum tuberosum* L.), y zanahoria (*Daucus carota* L.). De acuerdo con un estudio socio económico realizado en diciembre de 1999, se concluyó que la papa y la zanahoria fueron los cultivos de mayor importancia, ya que permitieron obtener a los agricultores ingresos netos por hectárea de \$36, 148.00 y \$11,055.00, respectivamente; en los restantes se obtuvieron \$15,525.00, \$ 12,482.00, \$1,371.30, \$3,562.50, \$10,989.00 y \$2,750.00, en donde los dos primeros valores correspondieron a maíz cacahuancintle, el tercero a maíz duro, y los otros a chícharo, haba y avena, respectivamente (Pérez *et al.*, 1999).

La introducción y caracterización agronómica de germoplasma mejorado con relación al criollo podría proporcionar información de utilidad en la planeación del mejoramiento genético y en la generación de la tecnología de producción para esta región. Este tipo de enfoques son alternativas importantes debido a su simplicidad y economía en la utilización de recursos humanos y en la eficientización de la infraestructura destinada a la investigación y a la extensión

agrícola. Aun cuando el maíz duro ha dejado de ser remunerativo, su importancia social y cultural se refleja en los intereses de los agricultores de esta zona, debido a que su explotación en monocultivo se destina especialmente al autoconsumo. En este estudio se realizó un análisis comparativo de dos cultivares criollos colectados en San Bartolito, municipio de Calimaya de Díaz González con relación a doce criollos colectados en el Valle Toluca – Atlacomulco, tres híbridos (cruza simple y doble) liberados por el INIFAP, y tres variedades mejoradas de polinización libre (derivadas del cultivar V-105) formadas por la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México.

En el Estado de México existen zonas agrícolas con gran potencial productivo para la explotación de maíz. San Bartolito, Municipio de Calimaya de Díaz González, es una de las comunidades que pertenecen al Valle de Toluca que presentan ese potencial. Sin embargo, de acuerdo con información proporcionada por agricultores de esta región, los rendimientos más altos que se han observado en los últimos años en criollos, en el mejor de los casos, no superan las 6.0 t ha⁻¹. La Asociación de Productores de Maíz del Estado de México (ASPROS), el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX), y el Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) han reportado rendimientos de grano en variedades mejoradas e híbridos entre 6.0 y 12.0 t ha⁻¹ aplicando la tecnología de producción generada por sus investigadores (González *et al.*, 2008).

Es por esto que en el presente estudio se introdujeron 18 materiales genéticos de maíz con alto potencial de rendimiento en grano y mejores características de planta y mazorca; su caracterización agronómica permitirá generar información sobre su potencial productivo en esta región, y sería deseable la identificación de genotipos superiores con fines de mejoramiento genético y para la generación de tecnología. Este tipo de trabajo permitirá reducir la distancia entre los rendimientos reales y potenciales en el cultivo de maíz en esa comunidad, lo que se reflejará en mayores beneficios sociales y económicos para sus habitantes.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de mejoramiento del maíz

En general, en los países en desarrollo, los híbridos ocuparon cerca del 38% de la superficie total cultivada con maíz, la semilla de producción comercial de variedades de polinización libre el 7% y las semillas criollas el 55%. Frecuentemente el maíz híbrido se concentra en las zonas de producción favorables (y por lo tanto de menor riesgo) de los países en desarrollo (CIMMYT, 1987).

El empleo de variedades mejoradas, en especial de híbridos, se ampliará en los países en desarrollo con el crecimiento de la industria productora de semilla. Estos cambios son una consecuencia inevitable del desarrollo agrícola y económico de los países del tercer Mundo, y de los cambios paralelos en los métodos agrícolas. El proceso de cambio en la producción de semillas exigirá la toma de decisiones bien fundamentadas con el propósito de obtener semillas específicas para determinadas regiones o grupos de agricultores. En algunos casos, será conveniente introducir híbridos, mientras que en otros resultará más apropiado que los agricultores y productores de semillas se concentren en las variedades mejoradas de polinización libre (CIMMYT, 1987).

En los ensayos con variedades promisorias el rendimiento de grano y su adaptabilidad a diferentes ambientes han sido, en la mayoría de los casos, los

parámetros importantes para la clasificación e identificación de cultivares superiores que podrían utilizarse con fines comerciales y en nuevos programas de mejoramiento genético, ya que a partir de éstos es posible obtener nuevos y mejores maíces. Para lograr tal fin es necesario ampliar las bases genéticas de los progenitores y concentrar los esfuerzos en las mazorcas de las variedades de polinización libre, si a partir de éstas se han de formar híbridos superiores en el futuro (Hallauer y Miranda, 1988).

Las condiciones tan variables de clima, suelo y la incidencia de heladas tempranas y tardías que predominan en los Valles Altos del país, son factores que limitan la explotación de variedades tardías de altos rendimientos, por ello es necesario identificar y/o formar variedades precoces que aprovechen al máximo la precipitación pluvial y que muestren mecanismos de escape al daño que originan las heladas (González, 1987).

Una metodología que ha sido adoptada por algunas instituciones de investigación y educación agrícola superior, ha sido la de coleccionar variedades criollas de las diferentes zonas productoras de maíz. Éstas y otras variedades mejoradas e híbridos han sido introducidas a terrenos de agricultores cooperantes y en las estaciones experimentales para determinar su potencial agronómico a través de años y localidades (González *et al.*, 2008; González *et al.*, 2010).

En algunas regiones de los Valles Altos de México se ha observado que los criollos han superado en rendimiento a variedades mejoradas e híbridos, aún cuando en las primeras se han detectado algunas características de planta y mazorca que son susceptibles de mejorar (Rocha, 1988; Reyes, 1986, Medina *et al.*, 1988; Dionicio, 1992).

En otros estudios se ha encontrado que las variedades de polinización libre en general han mostrado mayor estabilidad en rendimiento de grano que los híbridos cuando se han evaluado durante varios años y/o localidades (Márquez *et al.*, 1990; Carranza, 1993; Niño y Nicolás, 1993; Salazar y González, 1997). Por ejemplo, Márquez *et al.* (1990) observaron que las variedades Ixtlahuaca, Almoloya de Juárez y Santiago Yече, además de tener amplia adaptabilidad para el Valle Toluca – Atlacomulco, han producido entre 6.0 y 7.5 t ha⁻¹.

De 1971 a 1974, Muñoz *et al.* (1976) realizaron colectas y pruebas de criollos en varios estados del país, e incluyeron algunos híbridos como testigos. Los resultados demostraron que en la superioridad de los criollos sobresalientes está involucrada su mayor precocidad y una mejor habilidad para adaptarse a condiciones edáficas desfavorables y de competencia causada por malas hierbas. Los híbridos poseen características perfeccionadas y un potencial de rendimiento que no se expresa, en parte por su condición más tardía, por lo que su uso debe canalizarse en condiciones menos críticas.

Arrellano (1976) realizó un estudio en los Valles Altos de Puebla y observó que los híbridos mostraron rendimientos superiores al de los criollos en años y lugares favorables en lluvias y periodos amplios libres de heladas; aplicando un sistema simultáneo de evaluación y selección él señaló que los criollos seleccionados y mejorados por selección masal exhiben un comportamiento regular en rendimiento y adaptación.

Brauer (1969) comentó que el primer paso que debe dar el genotecnista para tener éxito es introducir todas las variedades posibles de la especie cultivada que desea mejorar o aún de especies silvestres que pudiesen introducirse al cultivo, observar su variación, sus cualidades de adaptación e intentar mejorarlas por selección de acuerdo a las necesidades de agricultores y consumidores.

León (1974) consideró que la introducción de plantas es un arma poderosa para el desarrollo agrícola y por este sistema un país puede obtener rápidamente y a bajo costo los mejores materiales genéticos. Poehlman (1965) indicó que en los cultivos de polinización cruzada las introducciones se pueden utilizar como fuentes de nuevas variedades al proporcionar genes favorables para resistencia a enfermedades y sequía, tolerancia a bajas temperaturas y otras valiosas características que posteriormente puedan incorporarse a las variedades adaptadas recurriendo a la hibridación, o combinarse en la formación de sintéticos.

El mejoramiento genético basado en la introducción de nuevos materiales es un método barato, rápido y eficaz en el corto tiempo si se tiene cuidado de introducir germoplasma de lugares similares a la región en cuanto a climatología, altitud y latitud. Las introducciones juegan un papel muy importante como fuente de germoplasma en cualquier programa de mejoramiento, por lo que el fitomejorador, conciente de las limitaciones en relación con la variabilidad genética dentro de su programa, puede recurrir a la introducción de germoplasma nuevo proveniente de otros programas de bancos de germoplasma, etc. Las variedades introducidas pueden desempeñar un papel importante bajo ciertas condiciones, siempre que no signifiquen una posible dependencia de otros programas (Hernández, 1987).

Pérez *et al.* (1999) subrayaron que la producción de maíz en la Mesa Central de México depende de la interacción de muchos factores, entre los que se encuentran heladas tempranas y tardías, precipitación pluvial escasa y mal distribuida, presencia de granizadas y vientos, baja fertilidad de suelo, bajo contenido en materia orgánica, topografía irregular, erosión y salinidad, uso limitado de la tecnología disponible, baja productividad en los criollos, control ineficiente de maleza, predominio del monocultivo, incidencia de plagas y enfermedades, minifundio, crédito ineficiente e inoportuno, falta de infraestructura para la entrega oportuna de insumos, la desorganización de los productores y la falta de capital en el campo, entre otros.

2.2. Evaluación de criollos y variedades de maíz

Al evaluar en condiciones de temporal deficiente 47 criollos y 17 variedades mejoradas se observaron diferencias en color del grano, altura de planta, ciclo vegetativo y producción de grano; por su precocidad y buen rendimiento sobresalieron los maíces rojos y negros (Ávila y Arellano, 1988). Sin embargo, las variedades mejoradas son superadas por las criollas cuando existen condiciones adversas (Camacho, 1988), o cuando el ciclo agrícola es largo (Dionicio, 1992).

Valadez y Muñoz (1988) evaluaron variedades criollas y mejoradas, éstas últimas provenientes de altitudes similares de México. En las tres localidades, los criollos superaron a los testigos; las variedades de mayor producción de grano fueron más precoces, de mayor índice de fecundidad y mejor calificación de planta y mazorca.

Rocha (1988) concluyó que los criollos no han sido superados en rendimiento de grano por las variedades mejoradas, aún cuando en las primeras existen algunos caracteres indeseables de planta y mazorca. Reyes (1986) encontró resultados similares y concluyó que esto quizá se deba a que los criollos están bien adaptados a las condiciones ambientales donde fueron evaluados.

En el Valle Toluca – Atlacomulco, México, se encontró que los cultivares Santiago Yeché, Acambay y Almoloya de Juárez lograron un mayor rendimiento

(De la Cruz, 1989); al variar la densidad de población y la fertilización química en condiciones adversas, los criollos respondieron favorablemente (Camacho, 1988). Márquez *et al.* (1990) indicaron que Ixtlahuaca y Santiago Yече han tenido aceptación por los agricultores de este Valle debido a que están bien adaptados y tienen buenos rendimientos de grano.

Dionicio (1992) realizó una evaluación en Ixtlahuaca, México y concluyó que el criollo de la región superó significativamente en producción de grano a la mayoría de los híbridos experimentales y numéricamente a otros 12 cultivares mejorados. En las últimas décadas se ha sugerido realizar el mejoramiento genético bajo condiciones de manejo agronómico de los agricultores, partiendo de criollos y comparándolas con variedades mejoradas en ensayos de rendimiento en varias localidades en las diferentes regiones ecológicas (Muñoz *et al.*, 1976; Reyes, 1986; Dionicio, 1992) y, específicamente, en la formación y uso de sintéticos ya que con relación a los híbridos éstos tienen mayor adaptabilidad por su composición genética heterogénea heterocigótica (Muñoz *et al.*, 1976).

Finalmente, Carranza (1993) sugirió que para incrementar los rendimientos de grano debe contemplarse la formación y uso de cruza simples para zonas de alta productividad y uso ilimitado de tecnología, para regiones con condiciones ambientales más variables el uso de cruza dobles y triples y, donde no sea posible el uso de híbridos, los sintéticos podrían solucionar este problema.

2.3. Ventajas y desventajas de los criollos sobre los híbridos

Las características morfológicas de los criollos se han formado a través de los siglos, por la selección que de manera empírica han hecho los campesinos con base en observaciones y experiencias transmitidas de padres a hijos.

Este proceso ha originado diferentes criollos que generalmente se encuentran muy bien adaptados a las condiciones climatológicas de donde son originarios, compitiendo muchas veces ventajosamente con los híbridos o variedades mejoradas (González, 1987).

Las variedades de polinización libre tienen una clara ventaja donde la distribución de semilla mejorada es difícil y costosa; la semilla de las primeras puede pasar de un agricultor a otro y puede ser usada por varios años; estos aspectos tienen un efecto multiplicativo sobre el área a cubrir (CIMMYT, 1985).

Desde las décadas pasadas y aun en la actualidad el mejoramiento genético del maíz y su explotación comercial se basó en la colección de criollos procedentes de diferentes regiones agrícolas, y la posterior introducción, evaluación y selección de los mejores materiales para identificar genotipos que, sin cambiar las condiciones para las que están adaptados, sean más productivos (Reyes, 1958; Monroy, 1965; Lemus *et al.*, 1980; Carranza, 1993).

Mendoza y Ortiz (1973) señalaron que al emplear la diversidad genética en un programa de investigación aumenta la posibilidad de éxito al combinar poblaciones de diverso origen; en el caso de criollos al introducir genes favorables se requiere evaluarlos con base en el rendimiento y otras características de planta y mazorca (Carranza, 1993), para trabajar finalmente con los más prometedores.

Wellhausen *et al.* (1951) mencionaron que cuanto menos se haya seleccionado el material original, es decir, cuando las variedades de donde se parta sean mucho más variables, se puede esperar alcanzar cosechas mayores mediante mejoramiento genético.

Los criollos de maíz tienen el siguiente comportamiento (Molina, 1992):

- a) Están localmente bien adaptados, por esta razón en su *hábitat* natural no presentan problemas de susceptibilidad a las enfermedades de planta y mazorca, pero pueden resultar susceptibles cuando se siembren en otra región.
- b) Tienen baja respuesta a densidades altas de plantas y altas dosis de fertilización nitrogenada y fosforada por haber evolucionado en siembras bien espaciadas y en terrenos empobrecidos por el monocultivo y donde no se aplican fertilizantes.

- c) En altas densidades de población ocurre un aumento de las alturas de planta y mazorca y, en consecuencia, hay una mayor susceptibilidad al acame.
- d) Con relación a las variedades mejoradas tienen mejor capacidad de rendimiento en suelos de baja fertilidad y mayor competitividad con las malezas.

2.4. Correlaciones entre rendimiento y caracteres de planta y mazorca

En maíz se ha observado que el rendimiento de grano y sus componentes agronómicos se correlacionaron positiva y significativamente (De Alba, 1953; Galarza *et al.*, 1973; Puente, 1975; Álvarez, 1977; Bazaldua, 1978; Alarcón, 1979; Oyervides, 1979; Álvarez, 1980; Sánchez y Géron, 1987; Rocha, 1988; Castillo *et al.*, 1988; Valadez y Muñoz, 1988; Gómez y Arellano, 1988; Díaz y Olivares, 1991; Larios, 1992; Dionicio, 1992; Hernández, 1993).

Alarcón (1979) en un estudio sobre caracterización de líneas S₄ e híbridos de cruza simple encontró que el rendimiento de grano mostró una correlación positiva y altamente significativa con longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras de la mazorca, altura de planta, diámetro de tallo, longitud y ancho de la hoja de la mazorca y área foliar. Rendimiento de mazorca con hojas arriba de la mazorca, hojas totales, floración masculina y porcentaje de olote estuvieron correlacionados negativa y significativamente.

Dionicio (1992) concluyó que el rendimiento de grano se correlacionó positiva y significativamente con floraciones masculina y femenina, alturas de planta y mazorca, longitud, diámetro, pesos de olote y de grano por mazorca; número de hileras de la mazorca y peso volumétrico tuvieron un coeficiente de correlación no significativo. En otros casos existieron correlaciones no significativas, como las observadas entre: altura de mazorca y peso volumétrico, floración femenina y peso volumétrico del grano, diámetro de mazorca con pesos de olote y volumétrico, longitud de mazorca y número de hileras, número de hileras y peso de grano, peso de grano y peso volumétrico, peso de olote y peso volumétrico.

Hernández (1993) encontró que el rendimiento de grano se correlacionó positiva y significativamente con altura de planta; entre el primero y longitud de mazorca y peso de olote por mazorca se observaron correlaciones altamente significativas; también hubo correlación negativa al 1% entre rendimiento y floración masculina o entre rendimiento y diámetro de mazorca.

Salazar y González (1997) observaron correlaciones positivas y altamente significativas entre la mayoría de las variables, a excepción de longitud de mazorca con peso volumétrico y floración; diámetro de mazorca con floración; y número de hileras con floración, donde éstas sólo fueron significativas. Entre diámetro de mazorca, número de hileras y peso de olote con peso volumétrico éstas también resultaron significativas.

En el contexto anterior se plantearon los siguientes objetivos:

1. Introducir a San Bartolito, Municipio de Calimaya de Díaz González, México, 18 cultivares de maíz recomendados para el Valle Toluca – Atlacomulco.
2. Realizar un análisis comparativo del comportamiento agronómico del material introducido con relación a dos criollos colectados en San Bartolito, México.
3. Analizar la relación que existe entre rendimiento de grano y otras características de planta y mazorca y construir un índice de deseabilidad (ID) para identificar cultivares sobresalientes con base en las dimensiones de la mazorca.
4. Determinar qué proporción de la variabilidad fenotípica total estimada en el experimento está relacionada con las diferencias genotípicas entre maíces en comparación con las que produce el ambiente en el que éstos crecieron y se desarrollaron.

Las hipótesis se establecieron de la siguiente manera: existe amplia variabilidad genética entre cultivares de maíz en todas las variables evaluadas. Los dos criollos de San Bartolito producen más grano que el resto de los maíces porque están mejor adaptados a las condiciones ambientales que predominan en esta localidad Calimayense del estado de México. El ID es confiable para identificar cultivares sobresalientes.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio

Este trabajo se hizo en el ciclo primavera – verano de 1993 bajo condiciones de temporal en San Bartolito, Municipio de Calimaya de Díaz González, situado a 20 km al sur de la Capital del Estado de México. La cabecera municipal se localiza a 19° 09´ 30’’ de latitud norte y 99° 37´ 17’’ de longitud oeste del meridiano de Greenwich, a 2650 msnm. Su clima predominante es templado subhúmedo con tendencia al frío, la temperatura media anual es de 12.8°C, la mínima es de 4°C y la máxima de 26°C. Los suelos más comunes son los andisoles, derivados de cenizas volcánicas y pH ácido (entre 3.8 y 6.5). La extensión territorial de este municipio mexiquense es de 103.4 km, que equivale a 10 340 ha. Con relación al uso del suelo, 7100 ha se destinan a la agricultura, 2072 ha tienen uso forestal, 306 ha se utilizan en la ganadería, en 541 ha están asentadas las industrias, los cuerpos de agua y los suelos erosionados y la zona urbana ocupa 294 ha (Pérez *et al.*, 1999; González *et al.*, 2006).

3.2 Material genético

En este estudio fueron evaluados 20 cultivares de maíz: 14 criollos, una variedad mejorada por selección masal, dos sintéticos y tres híbridos. Los 14 criollos fueron colectados en la región Tenango-Toluca-Atlacomulco, identificados como 4, 6, 8, 16, 19, 20, 21, 22, 26, 29, 30, 31, San Bartolito y

Santa Clara. Los híbridos H-30, H-33 y H-34 fueron liberados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), los dos primeros son cruza dobles y el tercero es una cruza simple los cuales tienen en común a dos líneas de la población Michoacán 21, raza Cónico. Sus progenitores son: (Mich. 21-181-14-1)x(Mich. 21-183)x(Mich.21-88-2-3)x(Cr.439), (Mich. 21-181-14-1)x(Mich. 21-183)x(Mich. 21-Comp.1-7-2)x(Mich. 21-Comp. 1-27-2), y (Mich.21-181-14-1)x(Mich. 21-183), respectivamente. Las variedades experimentales FCA88, UAEM-1 y UAEM-2 se derivaron del cultivar V-105 y fueron proporcionadas por la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México, la primera y la tercera son variedades sintéticas, formadas con líneas de diferente nivel de endogamia (S_3 y S_4) y la segunda se derivó por selección masal visual estratificada (González, 1987); los criollos Santa Clara y San Bartolito, originarios del Municipio de Calimaya, fueron considerados como testigo. Los criollos 16, 19, 21, 26, 29, 30 y 31 provienen de los municipios de Mexicaltzingo, Ixtlahuaca, Jocotitlán, Atlacomulco, Jiquipilco, Almoloya de Juárez y Calimaya de Díaz González, respectivamente.

3.3. Diseño y tamaño de la parcela experimental

Los 20 cultivares fueron evaluados en campo en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela constó de tres surcos de 6.0 metros de longitud con una separación entre hileras de 0.80 m y

una distancia entre matas de 0.60 m. La parcela experimental útil fue el surco central (área de 4.8 m²).

3.4. Conducción del experimento en campo

La preparación del terreno consistió de rastra, barbecho y surcado. Antes de la siembra se distribuyó el fertilizante en el fondo del surco aplicando el tratamiento 140N-80P-30K, con la incorporación de la totalidad del fósforo y del potasio y una tercera parte del nitrógeno (50 unidades). Las fuentes de los fertilizantes fueron urea (46% de N), y la fórmula 17N-17P-17K. La siembra con coa se realizó el 18 de abril de 1993 y consistió en depositar 5 semillas por golpe (104 000 semillas ha⁻¹). La separación entre golpes fue de 60 cm. A los 35 días de la siembra se realizó un aclareo para ajustar la densidad de población a 62 500 plantas ha⁻¹ (3 plantas por mata). La aplicación del nitrógeno restante se llevó a cabo con la segunda labor cultural, en la tercera semana de julio. El control de la maleza se realizó en los primeros 90 días de emergidas las plántulas; este fue manual, mecánico y químico. En éste último se mezclaron Gesaprim 500 FW y Hierbamina en dosis de 1.5 L y 1.0 Kg, respectivamente disueltos en un volumen de agua de 200 L ha⁻¹. Los daños por plagas, enfermedades y roedores no fueron económicamente importantes. El daño por heladas, granizo, sequía y vientos fuertes tampoco fue significativo. La cosecha se realizó en diciembre de 1993, después de madurez fisiológica.

3.5. Registro de datos

Las siguientes variables fueron cuantificadas en la parcela útil de dos maneras: con todos los datos (1) o con una muestra aleatoria de 10 plantas o mazorcas (2). Los procedimientos están descritos en González *et al.* (2006) y González *et al.* (2008).

- a) **Floraciones masculina o femenina (FMF) (1).** Días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las espigas derramaron polen o emitieron estigmas.
- b) **Alturas de planta o mazorca (APM) (2).** Ambas se midieron en m, desde la base del suelo hasta la última hoja que se desarrolla (bandera) o hasta el nudo de inserción de la mazorca superior.
- c) **Número de plantas establecidas en la parcela (1).**
- d) **Longitud de mazorca (LM) (2).** Se midió en cm desde la base hasta su extremo.
- e) **Diámetro de mazorca (DM) (2).** Se determinó en cm el grosor de su parte central.
- f) **Número de hileras de grano en la mazorca (NH) (2).**
- g) **Peso de olote por mazorca (POM) (2).** Se expresó en gramos (g).
- h) **Peso de grano por mazorca (PGM) (2).** Se registró en gramos (g).
- i) **Peso volumétrico del grano. (PVG)** Se determinó el peso de grano contenido en un litro y se expresó en gramos por litro (g L^{-1}).

j) Rendimiento de grano por parcela. El rendimiento de grano de cada variedad se registró en kg parcela⁻¹ y posteriormente se extrapoló a toneladas por hectárea (t ha⁻¹) empleando la fórmula de Iowa (Reyes, 1990), la cual se describe a continuación:

$$P_c = P_s \times (H - 0.3 M / H - M)$$

Dónde: **P_c** = peso de grano corregido por plantas faltantes en la unidad experimental útil (PEU), **P_s** = peso de grano con 14% de humedad, **H** = plantas de cada parcela sin considerar fallas y **M** = plantas faltantes en cada PEU.

3.6. Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos al análisis de varianza. Cuando los valores de **F** fueron significativos se utilizó la prueba de Tukey para comparar las medias de variedades al nivel de significancia del 5%. También se calcularon los coeficientes de correlación lineal simple entre cada pareja de variables (Martínez, 1988; Gomez y Gomez, 1984). Con la esperanza matemática de los cuadrados medios se calcularon los componentes de varianza y las heredabilidades en sentido amplio (H^2); sus valores se consideraron como estimador de variabilidad genética entre cultivares (González *et al.*, 2006).

La suma de los promedios aritméticos de las características de la mazorca, como longitud, diámetro, número de hileras y pesos de grano y de olote por

mazorca permitió construir un índice de deseabilidad, definido como ID. Como esta metodología no había sido propuesta, para determinar su utilidad se calculó el coeficiente de correlación lineal simple y su significancia estadística entre ID y el rendimiento de grano por hectárea. El objetivo principal fue identificar cultivares sobresalientes empleando los valores más altos. También se construyó una matriz de datos con los promedios de cada cultivar en cada una de las variables; los primeros fueron asignados a las hileras y los segundos a las columnas. Con esta matriz se realizó el análisis de componentes principales, también conocido como genotipo x variable, en la forma como lo sugirieron González *et al.* (2010) y González *et al.* (2011).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los 20 cultivares de maíz que son considerados en el presente estudio difirieron significativamente en la mayoría de las variables evaluadas, excepto en longitud de mazorca (LM) y rendimiento de grano (RG). Ávila y Arrellano (1988) evaluaron criollos y variedades mejoradas y detectaron amplia variabilidad fenotípica en color de grano, en las características de planta y mazorca y en producción de grano. Camacho (1988), Dionicio (1992), Carranza (1992), y Salazar y González (1997), entre otros, llegaron a conclusiones similares cuando evaluaron material genético perteneciente a la raza Cónico pero las variedades mejoradas e híbridos fueron superados por los criollos cuando hubo condiciones ambientales adversas o cuando el ciclo agrícola fue largo.

Las estimaciones de H^2 (entre 51.6 y 92.4 %) confirmaron que existe amplia variabilidad genética entre maíces en las características de planta y mazorca, pero en LM y RG éstas sólo fueron de 28.4 y -20 %, respectivamente. González *et al.* (2006) sugirieron considerar los valores negativos de H^2 como estimadores de varianza igual a cero. Los coeficientes de variabilidad que se registraron (de 1.95 a 12.64 %) indican que hubo un control eficiente de la heterogeneidad del suelo, por lo que las conclusiones que se deriven en este estudio serán confiables (Cuadro 1).

Los resultados anteriores están relacionados con la amplia variabilidad fenotípica y genotípica que se detectó entre criollos, variedades mejoradas de

polinización libre e híbridos de cruce simple y doble. Por su origen geográfico y genético y por sus características agronómicas éstos podrían pertenecer a la raza Cónico, la más común y representativa de los Valles Altos del Centro de México (Wellhausen *et al.*, 1951; González *et al.*, 2008; González *et al.*, 2011).

La precocidad es una característica agronómica muy deseable en los Valles Altos del Centro de México y, particularmente en la región Toluca-Tenango del Valle (González, 1987), región donde se sitúa San Bartolito, en el Municipio de Calimaya de Díaz González, estado de México. En el contexto anterior, los materiales de menor ciclo biológico fueron los identificados como 8, 22, 31, Santa Clara, FCA-88, UAEM-1 y UAEM-2 (entre 112.7 y 117.5 días a floración masculina); éstos fueron estadísticamente más precoces que H-30, H-33, H-34 (124, 124.75 y 124.50 días) y criollos 20, 21 y San Bartolito (123.5, 125.25 y 121.50 días). Debido a la alta correlación que existe entre las floraciones masculina, femenina y madurez fisiológica, éstas últimas también podrían considerarse como opciones para determinar precocidad (González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008; González *et al.*, 2011). Los materiales más precoces podrían emplearse en un programa de fitomejoramiento para formar variedades e híbridos que se adapten mejor a localidades con problemas de heladas tempranas o tardías o con precipitación pluvial distribuida principalmente entre los meses de abril a octubre.

En el contexto anterior, Pérez *et al.* (1999) subrayaron que los factores que limitan el potencial de rendimiento en el cultivo de maíz en la Meseta Central de

México son la incidencia de heladas, granizo, vientos fuertes, precipitación pluvial escasa y mal distribuida, baja fertilidad del suelo y pobre contenido de materia orgánica, topografía irregular, erosión y salinidad, monocultivo, malezas, uso limitado de la tecnología disponible y pobre rendimiento de grano en los criollos asociado a una alta interacción genotipo x ambiente, entre otros.

Las alturas de planta y mazorca juegan un papel importante en los agrosistemas de secano que predominan en la Meseta Central de México. Los cultivares de maíz de mayores dimensiones en ambas variables generalmente producen mayor rendimiento de grano y más biomasa y/o materia seca, pero también causan mayores porcentajes de acame y pudrición de mazorca y, al final del ciclo de cultivo originan una disminución en la producción de grano por unidad de superficie. Así, los maíces más deseables por sus mayores alturas son los identificados como 21, 26, 29 y 30 (2.56, 2.44, 2.40, 2.41 m); éstos fueron estadísticamente iguales pero el primero difirió significativamente de otros nueve cultivares y los de mejor porte fueron FCA-88, UAEM-1 y UAEM-2 (2.0, 2.17 y 2.03 m; Cuadro 2). En el Valle Toluca-Tenango del Valle son frecuentes los vientos fuertes que se presentan durante el ciclo de cultivo y éstos contribuyen a un aumento en el porcentaje de acame durante la floración y llenado de grano; así, son deseables los maíces de porte intermedio a bajo que tengan bien ubicada la mazorca en su parte central, como H-30, H-33 y H-34.

Las dimensiones de la mazorca, como longitud (LM), diámetro (DM), hileras de grano (HG) y pesos de grano (PGM) y de olote (POM) son considerados por los agricultores como criterios principales de selección indirecta para incrementar el rendimiento de grano por hectárea. La construcción de un índice ID a partir de estas cinco variables podría ser útil para elegir cultivares sobresalientes.

En el contexto anterior, el índice ID se construyó con los promedios aritméticos de NH, DM, LM, PGM y POM y se generó un total para cada cultivar. Los criollos 16, 19, 21, 26, 29 y 30, H-30 y H-33 tuvieron valores entre 152.92 y 167.12 y sus rendimientos de grano variaron de 5.85 y 7.04 t ha⁻¹ (Cuadro 2). H-33 sobresalió en NH, DM y POM; en los criollos 16, 19 y 21 se registraron las mayores LM; los criollos 29 y 30 presentaron los mayores PGM y el primero produjo 7.04 t ha⁻¹. Estos resultados muestran que en general los criollos superaron o tuvieron rendimientos de grano estadísticamente iguales que el de las variedades mejoradas de polinización libre o híbridos de cruza simple y doble. Estos hechos ya habían sido destacados por varios investigadores, como Márquez *et al.* (1990), Carranza (1993), Niño y Nicolás (1993) y Salazar y González (1997), entre otros.

Algunos cultivares tuvieron índices inferiores a 150 y sus rendimientos variaron de 6.45 a 6.93 t ha⁻¹, como UAEM-1, San Bartolito, Santa Clara y Criollo 8. Este hecho podría explicarse por la correlación intermedia que existió entre ID y RG ($r=0.501^*$); no obstante lo anterior, se infiere que este índice es útil y fácil de calcular y permite elegir maíces sobresalientes. Con algunas modificaciones ID

podría aplicarse ventajosamente en estudios de fitomejoramiento o en programas para validar, aplicar, generar y/o transferir tecnología a campos de agricultores debido a que existe la tendencia a que sus valores más altos estarán relacionados indirectamente con mayor RG. Su ventaja más importante es que emplea las dimensiones de la mazorca y no es necesario calcular las producciones de grano de cada subote de selección; además LM, DM, NH, POM y PGM, en la mayoría de los casos, están correlacionadas positiva y significativamente con RG (De Alba, 1953; Galarza *et al.*, 1973; Puente, 1975; Álvarez, 1977; Bazaldua, 1978; Alarcón, 1979; Oyervides, 1979; Álvarez, 1980; González *et al.*, 2008; González *et al.*, 2011; Reynoso *et al.*, 2014; Rodríguez *et al.*, 2015).

Además de LM, DM, NH, POM y PGM, el agricultor elige mazorcas sanas, pesadas, de grano grande y olote pequeño para favorecer la siembra en seco y para disminuir la aplicación de insecticidas y fungicidas; indirectamente favorece el crecimiento vegetativo para disponer de más forraje o materia seca para alimentar su ganado, por lo que las plantas de sus criollos tienen mayores dimensiones (González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008; Franco *et al.*, 2015; Rodríguez *et al.*, 2015).

Otra opción sería determinar la correlación entre PGM y ID, para determinar la utilidad de éste último como criterio de selección indirecta para aumentar el rendimiento por ha, ya que la primera y el RG siempre están correlacionados

positiva y significativamente (González *et al.*, 2008; González *et al.*, 2011; Rodríguez *et al.*, 2015, entre otros).

Los resultados previamente descritos son consistentes con los que se pueden observar en la Figura 1, donde se aprecian tres grupos de maíces.

En G1 se identificó a UAEM-1, UAEM-2, FCA-88, Criollos 4, 6, 8, 22, Santa Clara y San Bartolito; como los tres primeros fueron derivados del cultivar V-105, de la raza Cónico, por su cercanía en el biplot y con base en otras variables agronómicas se infiere que el resto de ellos también pertenece a esta raza. Este grupo se caracterizó por presentar altos promedios aritméticos en peso volumétrico del grano (PVG) y rendimiento de grano (RG).

En G2 se agruparon los Criollos 16, 19, 21, 26, 29, 30 y 31, deseables por sus mayores dimensiones en LM, PGM, AP y AM; los materiales 29 y 31 fueron colectados en Jiquipilco y Calimaya, el resto proviene del denominado Valle Toluca-Atlacomulco (Mexicaltzingo, Ixtlahuaca, Jocotitlán, Atlacomulco y Almoloya de Juárez, respectivamente) y quizás pertenezcan a la raza Cónico.

En G3 se localizó a Criollo 20 y a los tres híbridos del INIFAP, sobresalientes en POM, NH, DM, FM y FF. H-30, H-33 y H-34 fueron incrementados en Texcoco, estado de México y pertenecen a la raza Cónico. Los dos primeros son híbridos dobles y el tercero es simple, están relacionados muy estrechamente en su origen genético y geográfico debido a que tienen en común dos progenitores

derivados de la población Mich. 21 (Dr. Gustavo Adrián Velázquez Cardelas, 2016; Com. Per.). Estos hechos explican porque los tres híbridos se situaron muy cercanamente en el cuarto cuadrante del biplot de la Figura 1.

Las diferencias tan pequeñas que se detectaron en la producción de grano entre ambos criollos de Calimaya en comparación con el resto de los cultivares, se atribuyen a que los primeros están bien adaptados a las condiciones climatológicas del sitio donde se estableció el experimento, debido a que éstos han sido seleccionados empíricamente por los agricultores de esa localidad por más de 15 años. La adaptación juega un papel muy importante en los agrosistemas de Valles Altos y la introducción de nuevo germoplasma es un método barato, rápido y eficaz como fuente de nuevos genes, como resistencia a plagas y enfermedades, bajas temperaturas, resistencia al acame y a pudrición de mazorca, y para mejorar las características de la mazorca y el rendimiento de grano por hectárea (León, 1974; Poehlman, 1965; Hernández, 1987; Rocha, 1988; Reyes, 1986).

V. CONCLUSIONES

En este estudio hubo variabilidad fenotípica y genotípica significativa en la mayoría de las variables evaluadas, excepto en longitud de mazorca (LM) y rendimiento de grano por ha (RG). Las estimaciones de heredabilidad en sentido amplio (H^2) confirmaron los resultados anteriores; éstas variaron de 51.6 a 92.4 % pero en LM y RG sólo fueron de 28.4 y -20.0 %. Los materiales más sobresalientes fueron los Criollos 16, 19, 26, 29, 21, 31 y UAEM-1 (entre 6.52 y 7.04 t ha), pero sus producciones de grano fueron iguales estadísticamente a las del resto de los cultivares. El aumento en RG se debió principalmente a un incremento en alturas de planta y mazorca, diámetro, longitud y peso de grano por mazorca, así como peso volumétrico del grano. La construcción de un índice con base en las dimensiones de la mazorca fue útil y fácil de calcular y, al correlacionarse positiva y significativamente con RG ($r=0.501^*$), podría emplearse confiablemente para identificar cultivares sobresalientes.

VI. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. Alarcón, C. V. A. 1979. Caracterización agronómica de líneas S, e híbridos de cruce simple en maíz. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, Nuevo León, pp: 62-67.
2. Álvarez, L. R. A. 1997. Pruebas *per-se* en 52 líneas de maíz. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León.
3. Álvarez, L. R. 1980. Comparación de variedades comerciales y experimentales de maíz (*Zea mays L.*). Tesis Profesional. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, Nuevo León. 44p.
4. Arellano, P. M. A. 1976. Obtención de variedades de polinización libre para áreas de temporal en los Valles Altos de Puebla. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 86 p.
5. Ávila, P. M. A., y Arellano, V. J. L. 1988. Colecta y evaluación de criollos de maíz en la región noroeste de México. En: Resúmenes del XII Congreso de Fitogenética (SOMEFI). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México, p: 248.
6. Bazaldua, R. J. A. 1978. Evaluación de 26 colectas de maíz (*Zea mays L.*) de las zonas bajas del Estado de Nuevo León, en Marín, N. L. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, Nuevo León. 66 p.
7. Brauer, H. O. 1969. Fitogenética Aplicada. Editorial Limusa S. A. México, D. F.

8. Camacho, L. A. 1988. Potencial de rendimiento de los maíces criollos en el Valle Toluca - Atacomulco. En: Resúmenes del XII Congreso de Fitogenética. (SOMEFI). Universidad Autónoma Chapingo, México.
9. Carranza, D. I. 1993. Estudio comparativo de 63 híbridos de cruza simple de maíz (*Zea mays L.*) en dos localidades del Valle de Toluca, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Agrícolas. U. A. E. M. Toluca, México. 62 p.
10. Castillo, G. R. A., Aguilar C.G., Rodríguez S. J. 1988. Parámetros genéticos y correlaciones fenotípicas de una población de maíz. En: Resúmenes del XII Congreso de Fitogenética (SOMEFI). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México, p: 260.
11. Centro Internacional de Mejoramiento de maíz y Trigo (CIMMYT). 1985. Desarrollo, mantenimiento y multiplicación de semilla de variedades de maíz de polinización libre. El Batán, Texcoco, México.
12. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 1987. reseña de la investigación de maíz. El Batán, Texcoco, México, pp: 16-29.
13. De Alba, F. G. 1953. Correlación en el maíz entre el porcentaje de cuateo y rendimiento. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
14. De la Cruz, D. P. 1989. Determinación del rendimiento y adaptabilidad de variedades de maíz (*Zea mays L.*) de temporal en el Valle de Toluca. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Agrícolas. U. A. E. M. Toluca, México. pp: 28-31.

15. Díaz, O. D. R., y Olivares, M. J. 1991. Evaluación de 4 líneas homocigóticas y sus híbridos de cruce simple en maíz (*Zea mays L.*). Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Agrícolas. U. A. E. M. Toluca, México.
16. Dionicio, E. M. 1992. Evaluación del rendimiento y sus componentes agronómicos de 32 híbridos experimentales y 11 variedades comerciales de maíz (*Zea mays L.*) en Ixtlahuaca, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Agrícolas. U. A. E. M. Toluca, México.
17. Franco, M. J. R. F., González, H. A., Pérez, L. D. J., González, R. M. 2015. Caracterización fenotípica de híbridos y variedades de maíz forrajero en Valles Altos del Estado de México, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6(8):1915-1927.
18. Galarza, S. M., Ángeles A. H., Molina, G. J. D. 1973. Estudio comparativo entre la prueba de las líneas *per – se* y la prueba de mestizos para evaluar aptitud combinatoria general de líneas S, de maíz (*Zea mays L.*). *Agrociencia* 11 pp: 127-139.
19. Gámes. V. A. J., Ávila P. M. A., Arellano V. J. L. 1988. Interacción genotipo – ambiente en el cultivo del maíz en los Valles Altos de la Mesa Central. En: *Resúmenes del XII Congreso de Fitogenética (SOMEFI)*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México, p: 88.
20. Gómez, G. J. L., y Arellano, V. J. L. 1988. Híbridos modernos de maíz para Valles Altos. IV. Floración, madurez fisiológica, periodo de llenado de grano y rendimiento en híbridos simples de ciclo precoz, intermedio y tardío. En: *Resúmenes del XII Congreso de Fitogenética*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. p: 269.

21. Gomez, K. A. y Gomez A. A. 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research. 2a. Edition. John Wiley and Sons, New York. EUA.
22. González, A. S. 1973. Estudio preliminar del comportamiento de variedades precoces de maíz bajo condiciones de temporal en los Valles Altos de México, Puebla y Tlaxcala. Tesis Profesional Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México, p: 115.
23. González, D. L. 1987. Informe Técnico Anual del Programa de Maíz. Facultad de Ciencias Agrícolas. U. A. E. M. Toluca, México. 25 p.
24. González, H. A., Sahagún, C. J., Pérez, L. D. J., Domínguez, L. A., Serrato, C. R., Landeros, F. V., Dorantes, C. E. 2006. Diversidad fenotípica del maíz Cacahuacintle en el Valle de Toluca, México. Revista Fitotecnia Mexicana 29(3):255-261.
25. González, H. A., Vázquez, G. L. M., Sahagún, C. J., Rodríguez, P. J. E. 2008. Diversidad fenotípica de variedades e híbridos de maíz en el Valle Toluca-Atlacomulco, México. Revista Fitotecnia Mexicana 31(1):67-76.
26. González, A., Pérez, D.J., Sahagún, J., Franco, O., Morales, E. J., Rubí, M., Gutiérrez, F., Balbuena, A. 2010. Aplicación y comparación de métodos univariados para evaluar la estabilidad en maíces del Valle Toluca-Atlacomulco, México. Agronomía Costarricense 34(2):129-143.
27. González, H. A., Pérez, L. D. J., Franco, M. O., Nava, B. E. G., Gutiérrez, R. F., Rubí, A. M., Castañeda, V. A. 2011. Análisis multivariado aplicado al estudio de las interrelaciones entre cultivares de maíz y variables agronómicas. Revista Ciencias Agrícolas Informa 20(2):58-65.

28. Hallauer, A. R., y Miranda, J. B. F. 1988. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press. Ames, Iowa. USA. 468 p.
29. Hernández, S. A. 1987. Introducción al mejoramiento genético de cereales de grano pequeño. SARH – INIFAP, p: 27.
30. Hernández, V. R. 1993. Evaluación comparativa del rendimiento de grano de 63 híbridos de cruza simple de maíz (*Zea mays L.*) con relación a la variedad UAEM – 1. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Agrícolas. U. A. E. M. Toluca, México.
31. Larios, G. M. A. 1992. Evaluación de rendimiento y características de planta y mazorca de 16 variedades de maíz. (*Zea mays L.*). Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Agrícolas. U. A. E. M. Toluca, México.
32. León, J. 1974. Manual de introducción de plantas en cultivos tropicales. FAO. Italia, pp: 1-21.
33. Lemus, L. O., Román, M. M., Lemus, L. G., Quintero, S. R. 1980. Evaluación y caracterización de maíces criollos en la Meseta Tarasca. Fitotecnia Mexicana 5(6): 36-46.
34. Martínez, G. A. 1988. Diseños Experimentales. Métodos y Elementos de Teoría. Editorial Trillas, México D.F., 756 p.
35. Márquez, M. J. J., De la Cruz, D. P., González, V. L. 1990. Recomendación de variedades de maíz para el Valle de Toluca – Atlacomulco. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México. ICAMEX, Metepec, México.
36. Medina, G. G., Perales, C. G., Zapata, A. R. 1988. Evaluación potencial de rendimiento y estabilidad de materiales criollos de maíz en el cañón de

- Juchipila. En: Resúmenes del XII Congreso de Fitogenética (SOMEFI). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México, p: 291.
37. Mendoza, O. L. E., y Ortiz, C. J. 1973. Influencia del ahijamiento sobre la producción de grano y otras características agronómicas de dos variedades de maíz bajo condiciones de riego en Chapingo, México. *Agrociencia Serie B* 8: 147 – 155.
38. Molina, G. J. D. 1992. Evaluación y genotecnica potencial de las variedades criollas de maíz en México. En: Resúmenes del XIV Congreso de Fitogenética (SOMEFI). Universidad Autónoma de Chiapas. Chiapas, México, p: 288.
39. Monroy, R. M. 1965. Evaluación de aptitud combinatoria general y específica en las líneas básicas del Bajío. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo. México.
40. Muñoz, O. A., González, H. V. A., Livera, M. M., López, H. A., Ron, P. J. 1976. Mejoramiento del maíz en el CIAMEC. En: Memoria del VI Congreso Nacional de Fitogenética (SOMEFI). Chapingo, México, pp: 113 –123.
41. Niño, de la C. V., y Nicolás, M. C. 1993. Evaluación de trece híbridos experimentales y cinco variedades de maíz (*Zea mays L.*) en tres localidades del Valle Toluca - Atlacomulco. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Agrícolas. U.A.E.M. Toluca, México. 91 p.
42. Oyervides, G. M. 1979. Estimación de parámetros genéticos, heterosis e índices de selección en variedades tropicales de maíz adaptados a Nayarit. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México.

43. Pérez, L. D. de J., Landeros, F. V., González, H. A., Serrato, C. R., Contreras, R. A., Sarmiento, G. M. 1999. Diagnóstico de la productividad de maíz de grano blanco en la parte de San Felipe del Progreso, México (Primera Parte). *Agro misión*. Año I. No. 4. diciembre de 1999, pp: 1-5.
44. Poehlman, J. M. 1965. Mejoramiento genético de las cosechas. Traducción del inglés: Nicolás Sánchez Durón. Editorial Limusa. México, D. F. pp: 263-300.
45. Puente, H. A. 1975. Evaluación de seis híbridos comerciales de temporal y un testigo de la localidad en el municipio de Amealco, Querétaro. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
46. Reyes, A. J. R. 1986. Prueba de adaptación y rendimiento de 20 variedades de maíz (*Zea mays L.*) para el Valle de Chilpancingo. Gro. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Agrícolas. U. A. E. M. Toluca, México. 45 p.
47. Reyes, C. P. 1990. El maíz y su cultivo. AGT-Editor, S. A. México, D. F. 640 p.
48. Reynoso, Q. C. A., González, H. A., Pérez, L. D. J., Franco, M. O., Torres, F. J. L., Velázquez, C. G. A., Bretón, L. C., Balbuena, M. A., Mercado, V. O. 2014. Análisis de 17 híbridos de maíz sembrados en 17 ambientes de los Valles Altos del centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(5):871-882.
49. Rocha, A. J. L. 1988. Evaluación de híbridos de maíz de cruzada doble bajo condiciones de temporal en la zona norte de Colima. CIFAP – Colima.

- INIFAP – SARH. En: Resúmenes del XII Congreso de Fitogenética (SOMEFI). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México, p: 255.
50. Rodríguez, F. I., González, H. A., Pérez, L. D. J., Rubí, A. M. 2015. Efecto de cinco densidades de población en ocho cultivares de maíz sembrado en tres localidades del Valle de Toluca, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6 (8):1943-1955.
51. Salazar, L. M. E., González, H. A. 1997. Evaluación comparativa de 43 genotipos de maíz (*Zea mays L.*) en dos localidades del Valle de Toluca – Atlacomulco. *Ciencias Agrícolas Informa* Núm. 7 y 8, julio 1996- junio 1997, pp: 14-26.
52. Sánchez, P. R. A., Gerón, X. F. 1987. Evaluación agronómica de maíces criollos y mejorados bajo dos densidades de siembra en el municipio de Emiliano Zapata, Tabasco. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México, pp: 17-21.
53. Valadez, R. M., Muñoz, O. A. 1988. Evaluación de variedades criollas de maíz en la Mixteca Alta Oaxaqueña. En: Resúmenes del XII Congreso de Fitogenética (SOMEFI). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México, p: 248.
54. Wellhausen, E.J., Roberts, L. M., Hernández, X. E., en colaboración con P.C. Mangelsdorf. 1951. Razas de maíz en México: su origen, características y distribución. Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería, México, D. F. 237 p.

ANEXOS (Cuadros y Figura)

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística de los valores de F.

<i>Variables agronómicas</i>							
Fuente de variación	Grados de libertad	Floración masculina	Floración femenina	Altura de la planta	Altura de mazorca	Diámetro de mazorca	Longitud de mazorca
Repeticiones	3	67.04**	80.35**	0.009ns	0.02ns	0.06*	0.58ns
Tratamientos	19	67.95**	93.60**	0.065**	0.17**	0.17**	1.02ns
Error	57	5.46	7.08	0.007	0.021	0.021	0.73
Media		119.33	121.57	2.30	4.59	4.59	12.14
C.V. (%)		1.95	2.18	3.81	3.20	3.20	7.06
H ² (%)		91.3	92.4	89.5	87.7	87.7	28.4

Continuación del Cuadro 1.

<i>Variables agronómicas</i>					
Fuente de variación	Número de hileras por mazorca	Peso de grano por mazorca	Peso de olote por mazorca	Peso volumétrico	Rendimiento por parcela
Repeticiones	1.69	493.43	7.99	696.14	0.19
Tratamientos	3.91	313.91	9.89	1396.62	0.10
Error	0.69	151.91	3.05	509.96	0.12
Media	15.23	105.05	13.83	737.81	3.10
C.V. (%)	5.48	11.73	12.64	3.06	11.19
H ² (%)	82.3	51.6	69.1	63.5	-20.0

ns = No significativo

* ó ** Significativo al 5 ó 1 %, respectivamente.

C.V. (%) = Coeficiente de variación

Cuadro 2. Medias aritméticas para rendimiento de grano y otras variables (Tukey, p=0.05).

Núm.	Variedad	FM (días)	FF (días)	AM (m)	AP (m)	NH	DM (cm)	LM (cm)	PGM (g)	POM (g)	PVG (g L ⁻¹)	RG (t ha ⁻¹)	ID
1.	Criollo 4	118.50 a-f	121.00 b-e	1.37 abc	2.31 abc	15.05 abc	4.59 abc	12.15 a	104.25 a	14.37 ab	765.00 a	6.18 a	150.41
2.	Criollo 6	119.75 a-e	121.50bcd	1.36.abc	2.28 bcd	14.90 bc	4.62 abc	11.60 a	93.00 a	13.00 ab	737.50 a	6.08 a	137.12
3.	Criollo 8	117.25 c-f	120.25 b-e	1.33 a-d	2.27 bcd	14.47 c	4.52 a-d	12.18 a	103.62 a	13.92 ab	733.75 a	6.45 a	148.71
4.	Criollo 16	121.25 a-d	123.25 abc	1.44 abc	2.38 abc	14.97 bc	4.82 a	12.84 a	118.37 a	16.12 a	708.75 a	6.58 a	167.12
5.	Criollo 19	122.00 a-d	125.00 abc	1.33 a-d	2.31 abc	14.10 c	4.70 ab	12.88 a	117.37 a	15.25 ab	718.75 a	6.52 a	164.30
6.	Criollo 20	123.50 a-d	126.25 abc	135 a-d	2.30 bc	15.70 abc	4.57 abc	11.65 a	97.81 a	14.35 ab	730.00 a	6.37 a	144.08
7.	Criollo 21	125.25 a	130.00 a	1.55 a	2.56 a	16.15 abc	4.81 a	13.03 a	109.50 a	12.75 ab	742.50 a	6.81 a	156.24
8.	Criollo 22	117.50 b-f	120.25 b-e	1.35 a-d	2.30 abc	15.37 abc	4.61 abc	11.97 a	99.12 a	15.00 ab	733.75 a	6.35 a	146.07
9.	Criollo 26	119.50 a-f	123.25 abc	1.53 ab	2.44 ab	15.30 abc	4.60 abc	12.66 a	112.75 a	13.25 ab	755.00 a	6.87 a	158.56
10.	Criollo 29	119.25 a-f	120.50 b-e	1.46 abc	2.40 abc	15.40 abc	4.71 ab	12.39 a	118.68 a	13.69 ab	718.75 a	7.04 a	164.87
11.	Criollo 30	119.50 a-f	120.75 b-e	1.42 abc	2.41 abc	15.07 abc	4.59 abc	12.86 a	118.87 a	12.75 ab	733.75 a	6.54 a	164.14
12.	Criollo 31	112.50 f	114.50 de	1.32 bcd	2.25 b-e	13.95 c	4.55 a-d	11.68 a	107.37 a	10.50 b	752.50 a	6.60 a	148.05
13.	H -30	124.00 abc	128.00 ab	1.33 a-d	2.33 abc	16.40 abc	4.74 a	12.16 a	103.75 a	15.87 a	703.75 a	5.85 a	152.92
14.	H-33	124.75 a	126.25 abc	1.37 abc	2.28 bcd	17.50 a	4.86 a	11.64 a	109.25 a	16.25 a	728.75 a	6.31 a	159.50
15.	H-34	124.50 ab	125.50 abc	1.38 abc	2.34 abc	17.35 ab	4.92 a	11.59 a	99.62 a	15.37 ab	712.50 a	6.56 a	148.85
16.	FCA- 88	112.75 ef	114.00 de	1.08 e	2.00 e	14.57 c	4.28 bcd	11.55 a	93.37 a	13.62 ab	755.00 a	5.95 a	137.39
17.	UAEM- 1	114.00 ef	114.00 de	1.24 cde	2.17 cde	15.27 abc	4.51 a-d	11.89 a	101.81 a	12.76 ab	761.25 a	6.72 a	146.24
18.	UAEM-2	112.75 ef	113.00 e	1.13 de	2.03 de	14.55 c	4.19 cd	11.62 a	89.37 a	11.87 ab	761.25 a	5.97 a	131.60
19.	Bartolito	121.50 a-d	124.50 abc	1.44 abc	2.37 abc	14.25 c	4.12 d	12.50 a	101.25 a	11.50 ab	753.75 a	6.93 a	143.62
20.	Sta Clara	116.75 def	119.75 dec	1.24 cde	2.22 b-e	14.27 c	4.58 abc	11.91 a	102.00 a	14.50 ab	750.00 a	6.47 a	147.26

FM, floración masculina; FF, floración femenina; AP, altura de planta; AM, altura de mazorca; NH, número de hileras de la mazorca; DM, diámetro de mazorca; LM, longitud de mazorca; PGM, peso de grano por mazorca; POM, peso de olote por mazorca; PVG, peso volumétrico del grano; RG, rendimiento de grano por ha; ID, índice de deseabilidad.

Cuadro 3. Coeficientes de correlación entre rendimiento de grano y sus componentes morfológicos.

Variables	Variables agronómicas									
	FF	AM	AP	NH	DM	LM	PGM	POM	PVG	RG
FM	0.94**	0.47**	0.46**	0.39**	0.36**	0.17ns	0.07**	0.28**	-0.43**	-0.12ns
FF		0.50**	0.49**	0.30**	0.32**	0.15ns	0.01ns	0.23**	-0.40**	-0.13ns
AM			0.92**	0.22*	0.38**	0.34**	0.38**	0.11ns	-0.10ns	0.41**
AP				0.24*	0.48**	0.41**	0.46**	0.17ns	-0.14ns	0.44**
NH					0.58**	-0.04ns	0.18ns	0.34**	-0.18ns	0.12ns
DM						0.19ns	0.51**	0.47**	-0.37**	0.22*
LM							0.76**	0.32**	-0.05ns	0.46**
PGM								0.42**	-0.08ns	0.59**
POM									-0.23*	0.27*
PVG										0.26*

FM, floración masculina; FF, floración femenina; AP, altura de planta; AM, altura de mazorca; NH, número de hileras de la mazorca; DM, diámetro de mazorca; LM, longitud de mazorca; PGM, peso de grano por mazorca; POM, peso de olote por mazorca; PVG, peso volumétrico del grano; RG, rendimiento de grano por ha.

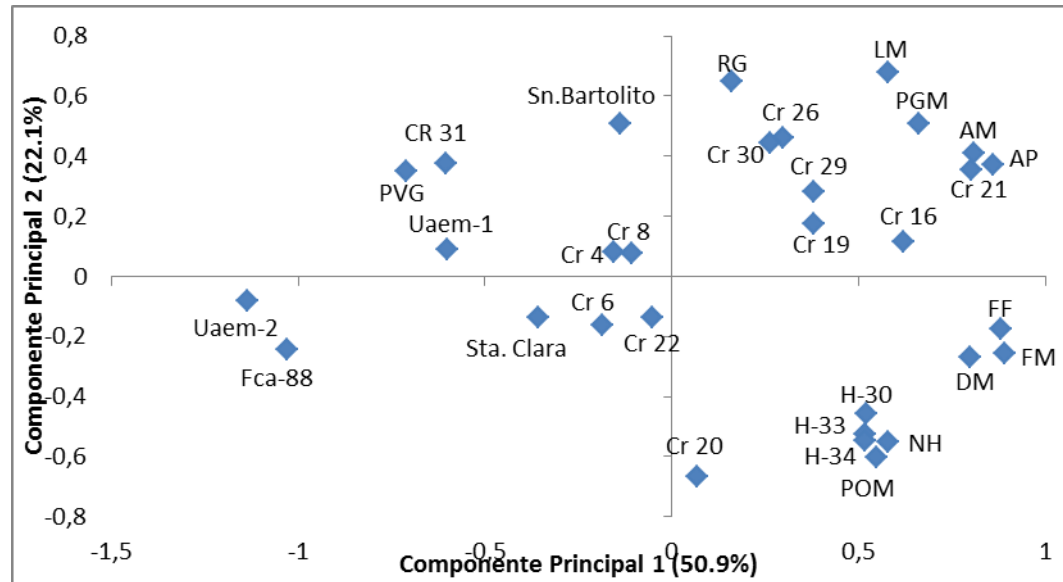


Figura 1. Biplot para 20 cultivares de maíz y 11 variables agronómicas. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES.