



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

PRODUCCIÓN DE SEMILLAS

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE MAÍCES SOBRESALIENTES EN CONDICIONES DE TEMPORAL PARA VALLES ALTOS

OSCAR CASIANO DE LA ROSA

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2016

La presente tesis titulada: **Evaluación agronómica de maíces sobresalientes en condiciones de temporal para valles altos**, realizada por el alumno: **Oscar Casiano de la Rosa** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

PRODUCCIÓN DE SEMILLAS

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. J. Apolinar Mejía Contreras

ASESOR



Dr. J. Jesús García Zavala

ASESOR



Dr. Aquiles Carballo Carballo

Montecillo, Texcoco, Edo. de México, febrero 2016.

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE MAÍCES SOBRESALIENTES EN CONDICIONES DE TEMPORAL PARA VALLES ALTOS

Oscar Casiano de la Rosa, MC.
Colegio de Postgraduados, 2016

RESUMEN

En el presente estudio el objetivo fue evaluar agronómicamente bajo diferentes condiciones de humedad líneas, variedades e híbridos experimentales generados a partir de variedades resistentes a sequía. Se evaluaron 41 genotipos, de los cuales 14 correspondieron a líneas endogámicas, 13 variedades, 5 híbridos de cruce simple y 9 híbridos trilineales en tres ambientes de diferentes 1) riego (dos riegos), 2) temporal + un riego y 3) temporal sin riego. Las variables evaluadas fueron días a floración (DF), Altura de planta (AP), rendimiento de grano (RG), altura de mazorca (AMZ), así como los componentes del rendimiento como longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM), número de hileras (NH), número de granos (NG) y peso volumétrico (PV). El análisis combinado de los tres ambientes, mostró que el ambiente con menos días a floración corresponde al de temporal con un promedio de 78.4 días mientras que el ambiente con mayor rendimiento de grano corresponde al de riego con 5.7 t/ha. Algunas líneas mostraron rendimientos superiores a las 6 ton/ha pero superaron los 80 días a floración, las cruces simples mostraron rendimientos entre 6 y 7 t/ha y con menos de 80 días a floración, existe un híbrido trilineal experimental que se encuentra muy cerca en rendimiento al mejor testigo comercial evaluado que es el H-66 pero siete días más precoz en floración, mientras que en variedades existieron dos que superan las 7.5 t/ha. Solo las variedades Zacatecas 58 y Cafime, así como las líneas derivadas de estas, presentaron buena calificación visual en comparación con el Zapalote Chico. El presente estudio permitió mostrar que existen variedades con buen potencial de rendimiento, así como híbridos trilineales con rendimientos muy similares a híbridos comerciales pero con menor número de días a floración, lo que demuestra el potencial de los materiales evaluados en Valles Altos del Estado de México.

Palabras clave: *Zea mays* L., evaluación agronómica, rendimiento de grano, días a floración.

**AGRONOMIC EVALUATION OF OUSTANDING MAIZES UNDER RAINFED
CONDITIONS TO HIGHLANDS**

**Oscar Casiano de la Rosa, MC.
Colegio de Postgraduados, 2016**

ABSTRACT

The aim of the present study was to evaluate agronomically under different moisture lines, varieties and hybrids generated from experimental drought resistant varieties. 41 genotypes were evaluated, of which 14 were inbred lines, 13 varieties, 5 single cross hybrids and 9 trilinear hybrids in three different environments 1) irrigation (two irrigations), 2) temporary + irrigation (one irrigation) and 3) temporary without irrigation. The variables measured were days to flowering (DF), plant height (AP), grain yield (RG), ear height (AMZ) and performance components like ear length (LM), ear diameter (DM), number of rows (NH), number of grains (NG) and volumetric weight (PV). The combined analysis of the three environments, showed that the environments with fewer days to flowering time corresponds to an average of 78.4 days while the environment with higher grain yield corresponds to irrigation with 5.7 t/ha. Some lines showed returns above 6 t/ha but exceeded 80 days to flowering, single crosses showed yields between 6 and 7 t/ha with less than 80 days to flower, there is a trilinear experimental hybrid that is very close to the best performance which is evaluated by commercial control H-66 but with flowering seven days earlier, and there were two varieties that exceed 7.5 t/ ha. Only the varieties Zacatecas 58 and Cafime, as well as the lines of derivatives of these, presented good visual qualification in comparison with Zapalote Chico. This study allowed us to show that there are varieties with good yield potential and trilinear hybrids with yields similar to commercial hybrids but with fewer days to flowering. This demonstrates the potential of the materials tested in the highlands of Mexico.

Keywords: *Zea mays* L., agronomic evaluation, grain yield, days to flowering.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento otorgado.

Al Colegio de Postgraduados por darme la oportunidad de alcanzar una meta más en mi vida.

Al Dr. J. Jesús García Zavala y Apolinar Mejía Contreras por su dirección y apoyo en todas las actividades realizadas durante mi formación en el postgrado.

Al Dr. Aquiles Carballo Carballo y al M.C. Juan Virgen Vargas por sus consejos y aportaciones durante el postgrado.

Al personal de campo del COLPOS por su apoyo durante la fase de campo de mi tesis.

A los amigos y compañeros con los que pase buenos momentos durante los últimos tres años en Texcoco.

Dedicada a mis padres que gracias a ellos soy quien soy

A la persona con la que he compartido y espero seguir compartiendo mi vida:

“Ibeth Nieves”

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	3
1.1.1 Objetivo general.....	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
1.2 HIPÓTESIS	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 El maíz en México	4
2.2 Cultivo del maíz en México	7
2.3 Investigaciones en México	8
2.4 Rendimiento de grano y sus componentes.....	9
2.5 Selección de maíces de ciclo corto.....	10
2.6 Mecanismos de resistencia a sequía	10
2.7 Calidad de semilla	11
2.8 Prueba de germinación	12
2.8.1 Plántulas normales.....	13
2.8.2 Plántulas anormales.....	14
2.8.3 Semillas duras	14
2.8.4 Semillas latentes	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1 Genotipos	16
3.2 Establecimiento del experimento	17
3.3 Manejo del experimento.....	18
3.4 Variables evaluadas	18
3.5 Análisis estadístico	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1 Características climáticas de la localidad de evaluación	21
4.2 Características agronómicas y de rendimiento	22
4.3 Calificación visual de los materiales evaluados.....	38
4.4 Prueba de germinación estándar	43
V. CONCLUSIONES.....	49
VI. LITERATURA CITADA	51

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Genealogía de cuarenta y un materiales utilizados en el trabajo de investigación.	16
Cuadro 2. Cuadrados medios y nivel de significancia de los análisis de varianza combinados de 41 genotipos de maíz evaluados en tres ambientes.	25
Cuadro 3. Comportamiento medio de las características agronómicas y de rendimiento evaluadas en planta y mazorca de 41 genotipos de maíz en tres ambientes.	26
Cuadro 4. Comportamiento medio de las características agronómicas y de rendimiento evaluadas de planta y mazorca en líneas de maíz en tres ambientes.	29
Cuadro 5. Comportamiento medio de las características agronómicas y de rendimiento evaluadas de planta y mazorca en cruzas simples de maíz en tres ambientes.	30
Cuadro 6. Comportamiento medio de las características agronómicas y de rendimiento evaluadas de planta y mazorca en cruzas trilineales de maíz en tres ambientes.	31
Cuadro 7. Comportamiento medio de las características agronómicas y de rendimiento evaluadas en planta y mazorca en variedades de maíz en tres ambientes.	36
Cuadro 8. Comportamiento medio de las características agronómicas y de rendimiento evaluadas en planta y mazorca entre grupos de maíz en tres ambientes.	37
Cuadro 9. Promedio de características visuales de líneas de maíz en tres ambientes.	38
Cuadro 10. Promedio de características visuales de cruzas simples de maíz en tres ambientes.	39
Cuadro 11. Promedios de características visuales de cruzas trilineales de maíz en tres ambientes.	40
Cuadro 12. Promedios de características visuales de variedades de maíz en tres ambientes.	41
Cuadro 13. Promedios de características visuales de cuatro grupos de maíz en tres ambientes.	42
Cuadro 14. Cuadrados medios y nivel de significancia de los análisis de varianza combinados de 41 genotipos de maíz evaluados en tres ambientes.	43
Cuadro 15. Comportamiento medio de Líneas, CS, CT y variedades de maíz.	44
Cuadro 16. Comportamiento medio de Líneas de maíz.	45
Cuadro 17. Comportamiento medio de cruzas simples de maíz.	46
Cuadro 18. Comportamiento medio de Variedades de maíz.	46
Cuadro 19. Comportamiento medio entre grupos de maíz.	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de la precipitación y temperatura promedio mensual durante 2014. Estación Agrometeorológica de Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. 2015.....	21
--	----

I. INTRODUCCIÓN

A la familia de las *Poaceas*, o gramíneas, pertenecen entre 450 y 530 géneros y casi 5000 especies. Al género *Zea*, comprendido en el grupo de las gramíneas más importante como alimento para el hombre, pertenece el maíz (*Zea mays* L.), cuyo origen filogenético es un problema aún no resuelto totalmente por los botánicos, ya que éste se desconoce en forma silvestre. Lo que sí es cierto es que el maíz ya se cultivaba en América en el período precolombino. Algunos autores señalan que el maíz es una forma bastante afín a la especie *Euchlaeana mexicana* de México (planta cultivada con el nombre de teosintle), de la cual quizás se derivó a través de un proceso de mutación genética (Bartolini, 1990; Kato *et al.*, 2009).

El maíz, cuyo centro de origen se considera a México, es la especie vegetal que se cultiva en el mundo en el mayor número de países, debido a su alta productividad, a su adaptabilidad, y a la diversidad de usos que tiene. Junto con el arroz y el trigo, ocupa los primeros lugares en superficie en el mundo. La producción de maíz como cereal es la número uno en el mundo, y los países desarrollados son los que lo cultivan y producen en mayor cantidad, aunque China posee el segundo lugar en superficie y en producción después de Estados Unidos (Luna, 2008).

El rendimiento promedio mundial de maíz es de 5.2 toneladas por hectárea. México ocupa el lugar 78 de 164 países productores de este grano, con un promedio nacional de 3.05 ton/ha (SIAP, 2015). Al respecto, rendimientos más altos podrían obtenerse con el uso de híbridos de cruza simple, ya que su capacidad genética para esta característica es mayor que la de híbridos trilineales e híbridos dobles. Sin embargo, para la formación de híbridos de cruza simple es necesario disponer de líneas

autofecundadas con un alto potencial de rendimiento en los programas públicos mexicanos de mejoramiento genético (Pérez-López *et al.*, 2014).

El déficit actual de maíz en México es del orden de 10 millones de toneladas anuales, por las que se erogan \$2.5 mil millones de dólares al año, siendo esto un grave problema. México importa un tercio de su consumo de maíz principalmente de los EEUU, mientras que tres millones de productores aportan la mayor parte del maíz blanco que se consume como tortilla, así como el grano diferente de más de 59 razas nativas de maíz que constituye el ingrediente básico de más de 600 preparados alimenticios pluriculturales. Por otro lado, se estima que el déficit de rendimiento es del orden de 43% bajo temporal, mientras que éste es sólo del 10% en las unidades grandes bajo riego. La mayor parte de las unidades de producción de pequeña y mediana escalas operan a menos de 50% de su potencial, siendo el principal problema en muchas de ellas la disponibilidad oportuna y suficiente de agua durante el ciclo de cultivo, principalmente en la etapa de floración de las plantas (Turrent, 2012).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Evaluar agronómicamente bajo diferentes condiciones de humedad, líneas, variedades e híbridos experimentales, generados a partir de variedades resistentes a sequía de Zapalote Chico, Cafime y Zacatecas 58, con diferente grado de selección masal para tolerancia a sequía.

1.1.2 Objetivos específicos

Identificar por rendimiento y días a floración las mejores cruzas trilineales entre Zapalote Chico, Cafime y Zacatecas 58 con diferentes grados de selección masal, que expresen el mayor rendimiento de grano en un ciclo corto.

Estudiar el comportamiento agronómico de las cruzas trilineales en tres tipos de ambientes de producción (riego, temporal + riego y temporal sin riego).

1.2 HIPÓTESIS

Los híbridos trilineales entre Zapalote Chico, Cafime y Zacatecas 58 presentan alta heterosis, son más rendidores y acortan su ciclo bajo condiciones de temporal.

Las cruzas intervarietales entre Zapalote Chico, Cafime y Zacatecas 58 presentaran buen rendimiento de grano y serán más precoces que los testigos entre ambientes de producción.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El maíz en México

Los valles altos de la Mesa Central de México, se localizan en los estados de: Puebla, Hidalgo, Tlaxcala, Querétaro, Michoacán, Morelos, Estado de México y el Distrito Federal con una altitud superior a 2 200 m y en donde se cultivan cerca de 1.5 millones de hectáreas, lo que representa 20 % de la superficie total del país establecida con esta especie (Turrent, 1994; Ávila *et al.*, 2009).

En el Estado de México se siembran 600 mil hectáreas de maíz, y se estima que en 300 mil la productividad es baja (1.2 t/ha), principalmente por insuficiente lluvia y por siembras tardías que frecuentemente hacen que el cultivo sea afectado por heladas tempranas porque muchas de las variedades usadas son tardías. Una opción para estas condiciones ambientales es usar variedades mejoradas de ciclo corto, y adaptadas a las condiciones agroclimáticas disponibles (Espinosa *et al.*, 2008, Espinosa *et al.*, 2011).

El volumen de producción de maíz en México pasó de 12 millones de toneladas en la década de los 80, a 18.5 en 1998; a 16 millones en el 2001 y a 21 millones de toneladas en el 2004. El ascenso en este volumen dependió más del aumento de la superficie y el rendimiento de las siembras de riego que de las de temporal. De acuerdo con cifras de la FAO (2015), la producción de maíz en México en 2013 correspondió a 22.6 millones de toneladas. La International Food Policy Research Institute (IFPRI, 2015) prevé que en los próximos años, la producción de maíz en México disminuya entre un 10% y 20% debido al cambio climático, entre otros factores.

En cuanto a importación se refiere, de 1994 a 1996 se percibe una cifra en promedio de 2.7 millones de toneladas de maíz, principalmente empleadas para completar los requerimientos de las industrias avícola y ganadera. En 1997 el volumen alcanzó los 5.84 millones de toneladas, mientras que en el 2001 la cantidad fue de 6.2 millones (Luna, 2008). El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2015), estima que en el ciclo 2010-2011, nuestro país incrementó las importaciones 29.7 %, al pasar de 8.25 millones a 10.7 millones de toneladas, mientras que de acuerdo con cifras de la FAO (2015), señalan que las importaciones de maíz en México en el 2012 fueron de 9.5 millones de toneladas. Las cifras siguen aumentando en la actualidad, por lo que se tiene una clara dependencia del exterior (Luna, 2008).

En el sureste de la República Mexicana, en los estados de Veracruz y Oaxaca, se encuentra la región del Istmo de Tehuantepec, el área corresponde a la planicie costera del estado de Oaxaca, la cual se caracteriza por una alta temperatura en el verano y vientos fuertes en el invierno, que dan como resultado una alta evaporación. En este entorno natural se ha desarrollado una de las razas de maíz consideradas de las más perfeccionadas, el maíz Zapalote Chico. La siembra de este maíz durante cientos de generaciones le ha permitido acumular sistemas de genes que le han conferido la capacidad de producir grano bajo condiciones ambientales restrictivas. Algunos de los atributos de esta raza son la precocidad y la calidad de la masa, que son muy apreciados por los pobladores de esta región, descendientes de la cultura Zapoteca. Actualmente se ha reportado un listado de 16 caracteres genéticos ventajosos reunidos en el maíz Zapalote Chico (Muñoz *et al.*, 1992).

La variedad Cafime es un maíz formado en Durango con variedades de la raza Bolita. Tiene buena adaptación a zonas de Zacatecas, San Luis Potosí y Durango con poca precipitación pluvial, cuyas características son: buena calidad de grano y precocidad y tolerancia a la sequía, lo que representa una buena alternativa a los productores de maíz, esto en comparación con otras variedades que normalmente presentan ciclos más largos y que pueden ser dañados por heladas tempranas.

La variedad de maíz Zacatecas 58, que corresponde a la colección número 58 del estado de Zacatecas; es una población muy precoz que pertenece a la raza Cónico Norteño, cuya área de distribución es la zona norte-centro de México (Wellhausen *et al.*, 1952; Coyac *et al.*, 2013).

En el Colegio de Postgraduados se ha realizado selección masal para adaptación a partir de rendimiento de mazorca y sanidad de planta, de la colección Oaxaca 48 (Zapalote chico), Cafime y Zacatecas 58, generando compuestos de ciclos de selección avanzados cuyas plantas tienen tolerancia a la sequía. A partir de los compuestos de ciclos avanzados de estas poblaciones se formaron cruza intervarietales, se derivaron líneas, y se formaron híbridos trilineales para siembras de temporal en Valles Altos de México (J. D. Molina G. y J. J. García Z., Comunicación Personal, 2014).

La selección masal o individual es el método de mejoramiento más antiguo y simple practicado por el hombre, basado en la selección intrapoblacional de los individuos de mejor fenotipo.

Aun cuando la atención de los mejoradores de maíz se volcó hacia la producción de maíces híbridos, desde 1930 que prevaleció la idea que la selección masal era inefectiva para mejorar el rendimiento, este método ha venido jugando un papel primordial en la conservación de sintéticos y variedades de polinización libre.

La selección masal merece consideración como un método rápido y económico de selección en nuevas áreas y complementario de otros métodos más complejos y costosos (Vega y Agudelo, 1972).

2.2 Cultivo del maíz en México

En México, el cultivo del maíz se lleva a cabo fundamentalmente en la temporada de lluvias en las estaciones de siembra denominadas primavera-verano, que ocurren desde junio hasta noviembre. Durante este periodo, en las tierras eminentemente de temporal no hay auxilio de agua de riego y frecuentemente se presentan periodos de sequía, generalmente en la canícula, durante las dos primeras semanas del mes de agosto. Así mismo, la presencia de heladas tempranas, características de los valles altos, conducen desde reducciones en los rendimientos hasta llegar a producciones nulas de grano o paja.

La resistencia a sequía en la producción de la planta de maíz está regida por fenómenos hereditarios, del medio ambiente y de la interacción genético-ambiental. El primer fenómeno se debe a la presencia de muchos genes con efectos aditivos y que a su vez interaccionan entre sí: la interacción dentro de un mismo sitio cromosómico o dominancia de un gen sobre su alelo y la interacción entre sitios cromosómicos o epistasis. A su vez, los efectos de las interacciones dominante y epistática trabajan con los efectos del ambiente; entre éstos, los más importantes son la presencia de lluvias,

los rocíos y las lloviznas, la textura y la estructura del suelo, además de las labores agrícolas como cultivos, escardas y fertilización (Márquez *et al.*, 2009).

2.3 Investigaciones en México

Algunos de los primeros estudios exploratorios de la diversidad genética del maíz en México para tolerancia a sequía fueron realizados por Palacios *et al.* (1963), en donde informan sobre la población de maíz Michoacán 21, que suspendía su crecimiento mientras prevalecían las condiciones de sequía y lo reanudaban al desaparecer ésta. En el mismo sentido, se estimó que en estado de plántula en esta misma variedad la mayor parte de la resistencia era genética. Con base en estos estudios, Muñoz *et al.* (1973) hicieron un esquema de selección masal, en el cual sembraban 100 semillas, para después someterlas a niveles bajos de humedad hasta que sobrevivían solo cinco plantas, las cuales eran trasplantadas a una parcela donde se les dejaba polinizar libremente, obteniendo resultados satisfactorios y comprobando que la selección podía ser relativamente sencilla.

Posteriormente, en los años sesenta y setenta del siglo XX, se diseñaron metodologías más complicadas para la resistencia a sequía, ya que se trataba de obtener no sólo plantas resistentes sino también más rendidoras. En este contexto, Molina (1978) hizo selección masal durante 11 ciclos bajo riego y nueve bajo temporal, evaluándolos en las dos condiciones. Los resultados indicaron que la selección bajo temporal fue más eficiente al evaluarse bajo temporal que bajo riego; en tanto que la selección bajo riego fue más eficiente al evaluarse bajo riego que bajo temporal. Estos resultados parecen

indicar que la selección para una condición dada, riego o temporal, debe hacerse y evaluarse en la misma condición (Márquez *et al.*, 2009).

El mejoramiento para resistencia a sequía en maíz se ha basado tradicionalmente en la selección bajo condiciones de estrés hídrico, usando el rendimiento y sus componentes como criterios de selección, aunado a otros como la sanidad de planta y de mazorca.

En 2010, el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) tuvo en primera fase de desarrollo un maíz resistente a la sequía y a temperaturas de hasta 40 grados, el cual tenía la ventaja de resistir sequías prolongadas y necesitar un 20% menos de agua, en comparación con las variedades convencionales, todo esto, mediante el uso de la ingeniería genética moderna.

2.4 Rendimiento de grano y sus componentes

Si bien la sequía afecta el crecimiento en su conjunto, sus principales efectos son la reducción del tamaño de la planta, del área foliar y del rendimiento (Hsiao, 1984). La magnitud de las reducciones depende en gran medida de la etapa del desarrollo en la que el cultivo recibe el déficit hídrico y de la intensidad y duración de éste (Blum *et al.*, 1981).

Se sabe que el déficit hídrico durante el desarrollo reproductivo provoca grandes pérdidas del rendimiento en maíz, en donde la antesis es considerada generalmente el periodo más vulnerable; no obstante, el déficit de agua durante el llenado de grano

también causa pérdidas considerables, por su efecto en la disminución del peso de grano (Grant *et al.*, 1989).

2.5 Selección de maíces de ciclo corto

Ante el cambio climático global, se tiene previsto que la superficie destinada para el cultivo de maíz en nuestro país, clasificada como marginalmente apta, será la que mayor extensión ocupe para el año 2050, pudiendo llegar a ser hasta del 43.80% del total (Monterroso *et al.*, 2011). Menor precipitación, mayor temperatura y el acortamiento de la estación lluviosa deben llevar, a futuro, al reemplazo de las siembras de marzo con humedad residual y maíces de ciclo largo por siembras de junio, con maíces de ciclo corto (Mati, 2000; Harrison *et al.*, 2011); hecho que ya ha sido detectado en la agricultura campesina en la región de la Mesa Central en México (Cruz, 2010). Los maíces de ciclo corto deberán también ser capaces de completar su desarrollo con menor cantidad de agua, mientras no se disponga de riego o técnicas de conservación de humedad en el suelo, o alguna otra forma de compensación.

2.6 Mecanismos de resistencia a sequía

Turner (1979) actualizó y describió los tres mecanismos de resistencia a sequía propuestos por May y Milthorpe (1962), mediante el concepto de potencial hídrico de la siguiente forma:

- 1) Escape: En el cual la presencia del estrés hídrico en los períodos críticos de la planta es evadido por el desarrollo fenológico rápido (precocidad) o mediante la presencia de plasticidad en el desarrollo.

- 2) Tolerancia: Manteniendo altos potenciales hídricos, en el que la pérdida de agua se reduce mediante el incremento de la resistencia estomatal y cuticular, reduciendo la radiación absorbida y el área foliar, así como el incremento de la densidad y profundidad de la raíz y la conductancia de la fase líquida.

- 3) Resistencia: Con bajos potenciales hídricos, que implica la habilidad de las plantas para soportar alto estrés hídrico, manteniendo la turgencia mediante mecanismos tales como: ajuste osmótico, incremento en la elasticidad celular y la disminución del tamaño celular. Otras formas son mediante la tolerancia a la deshidratación por tolerancia protoplásmica, y la capacidad de recuperación bajo riego.

2.7 Calidad de semilla

Aparte de contar con buenos materiales de maíz resistentes a sequía para su uso comercial, se debe contemplar la producción masiva de su semilla para su venta y siembra posterior por el productor. En este sentido, la calidad de la semilla es un concepto basado en la valoración de diferentes atributos, los cuales mejoran el establecimiento de la planta en campo, entre los que destacan: la calidad genética, fisiológica, física y sanitaria. Cabe destacar que la calidad fisiológica se refiere a

mecanismos específicos de la semilla que determinan su capacidad de germinación, la emergencia y el desarrollo de aquellas estructuras esenciales para producir una planta normal bajo condiciones favorables (Pérez *et al.*, 2006).

La calidad de la semilla es un estándar de excelencia o atributo que puede determinar el funcionamiento de ésta al momento de la siembra o almacenamiento. Los componentes de calidad de la semilla se pueden agregar en categorías, donde se menciona la descripción, higiene y potencial de funcionamiento; en esta última, se toma en cuenta el vigor y la germinación (Hampton, 2002). Al respecto, Tadeo (2010) evaluó variedades de maíz de valles altos con diferente grado de madurez fisiológica a cosecha, en los que observó que la fecha de cosecha después de que el material llego a madurez fisiológica, afecta los valores de materia seca y por consiguiente el rendimiento obtenido, así mismo, los diferentes tamaños de semilla no mostraron diferencias de vigor siembre y cuando se tengan condiciones iguales y favorables para su desarrollo.

2.8 Prueba de germinación

La germinación, en el laboratorio, es la emergencia y desarrollo de plántulas a un estado donde el aspecto de sus estructuras esenciales indican si son o no capaces de desarrollarse bajo condiciones favorables, y que tiene como objetivo determinar el potencial máximo de germinación de un lote de semilla, el cual puede ser usado para comparar la calidad de diferentes lotes, además, sirve para estimar el valor de siembra en el campo.

Normalmente no es satisfactorio probar la germinación bajo condiciones de campo, ya que no es posible repetir con seguridad los resultados. Por lo tanto, los métodos de laboratorio han sido desarrollados de tal manera que sea posible controlar la mayoría de las condiciones externas. Esto permite obtener resultados uniformes y rápidos sobre la germinación de muestras de semillas de una determinada especie. Para lo cual se han estandarizado las condiciones controladas de las pruebas de germinación, para permitir que estas sean reproducibles dentro de límites determinados por la variación aleatoria (SNICS, 2015).

De acuerdo con Moreno (1984), para la realización de la prueba de germinación es necesario reconocer los siguientes conceptos al momento de realizar dicha prueba:

2.8.1 Plántulas normales

- A) Son plántulas normales aquellas que poseen las estructuras esenciales para producir plantas normales bajo condiciones favorables de agua, luz y temperatura.
- B) Cuando la prueba de germinación haya sido en substrato artificial, se consideran plántulas normales aquellas que presentan las siguientes estructuras esenciales:
 - 1.- sistema radical bien desarrollado, incluyendo raíz primaria, excepto para aquellas plantas, por ejemplo gramíneas, que normalmente presentan raíces seminales, de las cuales deben estar presentes por lo menos dos.
 - 2.- Hipocótilo bien desarrollado e intacto y/o epicótilo sin daño en el tejido conductor y en las dicotiledóneas una plúmula normal.

3.- Plúmula intacta en las gramíneas, que debe presentar una hoja verde bien desarrollada dentro o emergiendo del coleóptilo.

4.- un cotiledón en monocotiledóneas y dos cotiledones en dicotiledóneas.

C) Se consideran plántulas normales aquellas que presentan los siguientes defectos ligeros, siempre y cuando el resto de las estructuras vitales de la plántula presenten un desarrollo vigoroso y balanceado.

1.- Plántulas de ciertas especies con raíz primaria dañada, deben presentar raíces adventicias y laterales lo suficientemente largas y vigorosas para sostener la plántula en el suelo.

2.- Plántulas con daño superficial o deterioro en el hipocótilo, epicótilo o cotiledones, siempre y cuando el daño no afecte los tejidos conductores.

3.- Plántulas dicotiledóneas que presentan solamente un cotiledón sano.

2.8.2 Plántulas anormales

Se consideran anormales todas las plántulas que no se pueden clasificar como normales, por tener alguna deficiencia en el desarrollo de sus estructuras esenciales, que les impide su desarrollo normal cuando crecen en suelo preparado y bajo condiciones favorables de agua, luz y temperatura.

2.8.3 Semillas duras

Son aquellas semillas que permanecen duras al final de la prueba de germinación, ya que no absorben agua porque tienen cubierta impermeable; por ejemplo en las familias Leguminaceae y Malvaceae.

2.8.4 Semillas latentes

Son aquellas semillas viables (diferentes de las semillas duras) que no germinan aun cuando estén bajo las condiciones que se especifiquen para dicha especie. La viabilidad de estas semillas se puede determinar con la prueba de tetrazolio y su germinación se puede acelerar mediante escarificación y aplicación de sustancias promotoras de la germinación.

Los sustratos utilizados para las pruebas de germinación deben ofrecer suficiente aireación y humedad, que permitan el crecimiento de las raíces y el contacto con las soluciones (agua), necesarios para el crecimiento vegetal.

Por las consideraciones mencionadas líneas arriba, pero sobre todo por aquélla que indica que ante el cambio climático global inminente habrá una menor precipitación, una mayor temperatura y se tendrá el acortamiento de la estación lluviosa, es que se debe llevar, a futuro, el reemplazo de las siembras de marzo con humedad residual y maíces de ciclo largo, por siembras de junio con maíces de ciclo corto. Tales maíces de ciclo corto también deberán ser capaces de completar su desarrollo con menor cantidad de agua, mientras no se disponga de riego o técnicas de conservación de humedad en el suelo, o alguna otra forma de compensación. Es por eso que se planteó este trabajo, con la finalidad de conocer el potencial de rendimiento de maíces experimentales mejorados para resistencia a sequía, que pudieran ser utilizados para siembras de temporal corto en los Valles Altos de México.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Genotipos

El material genético estuvo constituido por 42 genotipos diferentes (Cuadro 1), de los cuales 14 correspondieron a líneas endogámicas, 13 variedades, 5 híbridos de cruce simple y 9 híbridos trilineales.

Cuadro 1. Genealogía de cuarenta y un materiales utilizados en el trabajo de investigación.

Genotipo	Genealogía	Tipo de material
101	Zacatecas. 58 S-15-1 (T1)	Línea
102	Cafime S-18-1 (T3)	Línea
103	Cafime S-17-1-1 (T4)	Línea
104	Cafime S-5-1-1-1 (T18)	Línea
105	(T1 x T3)	Cruza simple
106	(T1 x T3) x T4	Híbrido Trilineal
107	(T3 x T4) x T1	Híbrido Trilineal
108	(T1 x T3) x T18	Híbrido Trilineal
109	Hit 7-13-2-1	Línea
110	Hit 7-14-1-2	Línea
111	Hit 7-28-1-2	Línea
112	H40-3-3-2	Línea
113	H40-23-3-2	Línea
114	H40-63-1-1	Línea
115	Zac. 58 original 249-1-1	Línea
116	Zac. 58 original 294-1-1	Línea
117	Zac. 58 SM15S \otimes (1-60)-18-1(6)-1-1	Línea
118	Zac. 58 SM15S \otimes (1-60)-41-1(5)-2-1-2	Línea
119	(T1 x T3) x Hit7-13-2-1	Híbrido Trilineal
120	(T1 x T3) x H40-10-1-1	Híbrido Trilineal
121	(Hit7-28-1-2) x (H40-3-3-2)	Cruza simple

122	(Hit7-28-1-2) x (H40-23-3-2)	Cruza simple
123	((Hit7-28-1-2) x (H40-3-3-2)) x T18	Híbrido Trilineal
124	((Hit7-28-1-2) x (H40-23-3-2)) x T18	Híbrido Trilineal
125	Cafime original	Variedad
126	Cafime SM ₉ Sequía	Variedad
127	Cafime SM ₁₆ Sequía	Variedad
128	Cafime original x T18	Mestizo Cruza Simple
129	Zac. 58 Original	Variedad
130	Zac. 58 SM ₂₄ Rot.	Variedad
131	Zac. 58 SM ₁₈ Sequía	Variedad
132	Zap. Chico Original	Variedad
133	Zap. Chico C15	Variedad
134	Zac. 58 SM ₂₄ x Zap. Chico C15	Cruza simple intervarietal
135	Compuesto Toluca C1	Variedad
136	Compuesto Toluca C4	Variedad
137	Criollo S.J.T. Blanco	Variedad
138	Criollo S.J. Amanalco	Variedad
140	Híbrido H66 de INIFAP	Híbrido Trilineal
141	Híbrido H70 de INIFAP	Híbrido Trilineal
142	Cónico Compuesto	Variedad

3.2 Establecimiento del experimento

La evaluación de los 41 materiales se realizó durante el ciclo primavera-verano 2014 en los lotes 8 C para riego y temporal + riego, sembrados el 14 de mayo, así como en el 13 B para el ensayo de temporal sin riego sembrado el 29 de mayo, en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, ubicado en el Km 36.5 de la carretera México-Texcoco, en Texcoco, Edo. de México. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, con unidades experimentales constituidas por parcelas de dos surcos de 80 cm de ancho y 6 m de

largo, conteniendo 13 matas de dos plantas por surco a una separación de 50 cm entre matas, dando un total de 52 plantas por parcela.

3.3 Manejo del experimento

Al establecimiento de cada una de las parcelas, se les proporcionó un riego para promover la germinación. Al momento de la siembra se aplicó fertilizante con la fórmula 80-60-00 con la combinación de Urea y Superfosfato de calcio triple. Se realizó la primera escarda a los 30 días y la segunda a los 45 días, aplicando durante ésta, la segunda fertilización con la fórmula 80-00-00 con fuente urea, a los 40 días se realizó una aplicación de insecticida Triunfo® para el combate de gusano cogollero. A los 70 días se realizó una aplicación de herbicida usando una mezcla de Gesaprim® Calibre 90 más Gramoxone®.

A la parcela de riego se le proporcionó riego sin limitaciones, a la de temporal se le proporcionaron riego de auxilio cuando no llovió y fue necesario. A la parcela de sequía no se le proporcionó riego de auxilio, ni en la canícula, sobreviviendo únicamente de la humedad de lluvia que retuvo el suelo.

3.4 Variables evaluadas

El ensayo de rendimiento se realizó en el campo en tres diferentes condiciones de humedad que fueron: riego, temporal + riego y temporal sin riego. Los caracteres medidos fueron: 1) días a floración masculina (FM), se cuantificaron los días desde el primer riego hasta que el 50% de las plantas presentaran antesis; 2) altura de planta (AP) y altura de la mazorca superior de la planta (AMZ), se midieron en cm a partir de

la base del tallo hasta la punta del eje principal de la espiga y hasta la inserción de la mazorca superior; 3) rendimiento de grano (REN) en kg/ha a 14% de humedad, que se calculó con la siguiente fórmula:

$$REN = [PC \times \% MS \times \% G \times FC] / 8600;$$

donde *PC* = peso de campo de mazorca, en kilogramos por parcela útil; *% MS* = porcentaje de materia seca, mediante la diferencia 100 menos el porcentaje de humedad obtenido del determinador de humedad portátil Dickey-John®; *% G* = porcentaje de grano, como promedio de la relación entre el peso de grano y el peso de mazorca desprovista de brácteas, de cinco mazorcas, multiplicado por 100; *FC* = factor de corrección, obtenido al dividir 10 000 m² (1 ha) entre la superficie útil de la parcela (9.6 m²); 8600 = es un valor constante, que permite estimar el rendimiento con una humedad uniforme del 14%, que es a la cual se manejan las semillas en forma comercial en México; 4) longitud de mazorca (LM) en cm; 5) diámetro de mazorca (DM) en cm; 6) número de hileras por mazorca (NH); 7) número de granos por hilera (NG); 8) peso de mil semillas (PMS) en g mediante una báscula digital de la marca Adir®, por lo que se pesaron 200 granos y el valor obtenido se multiplicó por 5; 9) peso volumétrico (PV) en g L⁻¹; medido al colocar 200 mL de grano en una probeta de 500 mL que posteriormente fue pesado, dicho peso fue dividido entre el volumen ocupado y multiplicado por 100.

Durante el desarrollo del cultivo, en cada parcela se calificaron las variables 1) sanidad en mazorca, tallo y hojas, 2) acame, 3) homogeneidad en planta, 4) porte (aspecto y

relación de hojas, tallo y mazorca) y 5) tallo (grosor), a las cuales se les asignó un valor del 1 al 5, siendo 1 la mejor calificación y 5 la peor.

El trabajo experimental contempló una segunda fase de laboratorio, la cual consistió en evaluar la calidad fisiológica mediante la prueba de germinación estándar (GE) entre papel para todos los genotipos, con excepción de los híbridos trilineales, con la finalidad de conocer el vigor de progenitores, líneas y cruza simples de los híbridos trilineales en un primer conteo a los 7 días de los granos como semillas de los diferentes genotipos evaluados, para lo cual se contabilizó aquellas semillas germinadas con todas sus estructuras esenciales para el correcto desarrollo en una plántula normal.

3.5 Análisis estadístico

El análisis de varianza de los datos de cada variable se realizó utilizando el programa SAS (Statistical Analysis System) (SAS Institute, 2002); se hicieron también comparaciones de medias con el método de Tukey también usando SAS con una probabilidad $p \leq 0.05$.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Características climáticas de la localidad de evaluación

En virtud de que los factores ambientales influyen sobre el crecimiento, desarrollo, y producción de la planta (Ramírez *et al.*, 2010; Virgen *et al.*, 2014), en la Figura 1 se muestra la distribución de la precipitación y la temperatura promedio durante el 2014, año de la evaluación de los genotipos. Los datos fueron tomados de la Estación Agrometeorológica de la Universidad Autónoma Chapingo, la cual se encuentra a 3.5 km del Colegio de Postgraduados, en donde, de acuerdo con los registros históricos, el promedio de la precipitación media anual para la región es de aproximadamente 700 mm, por lo que lo que entonces no se consideró al 2014 como año de sequía, tras obtener un acumulado de 932 mm. El acumulado de precipitación durante el ciclo del cultivo, fue de aproximadamente 700 mm, con canícula en julio-agosto.

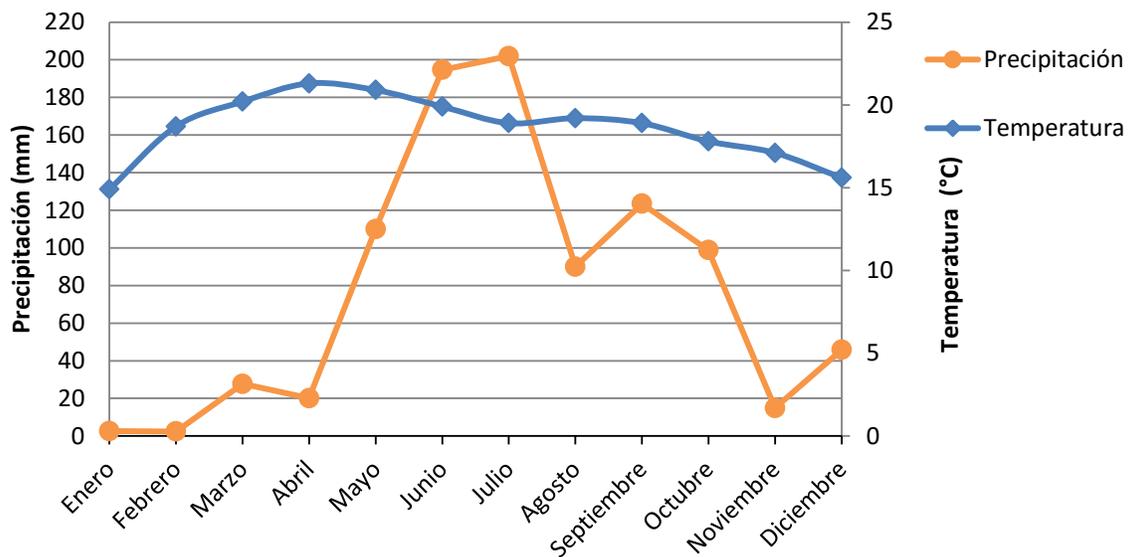


Figura 1. Distribución de la precipitación y temperatura promedio mensual durante 2014. Estación Agrometeorológica de Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. 2015.

El presente trabajo de investigación se realizó con la intención de evaluar varios materiales experimentales de maíz tolerantes a la sequía en tres diferentes ambientes agronómicos: riego, temporal y sequía; Sin embargo, durante el 2014, año de la evaluación, las precipitaciones acumuladas mensualmente no permitieron considerar el predio para sequía como tal y por tal motivo, los ambientes de riego, temporal y sequía pueden ser considerados como: 1) ambiente de riego (dos riegos), 2) temporal con un riego de auxilio y 3) temporal sin ningún riego de auxilio, respectivamente.

4.2 Características agronómicas y de rendimiento

El análisis de varianza combinado de los ambientes de Riego, Temporal + Riego y Temporal sin riego (Cuadro 2) detectó diferencias estadísticas ($p \leq 0.01$) entre los genotipos para todas las variables evaluadas, incluyendo las de especial interés en el presente estudio, las cuales corresponden a días a floración (DF) y rendimiento de grano (RG). Este resultado era de esperarse, considerando que el estudio incluyó líneas, cruzas simples, cruzas trilineales y variedades. Los coeficientes de variación van desde un 3.1% para peso volumétrico (PV), a 20.3% para la variable rendimiento de grano (RG).

Entre ambientes hubo diferencias estadísticas para nueve de las variables, siendo peso de mil semillas (PMS) la característica que no presentó diferencias entre ambientes (Cuadro 3).

La partición de genotipos en líneas, cruzas simples, cruzas trilineales y variedades, detectó alta significancia para las variables DF y RG. El grupo que presentó menos diferencias estadísticas en las variables evaluadas, correspondió a las cruzas

trilineales, debido a su origen genético y a que el grupo estuvo integrado por un menor número de materiales evaluados y fueron más homogéneos fenotípicamente, en comparación con las líneas y las variedades, además de haber presentado una menor variación entre genotipos en las variables evaluadas.

En el Cuadro 3 se presentan las medias para las diez variables en promedio entre ambientes y su comparación (Tukey, 0.05). Para DF, el mejor ambiente fue el de temporal, ya que ahí se presentó el 50% de la floración masculina a los 78.4 días, en comparación con los ambientes de riego y temporal + riego, los cuales presentaron floración a los 82.1 y 82 días, respectivamente. Como se mencionó anteriormente, aunque durante el 2014 no hubo condición de sequía en el sitio donde se realizó el presente experimento, la aplicación de dos riegos de auxilio en el ambiente riego y un riego en el ambiente de temporal + riego, marcaron la diferencia para que los materiales ubicados en el ambiente que no recibió ningún riego de auxilio, fueran más precoces en cuanto a floración masculina.

Con respecto a RG, el ambiente que presentó el mayor rendimiento fue el de riego, con 500 kg más que el ambiente de temporal y 600 que el de temporal + riego. Se esperaba que el ambiente de temporal + riego presentara mejor rendimiento que el de temporal sin riego, pero durante el proceso de desarrollo del experimento, existieron algunos factores que pudieron haber limitado el desarrollo del experimento en el ambiente en cuestión, tal fue el caso de la presencia de plantas de teocintle en el ensayo, las cuales en algunos casos sustituyeron a las plantas de maíz no germinadas y que más tarde fueron eliminadas, además de las diferencias en el suelo utilizado para los ensayos. El sitio utilizado para el desarrollo del experimento en condiciones de temporal y riego

presentó una cantidad considerable de plantas de teocintle (entre 1 y 2 plantas por parcela); dicha maleza en el predio utilizado se ha venido controlando desde ciclos anteriores.

En lo que respecta a la variable PV de los tres ambientes, el que presentó el menor peso volumétrico fue el ambiente de temporal sin ningún riego, lo que quiere decir que las condiciones ambientales no fueron las mejores para el correcto llenado del grano. El Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) indica que el peso volumétrico del maíz debe ser como mínimo 75 kg hL^{-1} (Moreno, 1984).

Cuadro 2. Cuadrados medios y nivel de significancia de los análisis de varianza combinados de 41 genotipos de maíz evaluados en tres ambientes.

FV	GL	DF (días)	AP (cm)	RG (t/ha)	AMZ (cm)	LM (cm)	DM (cm)	NH	NG	PMS (g)	PV g L ⁻¹
Ambientes	2	534.3**	21772.2**	12.3**	6805.7**	43.5**	0.6**	8.7**	197.5**	397.5ns	24971.5**
Rep/Amb	6	1.6	1303.8	10.5	1109.0	2.5	0.3	0.1	14.3	9211.5	2816.1
Genotipos	40	363.6**	7893.1**	48.9**	4471.7**	41.0**	1.7**	25.4**	172.7**	15581.0**	6160.6**
Líneas	13	482.6**	5053.2**	27.1**	3141.5**	21.5**	1.7**	11.2**	75.8**	12193.9**	9874.6**
CS	4	212.9**	2673.6**	10.9**	1461.0**	14.4**	1.0**	29.4**	74.8**	175.5ns	689.0*
CT	8	64.1**	1862.7**	9.5**	401.7ns	2.2ns	0.5**	20.0**	23.6**	13461.4**	2194.7**
Variedades	12	156.7**	6819.0**	33.1**	5195.1**	49.5**	1.1**	30.5**	199.0**	13280.4**	3002.8**
/Grupos	3	1675.8**	47535.8**	362.7**	22209.0**	230.5**	8.5**	75.4**	1015.8**	65653.5**	20568.5**
Error	240	5.9	206.3	1.2	157.5	1.8	0.08	1.1	7.2	1331.9	534.0
C.V. %		3.0	6.9	20.3	11.3	9.9	6.4	7.4	9.5	11.8	3.1

DF=días a floración masculina; **AP**= altura de planta; **RG**= rendimiento de grano; **AMZ**= altura de mazorca; **LM**= longitud de mazorca; **DM**= diámetro de mazorca; **NH**= número de hileras por mazorca; **NG**= número de granos por hilera; **PMS**= peso de mil semillas; **PV**= peso volumétrico; **CS**= cruza simple; **CT**= cruza trilineal; **GL**= grados de libertad; **C.V.**= coeficiente de variación; **($p \leq 0.01$); *($p \leq 0.005$); **ns**= no significativo.

Cuadro 3. Comportamiento medio de las características agronómicas y de rendimiento evaluadas en planta y mazorca de 41 genotipos de maíz en tres ambientes.

Genotipo	DF (días)	AP (cm)	RG (t/ha)	AMZ (cm)	LM (cm)	DM (cm)	NH	NG	PMS (g)	PV g L⁻¹
Riego	82.1a	217.0a	5.7a	118.2a	13.8b	4.5a	14.7a	28.7a	305.8a	744.0a
Temporal + riego	82.0a	207.9b	5.1b	111.0b	14.3a	4.5a	14.6a	29.0a	309.2a	743.8a
Temporal	78.4b	190.8c	5.2b	103.3c	13.1c	4.4b	14.2b	26.7b	306.5a	719.2b
DMS	0.7	4.5	0.3	3.9	0.4	0.08	0.3	0.8	11.4	7.0

DF=días a floración masculina; **AP**= altura de planta; **RG**= rendimiento de grano; **AMZ**= altura de mazorca; **LM**= longitud de mazorca; **DM**= diámetro de mazorca; **NH**= número de hileras por mazorca; **NG**= número de granos por hilera; **PMS**= peso de mil semillas; **PV**= peso volumétrico. Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, p=0.05); **DMS**= diferencia mínima significativa.

La partición del comportamiento de los genotipos en líneas, CS, CT y variedades, arrojó diferencias significativas en cada una de las particiones con respecto a días a floración y rendimiento de grano. Al respecto, en líneas (Cuadro 4) para DF, el genotipo 115 (Zacatecas 58 Orig. 249-1-1) presentó el menor número de días a floración, con 67.78, mientras que para RG, el genotipo 2 presentó el mayor rendimiento con 6.51 t/ha, lo cual en una línea se considera un rendimiento muy aceptable para la producción comercial de semilla híbrida (Pérez-López *et al.*, 2014). De la misma manera, es importante mencionar que entre las líneas evaluadas algunos materiales, como 104, 109, 110, 112 y 113, presentaron un rendimiento de entre 4 y 6 t/ha. El resto de las variables evaluadas también presentaron diferencias significativas entre líneas y se observa que existe una relación entre RG y DM, NH, NG, PMS y PV, ya que los materiales que presentan los mejores rendimientos de grano son los que también presentan mayor NH, NG, PMS y PV, características deseables en los componentes del rendimiento.

La partición de CS (Cuadro 5) estuvo compuesta por cinco genotipos, por lo que presentó una menor variabilidad en comparación con las demás particiones. Se observa que para la variable DF, el genotipo 134 (Zac. 58 SM₂₄ x Zap. Chico C15) y 128 (Cafime original x T18) fueron los que tuvieron el menor número de días a floración, con un promedio de 72.78 y 75.22 días, respectivamente, mientras que para RG el mejor genotipo fue el 105 (T1 x T3), con un rendimiento promedio de 7.87 t/ha. La partición CS presentó diferencias significativas para todas sus variables evaluadas, con excepción de PMS y PV.

Después de analizar los datos de CS, se puede notar que el combinar las líneas con las mejores características agronómicas, no forzosamente significa la obtención de los mejores híbridos y viceversa, tal y como lo reporta Cantú (1997), quien en su estudio de líneas para obtener materiales resistentes a sequía, observó que en las cruzas entre líneas no resultaron más resistentes las cruzas de resistentes por resistentes, como era de esperarse, puesto que tanto las líneas susceptibles como las resistentes produjeron híbridos resistentes.

En la partición de CT (Cuadro 6), el genotipo que presentó el menor número de días a floración fue el 107 ((T3 x T4) x T1), con una floración promedio de 77.56 días, mientras que para RG el mejor genotipo fue el 140 (H66), con un promedio de 9.58 t/ha, seguido por el genotipo 107 con un promedio de 9.13 t/ha. De todas las variables evaluadas en las cruzas trilineales AMZ y LM no presentaron diferencias significativas.

Cuadro 4. Comportamiento medio de las características agronómicas y de rendimiento evaluadas de planta y mazorca en líneas de maíz en tres ambientes.

Genotipo	DF (días)	AP (cm)	RG (t/ha)	AMZ (cm)	LM (cm)	DM (cm)	NH	NG	PMS (g)	PV g L ⁻¹
101	85.22fg	204.68a..c	2.89d..f	102.86b	12.78ab	3.69e..f	12.82f	25.37a..c	277.78a..f	700.17e..g
102	90.33a..c	221.5a	6.51a	146.38a	13.8a	5.05a	16.44a	27.15a	324.44ab	752.63a..c
103	91.89a	175.62d..g	0.86g	92.92bc	9.39d	3.54f	13.04ef	18.74e	226.67ef	685.45fg
104	83.78g	190.78b..d	5.52a..c	109.03b	14.24a	4.62a..c	13.93c..f	28.11a	336.67a	764.64ab
109	86.11e..g	210.47ab	6.09ab	109.49b	13.92a	4.52a..d	14.59b..e	27a	298.89a..d	743.5a..e
110	89.56a..d	164.93e..h	4.13c..e	78.3cd	12.76ab	4.02d..f	14.22c..f	26.48ab	292.22a..e	738.51a..e
111	87.56c..f	204.31a..c	1.76fg	93.34bc	11.22b..d	4.3b..d	15.68a..c	20.93c..e	266.67b..f	695.09e..g
112	88.22b..e	191.49b..d	4.44b..d	101.11b	12.5a..c	4.5a..d	13.93c..f	26.26ab	306.67a..c	778.56a
113	86.67d..g	173.8d..g	4.99a..c	103.02b	14a	4.75ab	16.3ab	26.56ab	316.67a..c	750.18a..d
114	90.33a..c	141.1h	2.64ef	68.87d	12.53a..c	4.17c..e	13.63d..f	25a..d	272.78a..f	733.71a..f
115	67.78h	155.03f..h	2.85d..f	80.58cd	10.7b..d	4.03d..f	13.41d..f	22.15b..e	254.44c..f	707.39c..g
116	70.11h	151.77gh	2.9d..f	81.83cd	10.54cd	4.12c..e	14.67b..e	24.04a..d	252.78c..f	701.43d..g
117	90.67ab	185.81c..e	1.59fg	94.08bc	10.36cd	3.6ef	14.52c..f	20.3de	232.22d..f	662.82g
118	85fg	177.39d..f	2.91d..f	91.23bc	12.05a..c	4.14c..e	15a..d	25.82ab	223.33f	718.82b..f
DMS	2.9	23.7	1.6	18.0	2.1	0.5	1.7	4.7	62.8	47.6

DF=días a floración masculina; **AP**= altura de planta; **RG**= rendimiento de grano; **AMZ**= altura de mazorca; **LM**= longitud de mazorca; **DM**= diámetro de mazorca; **NH**= número de hileras por mazorca; **NG**= número de granos por hilera; **PMS**= peso de mil semillas; **PV**= peso volumétrico. Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, p=0.05); **DMS**= diferencia mínima significativa.

Cuadro 5. Comportamiento medio de las características agronómicas y de rendimiento evaluadas de planta y mazorca en cruza simples de maíz en tres ambientes.

Genotipo	DF (días)	AP (cm)	RG (t/ha)	AMZ (cm)	LM (cm)	DM (cm)	NH	NG	PMS (g)	PV g L⁻¹
105	78.89b	245.66a	7.87a	139.73a	16.25a	4.68b	15.33bc	32.48ab	334.44a	745.19a
121	82.67a	233.01a	6.76ab	118.47bc	15.18ab	5.15a	16b	30.3bc	342.22a	767.22a
122	84.33a	232.45a	5.91bc	124.56ab	15.76ab	5.16a	17.56a	29.41cd	330a	750.19a
128	75.22c	208.43b	6.54a..c	115.29bc	16.13a	4.79b	14.3c	34.48a	336.67a	750a
134	72.78c	205.83b	4.88c	105.27c	13.16b	4.38c	12.74d	26.96d	336.67a	747.44a
DMS	3.2	21.6	1.7	15.3	2.5	0.2	1.4	2.9	45.1	20.3

DF=días a floración masculina; **AP**= altura de planta; **RG**= rendimiento de grano; **AMZ**= altura de mazorca; **LM**= longitud de mazorca; **DM**= diámetro de mazorca; **NH**= número de hileras por mazorca; **NG**= número de granos por hilera; **PMS**= peso de mil semillas; **PV**= peso volumétrico. Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, p=0.05); **DMS**= diferencia mínima significativa.

Cuadro 6. Comportamiento medio de las características agronómicas y de rendimiento evaluadas de planta y mazorca en cruza trilineales de maíz en tres ambientes.

Genotipo	DF (días)	AP (cm)	RG (t/ha)	AMZ (cm)	LM (cm)	DM (cm)	NH	NG	PMS (g)	PV g L⁻¹
106	81.33cd	248.13a	8.54a..c	140.89a	14.81a	4.71c	13.85e	30.37ab	368.89ab	739.44b
107	77.56e	246.73a	9.13ab	132.69a	16.18a	4.56c	14.22e	32.37ab	348.89a..c	747.22b
108	80.11d	216.61cd	6.34c	122.8a	15.24a	4.79c	14.44de	30.93ab	348.89a..c	741.58b
119	85.22a	244.42ab	8.33a..c	139.17a	16.36a	4.72c	15.93b..d	33.15a	297.78cd	758.7b
120	85ab	242.37ab	6.79bc	136.05a	15.36a	4.68c	18.44a	33.78a	252.22d	746.35b
123	79.89d	225.91b..d	8.47a..c	126.59a	15.22a	4.91bc	15.04c..e	29.15b	380a	789.44a
124	80d	207.65d	8.23a..c	123.18a	15.88a	4.83bc	15.41b..e	30.89ab	325.56bc	765ab
140	84.11ab	226.13b..d	9.58a	135.73a	15.59a	5.31a	17.04ab	32.15ab	333.33a..c	745b
141	83.11bc	228.06a..c	7.96a..c	129.89a	15.83a	5.19ab	16.59bc	33.85a	318.89bc	754.44b
DMS	2.0	20.2	2.4	27.8	1.9	0.3	1.6	3.6	53.2	25.6

DF=días a floración masculina; **AP**= altura de planta; **RG**= rendimiento de grano; **AMZ**= altura de mazorca; **LM**= longitud de mazorca; **DM**= diámetro de mazorca; **NH**= número de hileras por mazorca; **NG**= número de granos por hilera; **PMS**= peso de mil semillas; **PV**= peso volumétrico. Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, p=0.05); **DMS**= diferencia mínima significativa.

La prueba de medias de la partición de Variedades (Cuadro 7), mostró que el genotipo con menor número de días a floración fue el 129 (Zac. 58 Original), con 69.67 días a floración, mientras que para RG el mejor grupo estuvo compuesto por los genotipos 136 (Compuesto Toluca C4) y 27 (Cafime SM₁₆ Sequía), con un rendimiento promedio de 7.72 y 7.51 t/ha, respectivamente. De los dos genotipos que presentaron el mejor rendimiento de grano en la partición de variedades, el 136 (Compuesto Toluca 4) se ubicó como la mejor opción en cuanto a rendimiento y precocidad, ya que presentó una media de floración de 73.67 días, lo que significa diez días menos que el siguiente mejor genotipo de la partición de variedades.

Por otro lado, Cafime y Zacatecas 58, con diferentes grados de selección masal, presentaron un comportamiento diferente entre ellos en las diferentes variables evaluadas (Cuadro 7), que muestran una relación directa entre grado de avance por la selección masal y algunas variables evaluadas, como DF y RG; por tanto, se puede constatar, que entre mayor grado de selección masal en estos dos materiales, se mejora el rendimiento de grano en t/ha; sin embargo, del mismo modo lo hacen los días a floración. Los datos obtenidos para Cafime y Zacatecas 58 concordaron con lo obtenido por Avendaño *et al.* (2009), quienes en un estudio de respuesta a la selección para resistencia a sequía en maíz encontraron que el peso de mazorca promedio por planta se incrementó conforme aumentó el número de ciclos de selección en las dos variedades.

De acuerdo con los resultados obtenidos y con base en la considerable cantidad de genotipos utilizados en el experimento, se observa que existió una amplia variación

entre cada uno de los grupos, especialmente en aquellos que presentaron varios tratamientos, como el grupo de líneas y el de variedades. La comparación del conjunto de los 41 genotipos, aunque pudiera parecer desproporcionada por comparar líneas contra híbridos de cruza simple o trilineales, no fue tan desatinada, ya que desde el punto de vista del rendimiento, hubo algunas líneas que presentaron mayor producción que algunas CS, CT o variedades, lo cual es bueno para usarlas como hembras en cruzas.

La comparación entre grupos de materiales (Cuadro 8) indicó diferencias entre ellos, siendo que para RG, el grupo integrado por las CT presentaron el mayor valor, con un promedio de 8.1 t/ha, seguido del grupo de CS, variedades y por último las líneas. Con respecto a DF en los cuatro grupos, el grupo de variedades presentó el menor número de días a floración, con un promedio de 76.3 días. En la variable PMS, las líneas presentaron el menor peso, con 277.3, mientras que el resto de los genotipos superaron los 300 gr.

En casi todos los materiales evaluados en los cuatro diferentes grupos, el rendimiento fue directamente proporcional al número de días a floración, lo cual concuerda con Dijak (1999), quien menciona que, en principio, los maíces de ciclo corto tienen menor rendimiento que los de ciclo largo; este hecho ha sido atribuido a una menor área foliar, una menor altura de planta y un menor número y tamaño de las hojas, y menor duración de la fase vegetativa. Al respecto, Ramírez (2013) observó en un estudio realizado sobre selección de maíces criollos de ciclo corto, que si se seleccionan colectas con menos días a floración, se tendrá también menor asincronía y menor

altura de mazorca y mayor duración de la fase de floración femenina a secado de brácteas; características favorables si, a futuro, se espera una menor disponibilidad de agua. Por esto, los días a floración pueden ser útiles como criterio de selección entre materiales de maíz destinados para ser usados en condiciones restrictivas de humedad.

Durante el desarrollo del experimento se presentaron factores bióticos y abióticos que pudieron haber afectado, en mayor o menor grado, la expresión potencial de las variables evaluadas; como por ejemplo una granizada ocurrida el 20 de julio, que pudo haber ocasionado mayor daño a los materiales más precoces, debido a que en esa fecha algunos de ellos se encontraban cercanos a floración, por lo que ya habían desarrollado al máximo su área foliar; por el contrario, los materiales más tardíos contaron con mayor tiempo para seguir desarrollando su área foliar posterior a la ocurrencia del fenómeno meteorológico.

De la misma forma, es evidente que al haber establecido el ensayo de temporal sin riego de auxilio un mes después que el de riego y temporal + riego, éste presentó una mayor ventaja en crecimiento del área foliar, por contar con un mayor número de días a floración y madurez, posteriores a la caída de granizo. Sin embargo, dicho ambiente fue 3 días más precoz que los otros dos ambientes. Otro de los factores que pudieron haber tenido un impacto importante en el rendimiento del lote considerado como de sequía, fue el hecho de la pérdida completa de plantas en algunas de las parcelas a causa de roedores (Tuzas) que constantemente se alimentaron en el predio. En menor grado de afectación, pero no menos importante, se tuvo en la etapa de maduración de

grano que algunos materiales fueron saqueados, especialmente aquellos que presentaron excelentes características en elote.

Cuadro 7. Comportamiento medio de las características agronómicas y de rendimiento evaluadas en planta y mazorca en variedades de maíz en tres ambientes.

Genotipo	DF (días)	AP (cm)	RG (t/ha)	AMZ (cm)	LM (cm)	DM (cm)	NH	NG	PMS (g)	PV g L⁻¹
125	71.56ef	212.33bc	5.6c	106.03de	15.7ab	4.44b..f	14.3b..d	29.82a	303.33b..d	716c
126	79a..c	208.61c	5.85bc	115.56cd	13.35c	4.75a..d	13.33cd	24.85bc	383.33a	758.89ab
127	83.33a	240.72a	7.51a	148.22a	15.63ab	4.83a..c	13.18cd	30a	384.44a	766.67a
129	69.67f	155.76e	3.01d	71.91g	11.23d	4.05fg	13.26cd	25.22b	248.89d	713.66c
130	80ab	233.83ab	5.78bc	127.75bc	16.67a	4.49b..f	14.08b..d	32.48a	318.89bc	720.67c
131	83a	244.25a	6.92ab	142.72ab	15.76ab	4.54b..e	14.81bc	33.48a	282.22cd	740.6a..c
132	78.33a..d	177.78de	2.22d	90.21ef	9.21e	3.8g	10.44e	18.93d	296.67b..d	728.21bc
133	75.11b..e	174.42de	1.96d	80.61fg	9.59de	4.05fg	9.78e	20.59cd	286.67b..d	724.55bc
135	76.33b..e	174.92de	5.98bc	81.02fg	14.68bc	4.88ab	16.67a	32.89a	303.33b..d	713.53c
136	73.67d..f	193.17cd	7.72a	89.8f	14.47bc	5.03a	15.26ab	29.78a	344.44ab	712.59c
137	75.22b..e	215.3bc	4.96c	116.94cd	13.76c	4.37c..f	12.96d	30.93a	311.11bc	710.71c
138	73ef	215.51bc	5.4c	119.07cd	13.18c	4.24e..g	14.37b..d	31.74a	298.89b..d	738.15a..c
142	74.67c..f	209.58c	3.24d	112.65cd	14.16bc	4.31d..f	14.3b..d	30.82a	297.78b..d	740.9a..c
DMS	5.0	23.0	1.3	15.9	1.8	0.4	1.7	4.2	61.2	35.7

DF=días a floración masculina; **AP**= altura de planta; **RG**= rendimiento de grano; **AMZ**= altura de mazorca; **LM**= longitud de mazorca; **DM**= diámetro de mazorca; **NH**= número de hileras por mazorca; **NG**= número de granos por hilera; **PMS**= peso de mil semillas; **PV**= peso volumétrico. Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p=0.05$); **DMS**= diferencia mínima significativa.

Cuadro 8. Comportamiento medio de las características agronómicas y de rendimiento evaluadas en planta y mazorca entre grupos de maíz en tres ambientes.

Genotipo	DF (días)	AP (cm)	RG (t/ha)	AMZ (cm)	LM (cm)	DM (cm)	NH	NG	PMS (g)	PV g L⁻¹
Líneas	85.2a	182.0c	3.5d	96.6d	12.1 c	4.2c	14.4b	24.5c	277.3c	723.7b
CS	78.7c	225.0a	6.3b	120.6b	15.2 a	4.8a	15.1ab	30.7a	336.0a	752.0a
CT	81.8b	231.7a	8.1a	131.8a	15.6 a	4.8a	15.6a	31.8a	330.4ab	754.1a
Variedades	76.3d	204.3b	5.0c	107.8c	13.6 b	4.4b	13.5c	28.5b	312.3b	729.6b
DMS	2.3	10.6	0.7	8.8	0.8	0.1	0.7	1.7	20.1	13.0

DF=días a floración masculina; **AP**= altura de planta; **RG**= rendimiento de grano; **AMZ**= altura de mazorca; **LM**= longitud de mazorca; **DM**= diámetro de mazorca; **NH**= número de hileras por mazorca; **NG**= número de granos por hilera; **PMS**= peso de mil semillas; **PV**= peso volumétrico; **CS**= cruza simple; **CT**= cruza trilineal. Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, p=0.05); **DMS**= diferencia mínima significativa.

4.3 Calificación visual de los materiales evaluados

Para comparar la calificación visual realizada a los materiales evaluados, éstos se dividieron en grupo de líneas, cruza simples, cruza trilineales y variedades, con la finalidad de realizar una comparación que representara de mejor forma la variabilidad en el estudio realizado. En la calificación visual, el número 1 correspondió a la mejor calificación, y el 5 la peor. Se calificaron las variables 1) sanidad en mazorca, tallo y hojas, 2) acame, 3) homogeneidad en planta, 4) porte (aspecto y relación de hojas, tallo y mazorca) y 5) tallo (grosor). Los resultados indican que:

El comportamiento medio obtenido para calificación visual del grupo líneas (Cuadro 9) indica que casi todos los materiales obtuvieron en promedio entre 1 y 3 en las variables evaluadas; sin embargo, de entre las 5 variables evaluadas, acame presentó la mejor calificación, ya que todos los genotipos, con excepción del 117 (Zac. 58 SM15S \otimes (1-60)-18-1(6)-1-1), presentaron un promedio entre 1 y 2. Con respecto a la variable sanidad, se observa que los genotipos que presentaron la menor calificación fueron el 102 (Cafime S-18-1 (T3)) y 113 (H40-23-3-2), con una media de 1.9.

Cuadro 9. Promedio de características visuales de líneas de maíz en tres ambientes.

Genotipo	Sanidad	Acame	Homogeneidad	Porte	Tallo
101	2.4	1.4	2.2	2.7	2.2
102	1.9	1.6	2.4	2.4	1.7
103	2.2	1.4	2.2	3.6	3.4
104	2.8	1.2	2.8	2.2	1.8
109	2.2	1.0	2.9	2.7	2.0
110	3.1	1.1	2.2	2.8	2.1
111	2.1	1.7	2.2	2.7	2.2
112	2.0	1.2	2.3	2.2	1.7
113	1.9	1.0	2.8	2.4	1.3

114	2.7	1.0	2.0	2.3	1.2
115	3.8	1.8	2.7	2.9	2.2
116	3.1	1.7	2.9	3.2	2.3
117	2.2	3.0	2.8	3.2	3.0
118	3.0	1.3	2.6	2.8	2.1
Promedio	2.5	1.5	2.5	2.7	2.1

La medias obtenidas de las características visuales de las cruzas simples (Cuadro 10), muestra que para los 5 genotipos evaluados, acame y tallo presentaron la mejor calificación, al obtener una media entre 1 y 2. De entre las 5 cruzas simples, destacaron los materiales 105 ((T1 x T3)), 121 ((Hit7-28-1-2) x (H40-3-3-2)) y 122 ((Hit7-28-1-2) x (H40-23-3-2)), los cuales presentaron calificación igual o menor a 2 para todas las variables, aunque se puede observar que entre las variables, homogeneidad presentó las medias más altas. Las cruzas simples, al estar algunas formadas con líneas de baja endogamia (de una a cuatro autofecundaciones), presentaron menor homogeneidad que otras, por lo que el detectar los mejores materiales en la evaluación de características agronómicas y de rendimiento, permitirá hacer una mejor selección, incrementar la endogamia y mejorar algunas variables.

Cuadro 10. Promedio de características visuales de cruzas simples de maíz en tres ambientes.

Genotipo	Sanidad	Acame	Homogeneidad	Porte	Tallo
105	1.7	1.1	1.9	1.7	1.7
121	1.8	1.0	2.0	1.8	1.3
122	1.3	1.0	1.9	2.0	1.2
128	2.4	1.4	2.7	2.7	1.7
134	3.0	1.1	2.2	2.1	1.7
Promedio	2.0	1.1	2.1	2.0	1.5

La calificación visual de cruzas trilineales de maíz (Cuadro 11), muestra que las variables con mejor calificación correspondieron a acame y tallo, ya que dichas variables presentaron una media de entre 1 y 2 en cada uno de los genotipos. Sanidad, homogeneidad y porte presentaron en algunos genotipos valores un poco superiores a 2, que pueden ser considerados como aceptables. Al igual que las medias de CS, la variable homogeneidad es la que presentó el valor más alto, con una media de 1.9, seguida de sanidad y porte, ambas con una media de 1.8.

Cuadro 11. Promedios de características visuales de cruzas trilineales de maíz en tres ambientes.

Genotipo	Sanidad	Acame	Homogeneidad	Porte	Tallo
106	1.6	1.1	2.0	2.1	1.7
107	1.8	1.3	1.7	1.9	1.8
108	2.3	1.1	2.0	1.8	1.7
119	1.9	1.2	1.8	2.0	1.4
120	1.7	1.2	2.0	2.3	1.8
123	1.8	1.1	2.0	1.8	1.6
124	2.3	1.0	2.0	1.9	1.6
140	1.4	1.0	1.4	1.4	1.2
141	1.6	1.0	1.8	1.2	1.2
Promedio	1.8	1.1	1.9	1.8	1.5

En los promedios de la calificación visual de las variedades de maíz (Cuadro 12), se observa que los genotipos correspondientes a este grupo presentaron medias considerablemente más altas, en comparación con los 3 grupos anteriormente descritos. La variable acame fue la que presentó la mejor calificación entre las variables, con una media de 1.5, mientras que el resto superó la calificación de los 2

puntos. Existieron materiales con calificación muy mala para sanidad, como lo fueron el 132 (Zap. Chico Original) y 133 (Zap. Chico C15), los cuales presentaron medias de 4.3 y 4.2, respectivamente, que al ser de la misma variedad, el Zapalote Chico se coloca como el menos apto de las variedades evaluadas para el clima en el cual fue evaluado, o es una evidencia de que necesita más adaptación a las condiciones de Valles Altos.

Cuadro 12. Promedios de características visuales de variedades de maíz en tres ambientes.

Genotipo	Sanidad	Acame	Homogeneidad	Porte	Tallo
125	2.4	2.0	2.4	2.7	2.4
126	3.1	1.1	2.3	2.3	1.4
127	2.2	1.3	2.3	2.0	1.4
129	3.6	2.2	3.7	3.1	3.2
130	2.3	1.7	2.4	2.4	1.7
131	2.0	1.6	2.7	2.6	1.8
132	4.3	1.6	2.2	2.2	2.3
133	4.0	1.3	2.2	2.7	2.7
135	2.1	1.0	2.8	2.9	1.7
136	2.2	1.2	2.9	2.9	2.2
137	2.1	1.4	2.3	2.9	2.0
138	2.0	1.6	2.4	3.1	2.3
142	1.9	1.2	1.9	2.7	2.3
Promedio	2.6	1.5	2.5	2.6	2.1

En los promedios de calificación visual de los 4 grupos evaluados de maíz en tres ambientes diferentes (Cuadro 13) indicó que los grupos que presentaron los mejores valores correspondieron a CS y CT, ya que por lo general mantuvieron una media entre 1 y 2 para todas las variables evaluadas, con excepción de homogeneidad en CS, que presentó una media de 2.1. Por el contrario a CS y CT, el grupo de líneas y variedades

presentaron para la mayoría de las variables una media entre 2 y 3, con excepción de la variable acame, la cual presentó una media de 1.5 para ambos grupos.

Por su origen, las CS y CT son más vigorosas que las líneas y variedades, por lo que resultaron con mejor calificación en características visuales.

Cuadro 13. Promedios de características visuales de cuatro grupos de maíz en tres ambientes.

Genotipo	Sanidad	Acame	Homogeneidad	Porte	Tallo
Líneas	2.5	1.5	2.5	2.7	2.1
Cruzas simples	2.0	1.1	2.1	2.0	1.5
Cruzas trilineales	1.8	1.1	1.9	1.8	1.5
Variedades	2.6	1.5	2.5	2.6	2.1

4.4 Prueba de germinación estándar

El análisis de varianza combinado (Cuadro 14) muestra alta significancia ($p \leq 0.01$) entre los genotipos para porcentaje de germinación, mientras que en la comparación de medias (Cuadro 15), el mejor grupo se conformó por 26 genotipos que presentaron la letra a, cuyos porcentajes de germinación se encuentran entre 83 y 98%.

Cuadro 14. Cuadrados medios y nivel de significancia de los análisis de varianza combinados de 41 genotipos de maíz evaluados en tres ambientes.

FV	GL	% de germinación
Repeticiones	3	24.33
Genotipos	31	320.0**
Líneas	13	175.6**
CS	4	105.2**
Variedades	12	557.6**
/Grupos	2	261.7**
Error	93	33.28
C.V. %		6.48

GL= grados de libertad; **C.V.**= coeficiente de variación; **($p \leq 0.01$);

*($p \leq 0.005$); **ns**= no significativo.

La comparación de medias de la partición de líneas (Cuadro 16), muestra que el mejor grupo se formó por 11 genotipos que presentaron entre 85 y 97 % de germinación.

Cuadro 15. Comportamiento medio de Líneas, CS, CT y variedades de maíz.

Genotipo	% de germinación
101	80b..f
102	93a..c
103	89a..f
104	87a..f
105	94ab
109	94ab
110	97a
111	93a..c
112	96a
113	85a..f
114	76d..g
115	85a..f
116	90a..e
117	85a..f
118	78c..f
121	98a
122	97a
125	98a
126	98a
127	98a
128	85a..f
129	93a..c
130	98a
131	93a..c
132	96a
133	83a..f
134	94ab
135	91a..d
136	94ab
137	75e..g

138	74fg
142	61g
DMS	15.92

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p=0.05$)

Cuadro 16. Comportamiento medio de Líneas de maíz.

Genotipo	% de germinación
110	97a
112	96a
109	94ab
111	93a..c
102	93a..c
116	90a..d
103	89a..d
104	87a..d
115	85a..d
117	85a..d
113	85a..d
101	80b..d
118	78cd
114	76d
DMS	15.32

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p=0.05$)

En la comparación de medias de las cruzas simples de maíz (Cuadro 17), se observa que cuatro de los cinco materiales evaluados formaron parte del mejor grupo, con una germinación entre 94 y 98%. Por otra parte, en la comparación de medias del grupo de

variedades (Cuadro 18), el mejor grupo se formó por 10 genotipos, cuyos porcentajes de germinación estuvieron entre un 83 y 98%.

Cuadro 17. Comportamiento medio de cruizas simples de maíz.

Genotipo	% de germinación
121	98a
122	97a
105	94a
134	94a
128	85b
DMS	5.00

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p=0.05$)

Cuadro 18. Comportamiento medio de Variedades de maíz.

Genotipo	% de germinación
130	98a
127	98a
126	98a
125	98a
132	96a
136	94a
129	93a
131	93a
135	91a
133	83ab
137	75bc
138	74bc
142	61c

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p=0.05$)

La comparación de medias entre los tres grupos de maíz (Cuadro 19) para germinación estándar indicó que el mejor grupo fueron las cruzas simples, con una media de 93.6%, y comparado contra las líneas y variedades, que tuvieron un 87.7 y 88.65, respectivamente; queda claro que las CS presentaron un mejor porcentaje de germinación, lo que concuerda si se considera que el grupo antes mencionado presenta mayor vigor por tratarse de híbridos.

Cuadro 19. Comportamiento medio entre grupos de maíz

Genotipo	% de germinación
Líneas	87.7b
Cruzas simples	93.6a
Variedades	88.6b
DMS	3.3

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p=0.05$)

Otro de los factores que pudieron haber afectado en mayor o menor medida el porcentaje de germinación, así como el rendimiento y sus componentes en los genotipos evaluados, es el ambiente, ya que debido a la interacción genotipo por ambiente, los materiales se comportaron de diferente forma, lo que concuerda con Gutiérrez *et al.* (2007), quienes realizaron una evaluación de germinación y crecimiento inicial de semillas de maíz en líneas y sus cruzas simples con envejecimiento natural,

donde observaron que dependiendo de los años de almacenamiento de dichas semillas, los componentes físicos como contenido de humedad e integridad del pericarpio permanecieron sin variaciones significativas durante los años de almacenamiento; sin embargo, las variables fisiológicas como protrusión radicular y viabilidad sí se vieron afectadas. De la misma forma, Marcos-Filho y McDonald (1998) y McDonald (1999) han demostrado que la disminución paulatina del potencial fisiológico de las semillas de maíz, ocasionada por el envejecimiento natural, merma progresivamente la capacidad germinativa, la velocidad de crecimiento inicial de la plántula y la tolerancia a condiciones adversas.

V. CONCLUSIONES

Entre mayor es el rendimiento de grano obtenido, los días a floración aumentan, alargando también el ciclo de producción y afectando de la misma manera algunos componentes del rendimiento.

Las líneas obtenidas de la variedad Cafime presentaron buen comportamiento en rendimiento de grano, componentes del rendimiento y calificación visual, mientras que las de la variedad Zacatecas 58 tuvieron un comportamiento inferior para las mismas variables; sin embargo, la combinación de estos dos materiales en la producción de híbridos, exhibieron excelente comportamiento.

Los materiales obtenidos de Zapalote Chico, presentaron características inferiores a los materiales antes mencionados, lo que indica que a pesar de haber trabajado la variedad en Valles Altos por más de 15 ciclos, no se han obtenido buenos resultados, en específico en el aspecto de sanidad de planta.

En el análisis combinado, el material que presentó el mayor rendimiento de grano, corresponde al híbrido testigo (H-66), que al mismo tiempo fue tardío y que fue seguido inmediatamente en rendimiento por el híbrido trilineal experimental 107 ((T3 x T4) x T1). Por otro lado, el análisis combinado muestra que en el mismo grupo en el que se encuentra el híbrido testigo, se encuentran más materiales experimentales que sobrepasan las 6 t/ha de rendimiento, lo que evidencia su potencial de rendimiento en diversos ambientes de valles altos.

En términos generales la cruza obtenidas entre Cafime y Zacatecas 58, presentaron características deseadas, al combinar el rendimiento de la variedad Cafime y la precocidad de la variedad Zacatecas 58.

Las cruas simples presentaron mayor porcentaje de germinación en comparación con las líneas y variedades.

VI. LITERATURA CITADA

- Avendaño C. H., Molina G. J. D., Moreno P. E. C., Cadena I. J., Aguirre M. J. F. y Rincón E. G. (2009)** Respuesta a la selección para resistencia a sequía en maíz (*Zea mays* L.). *Interciencia* V.34 (11): 801-807.
- Ávila P. M. A., J. L. Arellano V, J. Virgen V., A J Gámez V (2009)** H-52 híbrido de maíz para Valles Altos de La Mesa Central de México. *Agricultura técnica en México* 35:237-240.
- Bartolini R. (1990)** El Maíz. Ediciones Mundi-Prensa. España.
- Blum A., G. Gozlan and J. Mayer (1981)** The manifestation of dehydration avoidance in wheat breeding germplasm. *Crop Science* 21:495-499.
- Cantú A. M. A. (1997)** Resistencia a sequía en maíz tropical: Aspectos fisiológicos y de mejoramiento genético. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados. 166 p.
- Coyac R. L., Molina G. J. D., García Z. J. y Serrano C. L. M. (2013)** La selección masal permite aumentar el rendimiento sin agotar la variabilidad genética aditiva en el maíz Zacatecas 58. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol. 36 (1): 53-62.
- Cruz M. (2010)** Comparación del ciclo agrícola actual con el de hace unos diez años en San Juan Jalpa municipio San Felipe del Progreso, Estado de México: Evidencia de adaptación al cambio climático. *Ra Ximhai* 7(1):95-106.
- Dijak M., A. M. Modarres, R. I. Hamilton, L. M. Dwyer, D. W. Stewart, D. E. Mather and D. L. Smith (1999)** Leafy Reduced-Stature Maize Hybrids for Short-Season Environments. *Crop Science* 39(4):1106-1110.

Espinosa C. A., M. Tadeo R., A. Turrent F., N. Gómez M., M. Sierra M., F. Caballero H., R. Valdivia B., F. Rodríguez M. (2008) El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias* 92– 93:118–125.

Espinosa C. A., M. Tadeo R., N. Gómez M., M. Sierra M., J. Virgen V., A. Palafox C., F. Caballero H., G. Vázquez C., F. A. Rodríguez M., R. Valdivia B., I. Arteaga E. e I. González R. (2011) V-55 A, variedad de Maíz de grano amarillo para los Valles Altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol. 34 (2): 149-150.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2015) Estadísticas (en línea). Consultado 19 de agosto de 2015. Disponible en: www.fao.org.

Grant R. F., B.S. Jackson, J. R. Kiniry and G. K. Arkin. (1989) Water deficit timing effects on yield components on maize. *Agronomy Journal* 81:61-65.

Gutiérrez-Hernández G., Virgen-Vargas J., Arellano-Vázquez J. L. (2007) Germinación y crecimiento inicial de semillas de maíz con envejecimiento natural. *Agronomía Mesoamericana* 18(2):163-170.

Hampton, J. G. (2002) What is seed quality? *Seed Science and Technology* 30 (1):1-10.

Harrison L. J. Michaelsen, C. Funk and G. Husak (2011) Effects of temperature changes on maize production in Mozambique. *Climate Research* 46:211-222.

Hsiao T. C., J. C. O' Toole, E. B. Yambao and N. C. Turner. (1984) Influence of osmotic adjustment on leaf rolling and tissue death in rice (*Oriza sativa L.*). *Plant Physiology* 75:338-341.

IFPRI (Food Policy Research Institute) (2015) Publications and tools (en línea). Consultado 19 de agosto de 2015. www.ifpri.org.

Kato T. A., C. Mapes, L. M. Mera, J. A. Serratos y R. A. Bye (2009) El origen y diversificación del maíz en México. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y el Uso de la Biodiversidad. Mexico D.F. 116 p.

Luna F. M. (2008) El cultivo de maíz en Zacatecas. Primera edición. Universidad Autónoma de Zacatecas, Coordinación de Investigación, Zacatecas, México.

MCDonald M. B. (1999) Seed deterioration: physiology, repair, and assessment. *Seed Science and Technology* 27:177-237.

Márquez S. F., C. L. Sahagún y G. E. Barrera. (2009) Nuevo método de mejoramiento genético para resistencia a sequía en maíz. *Geografía Agrícola* 41: 9-14.

Marcos-Filho J. and McDonald M. B. (1998) Sensitivity of RAPD analysis, germination and vigour test to detect the intensity of deterioration of naturally and artificially aged soybean seeds. *Seed Science and Technology* 26:141-157.

Mati B. M. (2000) The influence of climate change on maize production in the semi-humid-semi-arid areas of Kenya. *Journal of Arid Environment* 46(4):333-344.

May L. H. and F.L. Milthorpe (1962) Drought resistance of crop plants. *Field Crop.* 15:171-178.

Monterroso A. I., A. C. Conde, D. G. Rosales, J. D. Gómez and G. C. Gay (2011) Assessing current and potential rainfed maize suitability under climate change scenarios in México. *Atmósfera* 24(1):53-67.

- Molina G., J. D. (1978)** “Selección masal visual estratificada para resistencia a sequía en maíz”. En: Avances de Enseñanza e Investigación del Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp. 112-113.
- Moreno M. E. (1984)** Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 383 p.
- Muñoz O., Rosas M., Carranza C., Rodríguez M. (1992)** Maíz Zapalote Chico. 1 sección. In: Resúmenes del XIV Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI. Tuxtla Gutiérrez, Chis. Pp. 299.
- Muñoz O., A.; F. Márquez S. y J. Ortiz C. (1973)** “Estudio preliminar sobre un método de selección para resistencia a sequía en maíz”. *Agrociencia* 11:15-28.
- Palacios de la R., G., L. Martínez V. y A. Aguado T. (1963)** “Cruzas biparentales de la línea latente de maíz sometidas a castigos progresivos”. *Agricultura Técnica en México* 3: 98-102.
- Pérez M. C., Hernández L. A., González C. F. V., García de los S. G., Carballo C. A., Vásquez R. T. R. y Tovar G. M. del R. (2006)** Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura Técnica en México* 32 (3): 341-352.
- Pérez-López F. J., R. Lobato-Ortiz, J. de J. García-Zavala, J. D. Molina-Galán, J. de J. López-Reynoso, T. Cervantes-Santana (2014)** Líneas homocigóticas de maíz de alto rendimiento como progenitoras de híbridos de cruza simple. *Agrociencia* 48:425-437.
- Ramírez C. A. (2013)** selección de maíces criollos de ciclo corto como estrategia al cambio climático en Michoacán. *Avances en Investigación Agropecuaria* 17(2): 7-21.

Ramírez J. L., J. J. Wong, J. A. Ruiz, y M. Chuela (2010) Cambio de fecha de siembra del maíz en Culiacán, Sinaloa, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33:61-68.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2015) Estadísticas de siembras y cosechas (en línea). Consultado 20 de agosto de 2015. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx>

SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas) (2015) Calificación de semillas (en línea). Consultado 12 de mayo de 2015. Disponible en: www.sagarpa.gob.mx/snics.

Tadeo R. M., A. Espinosa, R. Valdivia, N. Gómez, M. Sierra, B. Zamudio (2010) Vigor de las semillas y productividad de variedades de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 21(1):31-38.

Turrent F. A. (1994) Plan de Investigación del Sistema Maíz–Tortilla en la Región Centro. CIRCE, INIFAP, SARH. Publicación Especial No. 12, Chapingo, México.

Turrent F. A., T. A. Wise y E. Garvey (2012) Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México. Mexican rural development research reports No. 24. GDAE working papers. 38 p.

Turner N.C. (1979) Drought resistance and adaptation to water deficit in crop plants. In: H. Mussell and R.C. Staples (Eds.). *Stress physiology in crop plants*. John Wiley and sons. New York. Pp. 343-372.

USDA (2015) United States Department of Agriculture. Economic research service (en línea). Consultado 15 de Julio de 2015. Disponible en: www.usda.gov.

Vega U. y Agudelo L. C. (1972) Selección masal estratificada para rendimiento en dos variedades de maíz. *Agronomía Tropical* 22(2): 159-168.

Virgen V. J., R. Zepeda, I. Rojas, J. L. Arellano, M. A. Ávila, A. Espinosa, y A. J. Gámez (2014) Producción de semilla de líneas progenitoras de maíz: densidad de población e interacción. *Agronomía Mesoamericana* 25(2):323-335.

Wellhausen E J, L M Roberts, E. Hernández X and P C Mangelsdorf (1952) Races of Maize of México. Bussey Institute Harvard University. Cambridge, Massachusetts. 223 p.

ANEXOS

A. Comportamiento medio combinado de las características agronómicas y de rendimiento evaluadas en planta y mazorca en 41 genotipos de maíz en tres ambientes.

Genotipo	DF (días)	AP (cm)	RG (t/ha)	AMZ (cm)	LM (cm)	DM (cm)	NH	NG	PMS (g)	PV g L ⁻¹
101	85.22d..h	204.68f..i	2.89l..p	102.86k..q	12.78g..l	3.69m..o	12.82q	25.37g..n	277.78e..l	700.17h..k
102	90.33a..c	221.5a..f	6.51b..j	146.38ab	13.8c..i	5.05a..d	16.44b..f	27.15d..k	324.44a..h	752.63a..f
103	91.89a	175.62j..l	0.86p	92.92n..w	9.39n	3.54o	13.04o..q	18.74p	226.67kl	685.45jk
104	83.78e..i	190.78g..k	5.52h..k	109.03h..p	14.24a..i	4.62c..j	13.93i..q	28.11c..k	336.67a..g	764.64a..c
105	78.89j..n	245.66a	7.87a..f	139.73a..e	16.25a..c	4.68b..i	15.33c..l	32.48a..c	334.44a..g	745.19b..g
106	81.33h..l	248.13a	8.54ab	140.89a..d	14.81a..h	4.71b..h	13.85j..q	30.37a..f	368.89a..c	739.44b..h
107	77.56l..o	246.73a	9.13a	132.69a..h	16.18a..c	4.56d..k	14.22h..q	32.37a..c	348.89a..d	747.22a..g
108	80.11i..m	216.61b..g	6.34c..j	122.8b..l	15.24a..g	4.79a..h	14.44g..q	30.93a..e	348.89a..d	741.58b..h
109	86.11c..g	210.47d..h	6.09d..k	109.49h..p	13.92b..i	4.52d..k	14.59f..q	27d..l	298.89c..j	743.5b..h
110	89.56a..d	164.93k..m	4.13k..n	78.3t..w	12.76g..l	4.02k..o	14.22h..q	26.48e..l	292.22d..l	738.51b..i
111	87.56a..f	204.31f..i	1.76op	93.34n..u	11.22j..n	4.3g..l	15.68b..j	20.93m..p	266.67g..l	695.09i..k
112	88.22a..e	191.49g..k	4.44j..m	101.11l..q	12.5h..l	4.5e..k	13.93j..q	26.26e..l	306.67c..i	778.56ab
113	86.67b..g	173.8j..l	4.99i..l	103.02k..q	14b..i	4.75b..h	16.3b..g	26.56e..l	316.67a..i	750.18a..g
114	90.33a..c	141.1m	2.64m..p	68.87w	12.53h..l	4.17i..l	13.63k..q	25i..o	272.78f..l	733.71c..i
115	67.78s	155.03lm	2.85l..p	80.58s..w	10.7k..n	4.03k..o	13.41l..q	22.15l..p	254.44h..l	707.39g..j
116	70.11rs	151.77lm	2.9l..p	81.83q..w	10.54l..n	4.12j..n	14.67e..q	24.04k..o	252.78i..l	701.43h..k
117	90.67ab	185.81h..k	1.59op	94.08m..q	10.36l..n	3.6no	14.52f..q	20.3op	232.22j..l	662.82k
118	85e..h	177.39i..l	2.91l..p	91.23o..w	12.05i..m	4.14i..n	15d..o	25.82f..m	223.33l	718.82d..j
119	85.22d..h	244.42a	8.33a..c	139.17a..f	16.36ab	4.72b..h	15.93b..i	33.15ab	297.78d..j	758.7a..d
120	85e..h	242.37a..c	6.79b..i	136.05a..g	15.36a..f	4.68b..i	18.44a	33.78ab	252.22i..l	746.35a..g

121	82.67g..k	233.01a..e	6.76b..i	118.47c..m	15.18a..g	5.15a..c	16b..h	30.3a..g	342.22a..f	767.22a..c
122	84.33e..i	232.45a..e	5.91e..k	124.56a..l	15.76a..d	5.16a..c	17.56ab	29.41b..j	330a..g	750.19a..g
123	79.89i..m	225.91a..f	8.47a..c	126.59a..k	15.22a..g	4.91a..f	15.04d..n	29.15b..j	380ab	789.44a
124	80i..m	207.65d..h	8.23a..d	123.18b..l	15.88a..d	4.83a..g	15.41c..k	30.89a..e	325.56a..g	765a..c
125	71.56q..s	212.33d..h	5.6g..k	106.03i..q	15.7a..e	4.44f..k	14.3h..q	29.82a..i	303.33c..i	716d..j
126	79j..n	208.61d..h	5.85e..k	115.56e..o	13.35d..j	4.75b..h	13.33m..q	24.85j..o	383.33a	758.89a..d
127	83.33f..j	240.72a..c	7.51a..h	148.22a	15.63a..f	4.83a..g	13.18n..q	30a..h	384.44a	766.67a..c
128	75.22n..q	208.43d..h	6.54b..j	115.29f..o	16.13a..c	4.79a..h	14.3g..q	34.48a	336.67a..g	750a..g
129	69.67rs	155.76lm	3.01l..p	71.91uw	11.23j..n	4.05k...o	13.26n..q	25.22h..o	248.89i..l	713.66e..j
130	80i..m	233.83a..d	5.78f..k	127.75a..j	16.67a	4.49e..k	14.08h..q	32.48a..c	318.89a..i	720.67d..j
131	83g..j	244.25ab	6.92b..i	142.72a..c	15.76a..d	4.54d..k	14.81d..o	33.48ab	282.22d..l	740.6b..h
132	78.33k..n	177.78i..l	2.22n..p	90.21p..w	9.21n	3.8l..o	10.44r	18.93p	296.67d..k	728.21c..j
133	75.11n..q	174.42j..l	1.96op	80.61s..w	9.59mn	4.05k..o	9.78r	20.59n..p	286.67d..l	724.55c..j
134	72.78p..r	205.83e..h	4.88i..l	105.27j..q	13.16f..k	4.38f..k	12.74q	26.96d..l	336.67a..g	747.44a..g
135	76.33m..p	174.92j..l	5.98e..k	81.02r..w	14.68a..h	4.88a..f	16.67a..d	32.89a..c	303.33c..i	713.53e..j
136	73.67o..r	193.17g..j	7.72a..g	89.8p..w	14.47a..i	5.03a..e	15.26c..m	29.78a..j	344.44a..e	712.59e..j
137	75.22n..q	215.3c..g	4.96i..l	116.94d..n	13.76c..j	4.37f..k	12.96pq	30.93a..e	311.11b..i	710.71f..j
138	73p..r	215.51c..g	5.4h..k	119.07c..l	13.18e..k	4.24h..l	14.37g..q	31.74a..d	298.89c..j	738.15b..i
140	84.11e..i	226.13a..f	9.58a	135.73a..g	15.59a..f	5.31a	17.04a..c	32.15a..c	333.33a..g	745b..g
141	83.11f..j	228.06a..f	7.96a..e	129.89a..i	15.83a..d	5.19ab	16.59a..e	33.85ab	318.89a..i	754.44a..e
142	74.67n..q	209.58d..h	3.24l..o	112.65g..p	14.16a..i	4.31g..l	14.3h..q	30.82a..e	297.78d..j	740.9b..h
DMS	4.5	26.6	2.0	23.3	2.5	0.5	2.0	4.9	67.7	42.9

DF=días a floración masculina; **AP**= altura de planta; **RG**= rendimiento de grano; **AMZ**= altura de mazorca; **LM**= longitud de mazorca; **DM**= diámetro de mazorca; **NH**= número de hileras por mazorca; **NG**= número de granos por hilera; **PMS**= peso de mil semillas; **PV**= peso volumétrico. Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, p=0.05); **DMS**= diferencia mínima significativa.

B. Comportamiento medio de DF y RG de 41 genotipos de maíz en tres ambientes.

FV	GL	Riego		Temporal + riego		Temporal	
		DF (días)	RG (t/ha)	DF (días)	RG (t/ha)	DF (días)	RG (t/ha)
Repetición	2	0.49	601.5	0.0	11.0	4.52	19.8
Genotipos	40	166.5**	2933.3**	157.8**	16.2**	69.6**	16.8**
Líneas	13	194.1**	11.3**	199.6**	9.9**	111.8**	9.1**
CS	4	109.1**	6.6*	119.3**	6.5ns	27.7**	1.2ns
CT	8	34.5**	7.1**	36.5**	3.8*	6.5**	5.1ns
Variedades	12	85.3**	11**	74.8**	9.8**	28.4ns	13.6**
/Grupos	3	800**	135**	684.1**	114.9**	275.3**	115.1**
Error	80	0.42	81.3	0.6	0.7	7.7	1.7
C.V. %		0.7	4.1	0.9	17.1	3.5	25.2

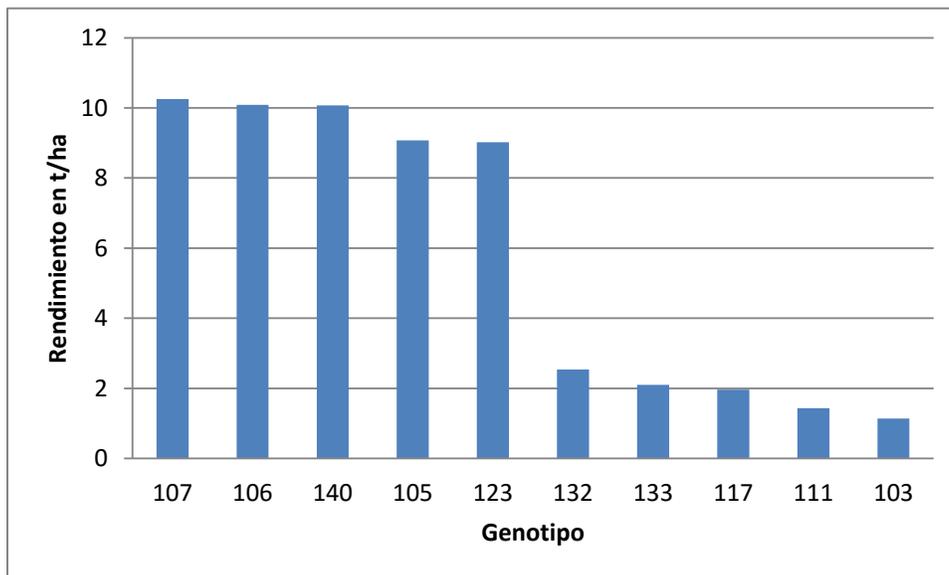
DF=días a floración masculina; **AP**= altura de planta; **RG**= rendimiento de grano; **AMZ**= altura de mazorca; **LM**= longitud de mazorca; **DM**= diámetro de mazorca; **NH**= número de hileras por mazorca; **NG**= número de granos por hilera; **PMS**= peso de mil semillas; **PV**= peso volumétrico; **CS**= cruza simple; **CT**= cruza trilineal; **GL**= grados de libertad; **C.V.**= coeficiente de variación; **($p \leq 0.01$); *($p \leq 0.005$); **ns**= no significativo.

C. Comportamiento medio de DF y RG de 41 genotipos de maíz en tres ambientes.

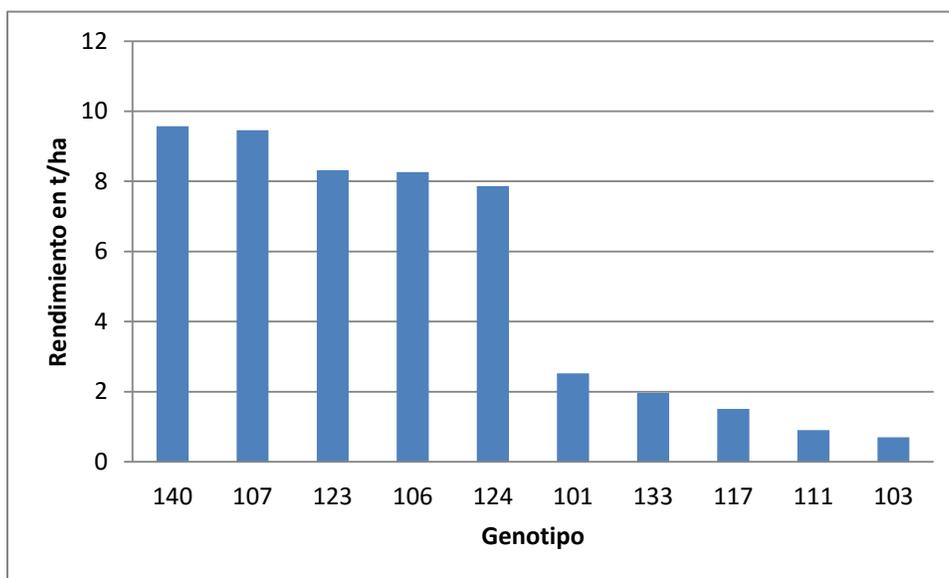
Genotipo	Riego		Temporal + riego		Temporal	
	DF (días)	RG (t/ha)	DF (días)	RG (t/ha)	DF (días)	RG (t/ha)
101	87.33	3.49j..o	88d..f	2.52i..m	80.33a..g	2.65h..l
102	92.33ab	6.99c..h	90.67bc	7.01a..e	88ab	5.52a..k
103	93.67a	1.14o	93.67a	0.7m	88.33ab	0.73l
104	85.67f..j	6.76c..i	86f..i	5.74b..h	79.67b..g	4.06d..l
105	81.33lm	9.07a..c	80.67k	7.65a..c	74.67d..j	6.9a..h
106	84jk	10.09ab	81.67jk	8.26ab	78.33c..i	7.27a..g
107	77.33n	10.25a	77.67lm	9.46a	77.67d..i	7.67a..d
108	81.33lm	7.3c..h	81k	6.87a..e	78c..i	4.85a..l
109	88.67c..e	6.53c..i	88.67c..e	4.32e..k	81a..f	7.42a..e
110	92.67ab	4.29i..n	92.67ab	3.74f..l	83.33a..d	4.35d..l
111	90.67bc	1.34o	91bc	0.9lm	81a..f	3.05e..l
112	91.67ab	4.94h..m	90.33b..d	3.7f..l	82.67a..d	4.67c..l
113	89cd	5.1g..m	88.67c..e	5.61b..h	82.33a..e	4.27d..l
114	92.33ab	2.93k..o	91.67ab	2.95h..m	87a..c	2.04i..l
115	67.33r	3.03j..o	67.67q	2.84h..m	68.33j	2.68h..l
116	71q	2.71l..o	69q	2.95h..m	70.33h..j	3.04f..l
117	91.67ab	1.96no	91.33ab	1.51k..m	89a	1.29kl
118	87d..g	3.01j..o	85.33g..i	3.09g..m	82.67a..d	2.62h..l
119	87.67	8.14a..d	86.67e..h	7.65a..c	81.33a..f	9.19a
120	86.67e..h	5.52e..j	88.67c..e	6.1b..f	79.67b..g	8.76a..c
121	84.33ij	6.96c..h	84.33hu	6.18b..f	79.33b..h	7.15a..g
122	85.67f..j	6.26d..i	87.67e..g	5.4b..i	79.67b..g	6.08a..i
123	80.67lm	9.02a..c	81.33k	8.32ab	77.67d..i	8.07a..d
124	82kl	9.01a..c	81.67jk	7.86a..c	76.33d..j	7.82a..d
125	72.33pq	6.54c..i	72.33p	5.72b..h	70ij	4.54c..l
126	80.67lm	6.73c..i	80.67k	5.45b..i	75.67d..j	5.37a..k
127	84.67h..j	7.52b..g	85.67f..i	7.62a..c	79.67b..g	7.4a..f
128	73.67v	8.02a..e	74.33n..p	5.9b..g	77.67d..i	5.69a..j
129	67r	3.11j..o	67q	2.96h..m	75d..j	2.95g..l
130	80.67lm	5.53e..j	80kl	5.22c..i	79.33b..h	6.58a..h
131	85.67f..j	6.88c..h	84ij	7.05a..e	79.33b..h	6.83a..h
132	79.67m	2.54m..o	79.33kl	2.6i..m	76d..j	1.52j..l
133	75.33no	2.1no	74.33n..p	1.96j..m	75.67d..j	1.82i..l
134	72.67op	5.26f..l	73p	3.57f..m	72.67f..j	5.81a..j
135	74.33op	6.29d..i	76.67mn	5.67b..h	78c..i	5.97a..i
136	73.67op	7.71a..f	74op	7.48a..d	73.33e..j	7.98a..d
137	76.67n	5.47e..k	76.33m..o	4.68d..j	72.67f..j	4.73b..l
138	73.33op	5.26f..l	74.33n..p	4.98c..i	71.33g..j	5.95a..i
140	86.33f..i	10.07ab	86.33e..i	9.57a	79.67b..g	9.1ab
141	85.33g..j	8.16a..d	84.67hi	7.38a..d	79.33b..h	8.35a..d
142	72.67pq	3.41j..o	75.67m..o	3.62f..m	75.67d..j	2.68h..l
DMS	2.1	2.5	2.5	2.9	9.2	4.3

D. Rendimiento de grano en t/ha de los 5 más altos y 5 más bajos genotipos en ambiente de a) Riego, b) Temporal + riego, c) Temporal y d) Combinación de tres ambientes.

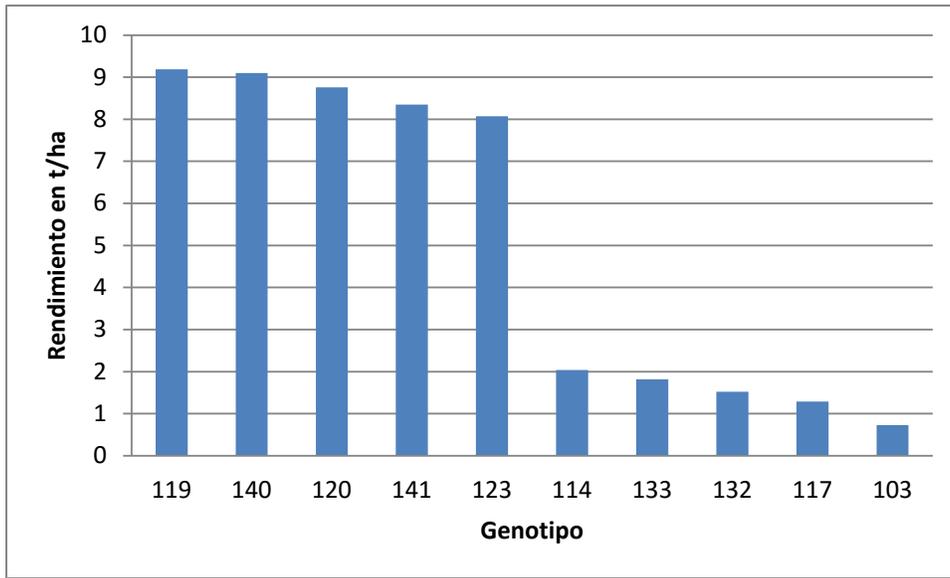
a)



b)



c)



d)

