



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GENÉTICA

EVALUACIÓN *per se* DE LÍNEAS ENDOGÁMICAS DERIVADAS DE GERMOPLASMA EXÓTICO IRRADIADO CON RAYOS GAMMA

MOISÉS BUENROSTRO ROBLES

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 *per se* DE LÍNEAS ENDOGÁMICAS DERIVADAS DE GERMOPLASMA EXÓTICO IRRADIADO CON RAYOS GAMMA**" realizada por el alumno: **MOISÉS BUENROSTRO ROBLES**, 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
GENÉTICA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



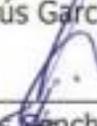
Dr. Ricardo Lobato Ortiz

ASESOR



Dr. J. Jesús García Zavala

ASESOR



M.C. Carlos Sánchez Abarca

ASESOR

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Julio de 2016

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Belia Robles Amador y Domingo Buenrostro Robles

Que son lo más importante y sagrado en mi vida, por haberme otorgado la vida, brindado apoyado y dado su confianza, dedicación y cariño.

A MIS HERMANOS:

Norma Elvia Buenrostro Robles

José Fernando Buenrostro Robles

Efrén Buenrostro Robles (†)

Adriana Buenrostro Robles

Ofelia Buenrostro Robles

Ricardo Buenrostro Robles

Gloria Belén Buenrostro Robles

Para todos mis hermanos, los cuales confiaron plenamente en mí y su apoyo estuvo presente en todo momento con el anhelo de ver triunfar a su hermanito. En especial a mi hermano que lamentablemente su espíritu ya no está con nosotros. Gracias por todo.

A Sussy Karime Tello Ponce de León (SKTP). Por estar a mi lado en los momentos alegres y difíciles, por tu increíble paciencia, apoyo, sonrisas y abrazos. Por regalarme los mejores años de tu vida. Por otorgar el coraje necesario para afrontar cualquier desafío que se presente bajo cualquier situación. Mil gracias dulce amor; leyenda pasada y presente de mis memorias y corazón.

AGRADECIMIENTOS

A Cristo Rey, por darme la fuerza y oportunidad de cumplir con el objetivo propuesto, el conocimiento y protección.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por brindarme el apoyo económico para realizar mis estudios de Maestría en Ciencias.

Al Colegio de Postgraduados, por la formación que me dio en el IREGEP en especial el área de Genética.

Al Dr. Ricardo Lobato Ortiz, por las enseñanzas compartidas, sugerencias, confianza y el apoyo incondicional para realizar esta investigación.

Al Dr. Jesús García Zavala, por sus asesorías para realizar los análisis estadísticos, por sus consejos para el desarrollo de la investigación, y por la amistad brindada.

Al M.C. Carlos Sánchez Abarca, por su apoyo, comprensión y conocimientos brindados, desde la licenciatura hasta mis estudios de maestría en ciencias.

A los Profesores del Colegio de Postgraduados que han compartido sus conocimientos y experiencias para mi formación académica y profesional, ayudándome a mejorar mi investigación y a resolver las dudas presentadas.

A mis amigos y compañeros Luis Antonio Flores Hernández y Benjamín Hernández Vázquez, que estuvieron presentes en todo momento, apoyando y brindando consejos oportunos. Miguel Macías, Anahi TM, Esaú, Eliud, Arlen, Mary Lú, Gerardo y a todos aquellos que sin intención he omitido, pero aportaron un grano de arena en pro de esta investigación y en mis estudios. Gracias.

CONTENIDO

Página

LISTA DE CUADROS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
OBJETIVOS	2
HIPÓTESIS	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Comportamiento <i>per se</i> de líneas.....	3
Desarrollo de líneas endogámicas.....	5
Híbridos simples	6
Aptitud combinatoria general y específica	7
BIBLIOGRAFÍA	9
CAPÍTULO II.....	12
RENDIMIENTO DE LÍNEAS DE MAÍZ EXÓTICO IRRADIADO CON RAYOS GAMMA Y DE HÍBRIDOS DE CRUZA SIMPLE	12
RESUMEN	13
SUMMARY	14
INTRODUCCIÓN.....	15
MATERIALES Y MÉTODOS	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
CONCLUSIONES.....	29
BIBLIOGRAFÍA	30
CAPITULO III	34
COMPORTAMIENTO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ DE CRUZA SIMPLE EN TRES AMBIENTES DE VALLES ALTOS	34
RESUMEN	35
SUMMARY	36
INTRODUCCIÓN.....	37
MATERIALES Y MÉTODOS	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
CONCLUSIONES.....	48
BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS	51

LISTA DE CUADROS

CUADRO NÚM	DESCRIPCIÓN	PÁG
1	Genealogía de 10 líneas de maíz de alto rendimiento altamente homocigóticas progenitoras de las 53 líneas evaluadas en este trabajo.	15
2	Cuadrados medios del análisis de varianza para rendimiento de grano y sus componentes en 61 genotipos de maíz evaluados en tres ambientes. Ciclo agrícola Primavera- Verano, 2015.	17
3	Comparación de medias entre tres ambientes para rendimiento de grano y sus componentes. Ciclo agrícola Primavera-Verano 2015.	19
4	Promedios del rendimiento de grano y sus componentes por grupo de materiales genéticos dentro de cada ambiente. Ciclo agrícola Primavera-Verano 2015.	21
5	Comparación de medias de 8 variables de las mejores 10 y peores 5 líneas per se, 6 cruzas simples y testigos evaluados en tres ambientes.	22
6	Cuadrados medios de los análisis de varianza para rendimiento de grano y sus componentes de ocho genotipos de maíz evaluados en tres ambientes de Valles Altos. Ciclo agrícola Primavera-Verano 2015.	35
7	Comparación de medias para rendimiento de grano y sus componentes en ocho genotipos de maíz evaluados en tres ambientes de Valles Altos. Ciclo agrícola Primavera-Verano 2015.	37
8	Comparación de medias para rendimiento de grano y sus componentes en ocho genotipos de maíz evaluados en tres ambientes de Valles Altos. Ciclo Primavera-Verano 2015.	38
9	Comparación de medias de seis híbridos simples y dos testigos para rendimiento de grano y sus componentes en Montecillo. Ciclo agrícola Primavera-Verano 2015.	39
10	Comparación de medias de 6 híbridos simples y 2 testigos para rendimiento de grano y sus componentes en Chapingo. Ciclo agrícola Primavera-Verano 2015.	39
11	Comparación de medias de seis híbridos simples y dos testigos para rendimiento de grano y sus componentes en Tecámac. Ciclo agrícola Primavera-Verano 2015.	40

EVALUACIÓN *per se* DE LÍNEAS ENDOGÁMICAS DE MAÍZ DERIVADAS DE GERMOPLASMA EXÓTICO IRRADIADO CON RAYOS GAMMA

MOISÉS BUENROSTRO ROBLES, M. en C.

COLEGIO DE POSTGRADUADOS, 2016

RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo estratégico y destaca como alimento básico desde el punto de vista económico-social. Sin embargo, la producción de grano para consumo humano, se ve limitada por la dificultad de incrementar el área de cultivo. Una manera de incrementar la productividad de los cultivos es a través del mejoramiento genético, mediante formación de híbridos y sintéticos con alto potencial de rendimiento, calidad y amplia adaptación. Con el objetivo de determinar el rendimiento potencial *per se* de líneas de maíz exótico irradiado con Co^{60} y de híbridos simples que se generaron con ellas, se evaluaron 53 líneas progenitoras derivadas de 10 líneas de alto potencial de rendimiento altamente homocigóticas, seis cruzas simples y dos híbridos comerciales como testigos. La evaluación se realizó en 2015 en tres ambientes: Montecillo, Chapingo y Tecámac, Estado de México, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, tres repeticiones con parcelas de dos surcos, 6 m de largo, con 80 cm entre surcos y 40 cm entre plantas. Se midió días a floración masculina (DFM); altura en cm de planta y mazorca (AP, AM); rendimiento de grano por hectárea ($t\ ha^{-1}$) (RG); longitud y diámetro en cm de mazorca (LMz, DMz); número de hileras por mazorca (NHM); número de granos por hilera (NGH). Hubo significancia entre ambientes, entre genotipos, y en la interacción genotipo x ambiente para todas las variables. El RG de las 10 mejores líneas superó $3.4\ t\ ha^{-1}$, lo que muestra su potencial como progenitores de híbridos de crusa simple. Las cruzas 99 x 107, 107 x 206 y 106 x 180 fueron las más precoces con rendimientos de $8.432\ t\ ha^{-1}$, $8.432\ t\ ha^{-1}$ y $8.276\ t\ ha^{-1}$, respectivamente, y estadísticamente diferentes a los híbridos testigo HS-2 ($9.421\ t\ ha^{-1}$) y H-40 ($8.913\ t\ ha^{-1}$).

Palabras clave: *Zea mays*, líneas endogámicas, híbridos, germoplasma exótico, irradiación recurrente.

PER SE EVALUATION OF INBRED LINES DERIVED FROM GAMMA-IRRADIATED EXOTIC GERMPLASM

MOISÉS BUENROSTRO ROBLES, M. en C.

COLEGIO DE POSTGRADUADOS, 2016

ABSTRACT

Being a strategic crop for production as food, maize (*Zea mays* L.) stands as a staple food from the economical-social point of view. However, grain production for human consumption is limited by the difficulty of increasing the growing area. One way to increase crop productivity is through genetic improvement by means synthetic and hybrids formation with high yield potential, quality and wide adaptation. In order to determine the *per se* potential performance of exotic maize lines radiated with Co⁶⁰ and simple hybrids that were generated with them, 53 progenitor lines highly homozygous derived from 10 lines of high yield potential, six single crosses and two commercial hybrids as checks were evaluated. The evaluation was carried out in 2015 in three environments: Montecillo, Chapingo and Tecamac, State of Mexico, under an experimental design of complete randomized blocks, three repetitions with plots of two rows, 6 m long, with 80 cm between rows and 40 cm between plants. The variables measured were days to male flowering (DFM); plant and ear height in cm (AP, AM), grain yield per hectare ($t\ ha^{-1}$) (RG); ear length and ear diameter in cm (LMz, DMz); number of rows per ear (NHM); number of grains per row (NGH). There was significance for the following sources of variation: environments, genotypes, and the interaction genotype x environment for all variables. The RG of the top best lines exceeded the threshold $3.4\ t\ ha^{-1}$, which shows their potential as parents of single cross hybrids. The crosses 99 x 107, 107 x 206 and 106 x 180 were the more precocious with yields of $8.432\ t\ ha^{-1}$, $8.432\ t\ ha^{-1}$ and $8.276\ t\ ha^{-1}$, respectively, and statistically different to the hybrid checks HS-2 ($9.421\ t\ ha^{-1}$) and H-40 ($8.913\ t\ ha^{-1}$).

Keywords: *Zea mays*, inbreeding lines, hybrids, exotic germplasm, recurrent irradiation.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN GENERAL

En México, el maíz (*Zea mays L.*) destaca por ser el alimento básico más importante desde el punto de vista económico-social. La gran relevancia de esta especie cultivada, radica principalmente en la producción de grano para consumo humano (SAGARPA, 2013). En México se producen 22 millones 168 mil toneladas de maíz, con una superficie cultivada de 8.5 millones de hectáreas, constituye un elemento básico en la dieta de los mexicanos. Sin embargo, la alta tasa de crecimiento demográfico (1.2 % anual), la dificultad de incrementar el área cultivada y las elevadas importaciones (9 millones 515 mil toneladas anuales), ponen de manifiesto la necesidad que existe de incrementar el rendimiento para satisfacer la demanda presente y futura. De ahí que el aumento en rendimiento de grano sea el objetivo principal en el mejoramiento de este cultivo (SAGARPA, 2013).

México es el mercado más grande de maíz en el mundo, representa el 11% del consumo mundial. Cada mexicano consume, en promedio 208 kg de maíz anualmente, cifra muy superior al promedio mundial (16.8 kg per cápita). Ante este panorama mundial, la demanda de grano exige que las tecnologías y sobre todo los cultivos sean más productivos. En este sentido, el mejoramiento genético de maíz resulta fundamental a fin de poder formar variedades, híbridos y sintéticos de elevado potencial de rendimiento y de amplia adaptación. En el transcurso de más de 50 años de investigación continua, los enfoques y las metodologías de investigación utilizados por programas de mejoramiento genético se han adecuado a través del tiempo y han permitido obtener ganancias en rendimiento e incorporar características agronómicas y arquetipos en híbridos, variedades, sintéticos y líneas progenitoras (Sierra *et al.*, 2005). Cuando las variedades se evalúan en diversos ambientes, los esfuerzos se enfocan para combinar rendimiento y

estabilidad del comportamiento como un criterio de selección, con el propósito de hacer más completo y preciso el proceso de selección (Kang, 1993).

OBJETIVOS

- Evaluar el rendimiento y sus componentes de líneas *per se* de maíz derivadas de germoplasma tropical exótico seleccionado e irradiado con Co⁶⁰ en Valles Altos.
- Evaluar el comportamiento de híbridos de maíz de cruza simples derivados de germoplasma exótico en tres ambientes de Valles Altos.
- Identificar germoplasma base, de maíz; sobresaliente como líneas o cruza con potencial en la formación de híbridos o variedades sintéticas.

HIPÓTESIS

El comportamiento *per se* para rendimiento de grano de las líneas y de los híbridos será diferente entre ellos y a través de ambientes, lo que dará la oportunidad de seleccionar los mejores materiales para recomendar su uso en programas de mejoramiento genético de maíz en Valles Altos.

REVISIÓN DE LITERATURA

Comportamiento *per se* de líneas

Frecuentemente las líneas endogámicas de maíz enfrentan problemas para aprovechar ambientes favorables y para prosperar en ambientes desfavorables (Navarro, 1993). Con esquemas de mejoramiento eficientes de selección recurrente y/o reciclaje de líneas, con objetivos definidos sobre el tipo de materiales que deben generarse, es posible lograr híbridos simples y trilineales de buen rendimiento y estabilidad, con la ventaja, de que en los híbridos trilineales; puede participar como progenitor femenino, el híbrido simple más sobresaliente en una región (Sierra et al., 1993).

Espinosa *et al.* (1998), de un estudio sobre la estabilidad y comportamiento de líneas *per se* y sus cruzas simples, mencionan que los progenitores de cualquier híbrido deben ser líneas vigorosas, de buen rendimiento y características agronómicas que favorezcan su empleo en la formación de híbridos y la multiplicación de semilla comercial. En su evaluación Espinosa *et al.* (1998) encontraron que las líneas STDC2-HC43 y TTC43 de buen rendimiento *per se* fueron clasificadas como estables y generan híbridos también estables.

Melchinger (1997), reporta incrementos en el rendimiento a medida que la divergencia es mayor, sin embargo; apunta que es importante considerar la adaptación de los progenitores a los ambientes destino.

En la formación de híbridos deberán considerarse tres aspectos: a) adaptabilidad de los híbridos para su uso comercial, b) adaptabilidad y rendimiento de líneas progenitoras de híbridos y c) tecnología de producción mediante la cual expresen al máximo su potencial genético como grano para el caso de los híbridos, y como semilla para el caso de líneas o cruzas progenitoras, de manera que por un lado se explote el efecto heterótico, definido por la divergencia genética y

por la factibilidad real de uso al poder contar con semilla suficiente. La evaluación de líneas permite seleccionar aquellas con buen rendimiento *per se*, adicional a la selección para ACG y ACE (Sierra *et al.*, 1992). Vasal *et al.* (1997) mencionan que en un programa orientado al desarrollo de híbridos, la identificación de buenos progenitores es igualmente importante a la creación de híbridos superiores. Es necesario no solo enfatizar en la aptitud combinatoria de las líneas, sino también el comportamiento de líneas endogámicas *per se*, especialmente en su capacidad para producir buena cantidad y calidad de semilla.

Los esquemas de selección en las poblaciones base son importantes para el mejoramiento de líneas, y son aquellos que permitan obtener progenitores superiores. Otra forma de desarrollar progenitores endogámicos nuevos y superiores es el reciclado de buenas líneas con el método de pedigrí. Para desarrollar nuevos progenitores endogámicos, la hibridación y el reciclado deberán hacerse de preferencia dentro del mismo grupo heterótico. En los estados Unidos y en otros países, el comportamiento de líneas endogámicas ha mejorado sustancialmente, haciendo comercialmente factible la siembra de híbridos simples (Vasal y Córdova, 1996).

González *et al.* (1990), de un estudio sobre rendimiento *per se* y de la ACG de líneas de maíz en la predicción de cruza simples de alto rendimiento, concluyeron que hubo una correlación positiva y altamente significativa entre el rendimiento *per se* de líneas y el de sus mestizos (0.68), el rendimiento de las cruza simples y el de su progenitor medio (0.76), el rendimiento de las cruza simples y la ACG media de sus líneas (0.76); la prueba *per se* de las líneas fue tan eficiente como la de los mestizos para evaluar ACG de las líneas, teniendo además mayor poder discriminatorio; las líneas de alto rendimiento *per se* fueron a la vez de alta ACG y dieron lugar a híbridos de cruza simple de alto rendimiento.

Rowings y Thompson (1962), en sus estudios sobre el efecto de las frecuencias génicas de un probador para ACG en maíz, concluyeron que un buen probador debería ser uno que clasifique correctamente el comportamiento relativo de las líneas y que discrimine eficientemente las líneas bajo prueba.

Desarrollo de líneas endogámicas

La selección del pedigrí es el método de mejoramiento más usado para el desarrollo de líneas endogámicas (Bauman, 1981 y Hallauer, 1990); consiste en realizar autofecundaciones de plantas individuales seleccionadas durante varias generaciones. El número de generaciones de autofecundación requeridas para el desarrollo de líneas puras es de cuatro a diez generaciones (Hallauer, 1990).

Bauman (1981) señaló que el desarrollo de líneas endogámicas superiores que pueden llevar a combinaciones híbridas productivas, implica interacciones genéticas y ambientales muy complejas, y también requiere insumos de recursos muy valiosos por un largo período; sugirió también algunas normas que los fitomejoradores deberían considerar en la planificación y ejecución de sus trabajos. Los fitomejoradores de maíz deberían considerar; (1) establecer objetivos realistas; (2) iniciar sus trabajos con el germoplasma adecuado; (3) usar un número adecuado y manejable de accesiones; (4) hacer buenas selecciones y descartar el resto; (5) obtener un buen resultado de las pruebas de rendimiento y usarlos efectivamente.

La heterosis entre un grupo de cruzas de líneas endogámicas es el producto del comportamiento *per se* de esas líneas y de su aptitud combinatoria general y específica en las combinaciones híbridas, sin embargo, el comportamiento *per se* de las líneas endogámicas y sus caracteres no están estrechamente relacionados con su comportamiento en las combinaciones híbridas (Hallauer, 1990).

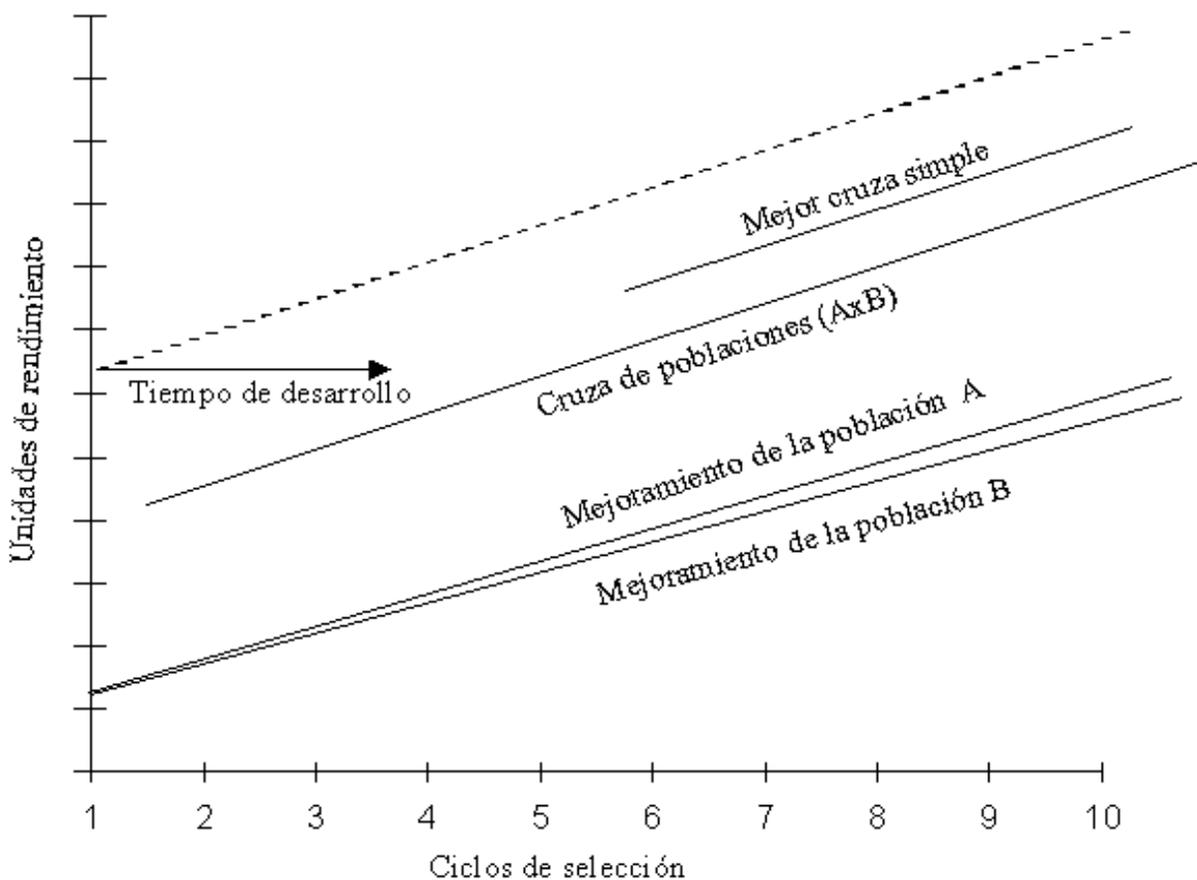
Híbridos simples

El desarrollo del maíz híbrido es una de las más productivas innovaciones en el ámbito del fitomejoramiento. Esto ha dado lugar a que el maíz haya sido el principal cultivo alimenticio a ser sometido a transformaciones tecnológicas en su productividad. El uso de la hibridación para el desarrollo de híbridos fue iniciado por Beal (1880); sembró dos variedades en surcos adyacentes, una de las cuales fue elegida como progenitor femenino y por lo tanto, fue despanojada, mientras que la otra variedad sirvió como polinizadora masculina; este híbrido, entre variedades rindió más que las variedades parentales de polinización abierta. Por su parte, Shull (1908) llevó a cabo el método de mejoramiento genético basado en líneas puras para obtener híbridos de cruce simple, sin embargo, no fue exitoso por los altos costos de producción.

Para el desarrollo de un programa de obtención de híbridos se requiere un mínimo de dos poblaciones. Eberhart *et al.* (1995) mencionan que cuando los recursos humanos y financieros son limitados, es más prudente trabajar solo con dos poblaciones superiores que muestren alta heterosis en vez de tratar de manejar varias poblaciones. Las poblaciones deberán tener la capacidad de tolerar el estrés de la endogamia, producir una alta cantidad de líneas puras vigorosas, estables y de alto rendimiento; además de tener buena habilidad combinatoria y caracteres agronómicos deseables. Hallauer (1990) menciona que las poblaciones deben ser continuamente mejoradas para aumentar la oportunidad de seleccionar alelos que favorezcan la expresión de la heterosis.

Las cruces simples tienen la ventaja de un rendimiento elevado, uniformidad y de alcanzar la madurez al mismo tiempo; sin embargo, su costo de producción es elevado. Los híbridos dobles o trilineales tienen menores ventajas respecto a la heterosis y al incremento de los rendimientos, sin embargo; es más fácil producir los progenitores parentales y la depresión en los rendimientos causada por el uso de la semilla F₂ será menor que en los híbridos simples (López 1996).

FIGURA 1. Mejoramiento esperado de las poblaciones, de la cruce de poblaciones y la mejor cruce simple.



(Fuente: Eberhart *et al.*, 1995).

Aptitud combinatoria general y específica

Para elegir a los progenitores que serán base de un programa de mejoramiento genético se usan dos métodos: a) el comportamiento *per se* y b) el comportamiento de las cruces en que

intervienen, lo que se conoce como aptitud combinatoria (Reyes, 1985). Por su parte, Sprague y Tatum (1942), introdujeron los conceptos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) de la siguiente manera; ACG es el comportamiento promedio de una línea en la formación de híbridos y ACE se usa para designar aquellas combinaciones que se comportan mucho mejor o mucho peor que lo esperado en virtud del comportamiento de los progenitores.

Vergara *et al.* (1998), evaluaron cruzas simples entre líneas con mazorca larga y mazorca gruesa. La línea Pob 21* Pob 43 registro el valor más alto de ACG (0.58) dentro de las líneas con mazorca larga, mientras que en el grupo de las líneas de mazorca gruesa, el valor más alto de ACG (0.48 t ha⁻¹) fue para la línea (Pob 25).

Cokerman, Kambal y Webster (1997) y Reyes (1985) indican que la ACG se relaciona con efectos aditivos de los genes y la ACE con desviaciones de aditividad. Las estimaciones de ACE y ACG son relativas y dependen del grupo particular de las líneas endogámicas incluidas en los híbridos bajo evaluación lo cual es un principio frecuentemente olvidado (Hallauer y Miranda, 1981).

Preciado *et al.* (1997), reportaron para híbridos de maíz precoces subtropicales que los efectos de aptitud combinatoria general y específica mostraron significancia para las variables rendimiento de grano, días a floración femenina y periodo de llenado de grano. Encontraron variación suficiente para seleccionar genotipos con periodos vegetativos más cortos y periodos de llenado de grano más largo. En este sentido, los efectos ACG y ACE para llenado de grano constituyen un criterio importante en la selección de progenitores de híbridos precoces.

Kim y Ajalá (1996), en un estudio para estimar aptitud combinatoria de maíces tropicales encontraron que una mezcla del caribe cruzado con la población 21 (Tuxpeño) registro los máximos rendimientos.

BIBLIOGRAFÍA

- Bauman, L.F (1981)** Review of methods used by breeders to develop superior corn inbreds. In Proc. 36th Ann. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf., p. 199-208. Chicago, IL, USA, ASTA.
- Beal, W.J (1880)** Indian corn. Mich. State Board Agr. Ann. Rpt., 19: 279-289.
- Eberhart, S.A., Salhuana, W., Sevilla, R. & Taba, S.** 1995. Principles for tropical maize breeding. *Maydica*, 40: 339-355.
- Espinosa, C. A.; J.C. Ortiz; A.F. Ramírez; N.M. Gómez; A.G. Martínez (1998)**
Estabilidad y comportamiento de líneas *per se* y cruzas de maíz en la producción de semilla. ed. Agricultura Técnica en México. p 27-36.
- García, E (1981)** Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen 3a ed.
Revista: Agricultura Técnica en México. 252 p.
- González, G.C.; J.D. Molina; A.G. Martínez (1990)** Implicación del rendimiento *per se* y de la ACG de líneas autofecundadas de maíz (*Zea mays L.*) en la predicción de cruzas simples de alto rendimiento. *Agrociencia*. 48(4): 29-42.
- Hallauer, A.R.** 1990. Germplasm sources and breeding strategies for line development in the 1990s. In Proc. 45th Ann. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf., p. 64-79. Chicago, IL, USA, ASTA.
- Hallauer, A.R.; J.B. Miranda (1981)** Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University press. Ames, Iowa. p 337-369
- Kang, M.S. (1993)** Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences to growers. ed. *Agron.* p 754-757.
- Melchinger, A.E. (1997)** Genetic Diversity and Heterosis. In: book of abstracts The

- Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. An International Symposium. Mexico.
54 p.
- Navarro, G.E.; F.E. Borrego (1993)** Efectos génicos y heterosis en poblaciones parentales y poblaciones derivadas de maíz (*Zea mays L.*). ed. Agronomía Mesoamericana. p 7-10.
- Preciado, E.A.; H. Córdova; H. Mickelson; R. López (1997)** Respuestas correlacionadas para el rendimiento en la selección de híbridos de maíces precoces subtropicales. ed. Agronomía Mesoamericana. p 35-43.
- Reyes, C.P. (1985)** Fitogenética básica y aplicada.
ed. S.A. México. 460 p.
- Rowings, J.O.; D.L. Thompson (1962)** Performance level as criterion for the choice of maize testers. Crop sci. p 217-220.
- Shull, G.H (1908)** The composition of a field of maize. Am. Breed. Assoc. Rep., 4: 296-301.
- Sierra, M.M.; F.A. Rodríguez; R.E. Preciado; R.A. Castillo; J.C. Ortiz; F.S. Márquez; O.H. Tosquy (1993)** H-512, híbrido de maíz de cruza doble para el trópico húmedo de México, Veracruz, Ver. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo experimental Cotaxtla. (Folleto Técnico Núm. 3). 16 p.
- SAGARPA. (2013)** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. (En línea). Disponible en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.
- Sierra, M.M.; F.A. Rodríguez; R.A. Castillo; F.S. Márquez (1992)** La aplicación de los

parámetros de estabilidad en el mejoramiento del maíz de la región sur de México. En: Memorias de Simposio de Interacción Genotipo-Ambiente en Geotecnia Vegetal. Guadalajara, Jal. p 239-260.

Vasal, S.K.; H.O. Córdova (1996) Heterosis en maíz: acelerando la tecnología de híbridos de dos progenitores para el mundo en desarrollo. En: Memorias del curso Internacional de Actualización en Fitomejoramiento y Agricultura Sustentable. Buenavista Saltillo, Coach. p 32-54.

Vasal, S.K.; F.S. San Vicente; K.M. Ramanujan; M. Barrandarían; A. Ramírez; G. Ávila (1997) Necesidad y beneficios de lotes de evaluación de líneas para diversos propósitos en el mejoramiento genético de maíz. En: Síntesis de resultados experimentales 1993-1995 del Programa Regional de maíz para Centroamérica y el Caribe (PRM). p 50-55.

Vergara, N.S.; S.K. Pandey; S.M. Vasal; S. Rodríguez (1998) Comportamiento de híbridos de maíz y aptitud combinatoria de líneas con caracteres contrastantes. ed. Agronomía Mesoamericana. 97-104 p.

Rowe, P.R.; R.H. Andrew (1964) Phenotypic stability for a systematic series of corn genotypes. Crop. Sci. 562-567 p.

CAPÍTULO II

RENDIMIENTO DE LÍNEAS DE MAÍZ EXÓTICO IRRADIADO CON RAYOS GAMMA Y DE HÍBRIDOS DE CRUZA SIMPLE

YIELD OF EXOTIC MAIZE LINES IRRADIATED WITH GAMMA RAYS AND SINGLE CROSS HYBRIDS

**Moisés Buenrostro-Robles ¹, Ricardo Lobato-Ortiz ^{1*}, J. Jesús García-Zavala¹, Carlos
Sánchez-Abarca²**

¹Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México. ²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carr. México-Texcoco. 56230. Chapingo, Estado de México.

*Autor para correspondencia (rlobato@colpos.mx)

RESUMEN

La generación de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) de alto rendimiento para Valles Altos es necesaria ante la creciente demanda de grano, en el mejoramiento genético esta actividad tiene un atractivo más cuando las líneas progenitoras provienen de germoplasma exótico. Con el objetivo de determinar el rendimiento potencial *per se* de líneas de maíz exótico irradiado con Co^{60} y de híbridos simples que se generaron con ellas, se evaluaron 53 líneas progenitoras derivadas de 10 líneas de alto potencial de rendimiento altamente homocigóticas, seis cruzas simples y dos híbridos comerciales como testigos. La evaluación se realizó en 2015 en tres ambientes: Montecillo, Chapingo y Tecámac, Estado de México, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, tres repeticiones con parcelas de dos surcos, 6 m de largo, con 80 cm entre surcos y 40 cm entre plantas. Se midió días a floración masculina (DFM); altura en cm de planta y mazorca (AP, AM); rendimiento de grano por hectárea ($t\ ha^{-1}$) (RG); longitud y diámetro en cm de mazorca (LMz, DMz); número de hileras por mazorca (NHM); número de granos por hilera (NGH). Hubo significancia entre ambientes, entre genotipos, y en la interacción genotipo x ambiente para todas las variables. El RG de las 10 mejores líneas superó $3.4\ t\ ha^{-1}$, lo que muestra su potencial como progenitores de híbridos de cruza simple. Las cruzas 99 x 107, 107 x 206 y 106 x 180 fueron las más precoces con rendimientos de $8.432\ t\ ha^{-1}$, $8.432\ t\ ha^{-1}$ y $8.276\ t\ ha^{-1}$, respectivamente, y estadísticamente diferentes a los híbridos testigo HS-2 ($9.421\ t\ ha^{-1}$) y H-40 ($8.913\ t\ ha^{-1}$).

Las líneas más productivas podrían representar una ventaja en la producción de semilla híbrida de menor costo de aquellas cruzas simples de alto potencial productivo.

Palabras clave: *Zea mays*, híbridos, germoplasma exótico, irradiación recurrente.

SUMMARY

The generation of high performance corn hybrids (*Zea mays* L.) for High Valleys is required to face the growing demand for grain. In the genetic improvement, this activity has an additional attraction when the parental lines come from exotic germplasm. In order to determine the potential performance *per se* of exotic maize lines radiated with Co⁶⁰ and simple hybrids that were generated with them, 53 progenitor lines highly homozygous derived from 10 lines of high yield potential, six single crosses and two commercial hybrids as checks were evaluated. The evaluation was carried out by 2015 in three environments: Montecillo, Chapingo y Tecamac, State of Mexico, under an experimental design of complete randomized blocks, three repetitions with plots of two rows, 6 m long, with 80 cm between rows and 40 cm between plants. The variables measured were days to male flowering (DFM); plant and ear height in cm (AP, AM), grain yield per hectare (t ha^{-1}) (RG); ear length and ear diameter in cm (LMz, DMz); number of rows per ear (NHM); number of grains per row (NGH). There was significance for the following sources of variation: environments, genotypes, and the interaction genotype x environment for all variables. The RG of the top best lines exceeded the threshold 3.4 t ha^{-1} , which shows their potential as parents of single cross hybrids. The crosses 99 x 107, 107 x 206 and 106 x 180 were the more precocious with yields of 8.432 t ha^{-1} , 8.432 t ha^{-1} and 8.276 t ha^{-1} , respectively, and statistically different to the hybrid checks HS-2 (9.421 t ha^{-1}) and H-40 (8.913 t ha^{-1}).

The most productive lines could represent an advantage in the production of hybrid seed of lower cost of those simple crosses of high productive potential.

Key words: *Zea mays*, hybrids, exotic germplasm, recurrent irradiation.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) se ha convertido en el cultivo más importante del mundo por el volumen de su producción y por ser la fuente de alimentación de millones de humanos, de animales, y de materias primas para la industria, por lo cual su mejoramiento genético es muy importante. Pero la preferencia de los fitomejoradores a determinados grupos de germoplasma élite ha conducido a un estancamiento en los avances y alcances de los programas existentes de mejoramiento genético del maíz (Hallauer, 1994). Así, frecuentemente los programas de mejoramiento genético para formar nuevas variedades mejoradas usan un número restringido de germoplasma localmente adaptado y disponible dentro de las regiones productoras de maíz, como son la Templada, Tropical, Subtropical, y la de los Valles Altos (Goodman, 1992 y Hallauer, 1992).

Los programas de mejoramiento genético dedicados a la formación de híbridos y variedades comerciales de maíz requieren generar nuevas líneas con alto potencial de rendimiento, buen comportamiento agronómico y buena aptitud combinatoria. Se ha encontrado que las líneas que reúnen estas características presentan resultados satisfactorios en combinaciones híbridas (Fan *et al.*, 2003). Al respecto, Arellano *et al.* (2011) además mencionan que es factible, en función del potencial genético del híbrido, la utilización de genotipos que mantengan un comportamiento estable en diferentes localidades y años, además de un rendimiento alto.

El elevado costo de la semilla de híbridos de cruce simple de líneas endogámicas de bajo rendimiento *per se* ha limitado su producción comercial en México (Luna *et al.*, 2012), por lo que en su lugar se usan híbridos de cruce trilineal o doble. En el caso de los Estados Unidos de América se usan híbridos de cruce simple en la producción comercial de maíz porque allá sí se

dispone de líneas autofecundadas con alto potencial de rendimiento *per se* (Hallauer *et al.*, 1988).

Debido a que en los Valles Altos de México se usan principalmente variedades de maíz de las razas Chalqueño y Cónico, para ampliar la diversidad genética del maíz en la región y aumentar su productividad, en el Colegio de Postgraduados se inició un programa de mejoramiento genético de selección recurrente con autofecundación e irradiación de germoplasma tropical exótico (Cervantes *et al.*, 2001). La finalidad de tal proyecto fue la identificación de germoplasma exótico con nuevos alelos favorables carentes en las poblaciones locales, para usarlo *per se* o para transferir sus alelos y aprovecharlos en líneas de maíz y en los híbridos generados. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento potencial de líneas *per se* derivadas de germoplasma tropical exótico seleccionado e irradiado en Valles Altos y de algunos de sus híbridos de cruce simple y compararlo con el de híbridos comerciales para riego. Se planteó la hipótesis de que el comportamiento *per se* promedio para rendimiento de grano de las líneas y de los híbridos será diferente entre ellos y a través de ambientes, lo que dará la oportunidad de seleccionar los mejores materiales para recomendar su uso en programas de mejoramiento genético del maíz en Valles Altos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales genéticos de este trabajo consistieron de 53 líneas progenitoras derivadas de 10 líneas de maíz de alto potencial de rendimiento altamente homocigóticas, seis cruces simples y de los híbridos comerciales HS-2 y H-40 usados como testigos. Las 10 líneas de alto rendimiento de las que se derivaron las 53 líneas de este trabajo fueron generadas a partir de poblaciones de maíces tropicales adaptadas a valles altos sembradas en densidades de 200 000

plantas ha^{-1} , y estas poblaciones se formaron previamente mediante cruces intervarietales de compuestos de razas tropicales de maíz. Para obtener líneas altamente productivas (Pérez-López *et al.*, 2014) y con un alto coeficiente de endogamia (0.996), esta metodología se repitió por ocho ciclos; además se aplicó irradiación gama recurrente de Cobalto 60 entre cada ciclo de selección para generar mutaciones favorables en las plantas (Cruz *et al.*, 2010). Con el propósito de mostrar la base genética de las 53 líneas evaluadas, en el Cuadro 1 se presenta la genealogía de sus 10 líneas progenitoras.

La evaluación de los 61 materiales se realizó en el ciclo primavera-verano 2015 en tres ambientes: Montecillo y Chapingo, Estado de México, donde prevalece un clima tipo Cw (i) B/2 (a') templado con lluvias en verano; precipitación media anual de 655.6 mm; temperatura media anual de 16.3 °C, y Tecámac con un clima del tipo Cw (i) B/2 (a') templado, semiseco con lluvias en verano; precipitación media anual de 636 mm y temperatura media anual es de 16.4°C. Las tres localidades se ubican a una altitud de más de 2200 m, propia de los Valles Altos de México.

Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, donde la parcela experimental fueron dos surcos de 6 m de largo y 80 cm de ancho con 32 matas de dos plantas sembradas cada 40 cm, equivalente a una densidad de 62 500 plantas ha^{-1} . La siembra se realizó de manera manual usando pala en Montecillo (29/abril/2015), Chapingo (20/mayo/2015) y Tecámac (27/mayo/2015). Esta se realizó en suelo seco y se regó inmediatamente después de sembrar, después aplicaron riegos de auxilio suficientes hasta el establecimiento de las lluvias. La fertilización se hizo con 120 kg N y 80 kg P_2O_5 ha^{-1} , aplicando todo el P_2O_5 y la mitad del N en la siembra y el resto del N al realizar la primera de dos escardas (30 días después de la

siembra, dds). Para el control de maleza se aplicó Gesaprim Calibre 90 GDA[®], (3 L ha⁻¹) a los 15 dds.

Las variables evaluadas fueron: rendimiento de grano (RG), el cual se estimó con el peso de las mazorcas y plantas cosechadas por unidad experimental, cuyo contenido de humedad del grano fue ajustado a 12 %, multiplicado por el índice de desgrane y transformado a rendimiento por hectárea; días a floración masculina (DFM); altura de planta (AP, cm) y altura de mazorca (AM, cm). En una muestra de cinco mazorcas por unidad experimental y en cada ambiente también se registraron las siguientes variables: longitud de mazorca (LMz, cm), diámetro de mazorca (DMz, cm) tomado en la parte media de la misma; número de hileras por mazorca (NHM), y número de granos promedio por hilera (NGH).

Cuadro 1. Genealogía de 10 líneas de maíz de alto rendimiento altamente homocigóticas progenitoras de las 53 líneas evaluadas en este trabajo.

Línea Progenitora	Genealogía	Línea derivada	Número
1	[[Reventador (Sin. 60) X Olotón (Chis. 284)]] F18-61-5-4-2-1U	5, 14	2
2	[[Chapalote (Sin.2) X Tuxpeño (Oax. 9)]]F25-62-7-1-3-2U	38, 50, 56, 57, 60,	5
3	†RTM - Comp. 1B (0.5-1.0)-5-2-3-16#-63-2-3-4-1U	99	1
4	¶CRT 15R1M1-20R4M1-15R1M1-11R1M11 14R1M2-18R1M1-25R1M11-2744-61-24#-64-8-2-3-1U	105, 106, 107, 108, 109, 110, 139, 142, 144, 160	10
5	[[Reventador (Sin. 60) X Vandeño (Chis. 80)]]F18-65-9-1-4-3U	180, 182, 183, 184, 188, 192, 198, 199, 204, 205, 206, 213,	12
6	RTM - Comp. 1B (0.5-1.0)-1-1-3-17#-66-10-2-2-1U	220, 222, 224, 225, 226, 228, 229, 230, 231, 237, 238, 243, 245, 246, 250, 251, 252	17
7	[[Tuxpeño (Oax. 9) X Olotillo (Chis. 114)]]F25-67-4-2-1-1U	259, 260, 263, 274	4
8	[[Blandito (Sin. 61) X Pepitilla (Mor. 102)]]F25-68-6-2-3-2U	297, 304	2
9	RTM - Comp. 1B (0.5-1.0)-5-3-3-24#		
10	RTM - Comp. 1A (0.5-1.0)-7-2-3-19#		

†RTM: razas tropicales de maíz; ¶CRT: compuesto de razas tropicales.

Se realizaron análisis de varianza por ambiente y uno combinado de los datos donde la fuente de variación Genotipos se partió en Líneas, Cruzas, Testigos, y Grupos de Materiales; también se hizo una prueba de comparación de medias (Tukey, 0.05) para cada una de las variables; ambos procedimientos se hicieron mediante el paquete SAS versión 9.3 (SAS Institute, 2002). El modelo estadístico para el análisis de varianza combinado fue: $Y_{ijkl} = \mu + A_k + R_{l(k)} + G_i + AG_{ik} + \epsilon_{ijkl}$, donde, Y_{ijkl} = valor del j-ésimo genotipo al ser evaluado en el k-ésimo ambiente en la l-ésima repetición; μ = media general; A_k = efecto atribuido al k-ésimo ambiente; $R_{l(k)}$ = efecto de repetición anidada en el k-ésimo ambiente; G_i = efecto del genotipo; AG_{ik} = efecto de interacción genotipo x ambiente; y ϵ_{ijkl} = efecto aleatorio atribuido al error experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza combinado de ambientes (Cuadro 2), detectó significancia ($P \leq 0.01$) entre ambientes, entre genotipos y en la partición entre líneas, entre cruzas, entre testigos, y entre grupos de materiales para todas las variables, excepto DFM y NHM. La interacción genotipo x ambiente también resultó altamente significativa para todas las variables. Los coeficientes de variación resultaron bajos, de 0.3 a 3.0 %, lo que indica que se tuvo un buen control de la variabilidad experimental y que los datos son confiables.

La significancia entre ambientes indica que las condiciones climáticas y agroecológicas variaron de una localidad a otra aun en el mismo año de cultivo, lo que se reflejó en la diferente expresión promedio de las variables en cada ambiente. En especial se presentaron granizadas en Montecillo que dañaron a las plantas durante su crecimiento y también ocurrieron ataques de

pájaro que mermaron el rendimiento, aparte de las diferencias en precipitaciones y temperaturas entre las localidades. Tales condiciones meteorológicas afectaron la expresión de los genotipos para las variables evaluadas de una localidad a otra.

La significancia entre genotipos evidencia que los materiales experimentales tuvieron diferente expresión genotípica y fenotípica, debido a las diferencias genéticas intrínsecas entre los genotipos, los cuales provienen de diferentes orígenes geográficos y raciales; por la misma razón, la partición de genotipos también resultó significativa para todas las variables en los grupos de materiales de interés de este trabajo.

Por otro lado, la interacción genotipo x ambiente significativa indica que los materiales interaccionaron con los ambientes debido a su respuesta diferencial a los efectos ambientales, esto como resultado de su diferente constitución genética y expresión fenotípica. Los efectos adversos del clima por daños de granizadas antes de la floración, los daños por pájaros y las diferencias en precipitación y suelo entre localidades fueron los que principalmente causaron la interacción genético-ambiental.

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para rendimiento de grano y sus componentes en 61 genotipos de maíz evaluados en tres ambientes. Ciclo agrícola Primavera-Verano, 2015.

FV	GL	RG	DFM	DFE	AP	AM	LMz	DMz	NHM	NGH
AMB	2	10885537 **	621 **	751 **	97923.10 **	45327 **	335.41 **	37.40 **	996 **	1451 **
REP(AMB)	6	3080 ns	1.17 ns	0.83 ns	4.33 ns	4 ns	0.03 ns	0.15 ns	2.40 *	6 ns
GEN	60	42199257 **	52.40 **	55 **	5737 **	2103.50 **	462 **	38.50 **	281.40 **	3638.40 **
LIN	52	8399668 **	43.50 **	44.50 **	4392.50 **	1584 **	283 **	25 **	158 **	2321.30 **
CRUZ	5	5390557 **	5 **	5.10 *	1141 **	1253.10 **	68 **	2 **	24.50 **	487.50 **
TEST	1	1160470.30 *	0.22 ns	3 ns	365 *	430.22 *	7 **	6 *	0.22 ns	1105 **
GRUP	2	1033529728 **	429 **	465.50 **	54868.10 **	18574.40 **	6328 **	509.01 **	4283.20 **	47030 **
AMB*GEN	120	1596594 **	24 **	26.20 **	624.02 **	397.10 **	86.30 **	4 **	40.20 **	462 **
error	360	3343	0.67	0.75	9.62	7.54	0.05	0.10	0.10	4.00
CV (%)		1.84	1.08	1.13	1.70	3	0.33	1.60	1.50	2.00

**= altamente significativo con $\alpha \leq 0.01$, * Significativo con $\alpha \leq 0.05$, ns = no significativo; FV = fuente de variación; GL = grados de libertad; CV = coeficiente de variación; RG = rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$); DFM = días a floración masculina; AP = altura de planta; AM = altura de mazorca; LMz = longitud de mazorca (cm); DMz = diámetro de mazorca (cm); NHM = número de hileras por mazorca; NGH = número de granos por hilera.

La comparación de medias por ambiente indica que los mejores genotipos en rendimiento de grano fue mayor ($P \leq 0.05$) en Chapingo con $8.420\ t\ ha^{-1}$, $8.392\ t\ ha^{-1}$ y $8.318\ t\ ha^{-1}$, para los genotipos 106 x 180, 105 x 194 y 107 x 206, respectivamente, Montecillo con $9.705\ t\ ha^{-1}$, $8.966\ t\ ha^{-1}$ y $8.658\ t\ ha^{-1}$, para los genotipos 99 x 107, 106 x 180 y 107 x 206, respectivamente, y Tecámac con $8.281\ t\ ha^{-1}$, $7.512\ t\ ha^{-1}$ y $7.495\ t\ ha^{-1}$, para los genotipos 107 x 206, 109 x 205 y 105 x 194; lo cual señala que dentro de los tres genotipos con los mejores rendimientos para cada ambiente destaca el genotipo 107 x 206 con un promedio superior a las $8.2\ t\ ha^{-1}$ para los tres ambientes; representa una buena alternativa de uso para siembras comerciales de valles altos, por rendimiento y precocidad (72 días a floración) (datos no presentados). Los componentes del rendimiento resultaron estadísticamente diferentes entre los ambientes, siendo los mejores RG,

LMz, DMz y NHMz en Chapingo (Cuadro 3). Estos resultados se debieron a que en Chapingo las condiciones ambientales fueron las más favorables para el desarrollo del cultivo del maíz, lo cual favoreció que los materiales genéticos 106 x 180, 105 x 194 y 107 x 206 presentaran en promedio la mejor expresión en las variables RG, LMz y DMz; con un rendimiento de 8.420 t ha⁻¹, 8.392 t ha⁻¹ y 8.318 t ha⁻¹, respectivamente (datos no presentados). En contraste, en Montecillo el daño de pájaros y la caída de granizo poco antes de la floración afectaron el rendimiento de grano, por lo que este resultó menor que en Chapingo; sin embargo, por ser Montecillo el ambiente donde se formaron los genotipos, en esta localidad se obtuvieron las mayores expresiones ($P \leq 0.05$) para todas las demás variables. Al respecto, De Brito *et al.* (2011) indican que daños severos del área foliar en plantas de maíz comprometen su productividad. En Tecámac, por otro lado, al ser un ambiente más restrictivo de humedad, se tuvo un menor desarrollo del cultivo, sobre todo en etapas críticas como la floración y llenado de grano donde hubo restricción de humedad, lo que influyó en el rendimiento y sus componentes de los genotipos evaluados. Estas diferencias ambientales pueden contribuir a causar diferencias en los días a floración y rendimiento de grano de los genotipos (Virgen *et al.*, 2016). Efectos similares de los factores ambientales y sus efectos sobre las plantas de maíz fueron observadas por Boomsma *et al.* (2009), Ramírez *et al.* (2010) y Gómez-Espejo *et al.* (2015) en el sentido de que un ambiente desfavorable contribuye a las diferencias entre ambientes en los días para el inicio de la floración y en el rendimiento de grano.

Cuadro 3. Comparación de medias entre tres ambientes para rendimiento de grano y sus componentes. Ciclo agrícola Primavera-Verano 2015.

Ambiente	RG	DFM	AP	AM	LMz	DMz	NHM	NGH
Montecillo	3259 b	77.30 a	205.2 a	107.50 a	66.40 b	21.30 a	65.40 a	112.10 a
Chapingo	3305.40 a	74 c	182.40 b	91 b	67.50 a	21.30 a	64.40 b	108 b
Tecámac	2861.60 c	76.10 b	159 c	76 c	665 c	20.50 b	61 c	107 c
DMS	14.20	0.20	0.80	0.70	0.05	0.10	0.24	0.50

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). RG = rendimiento de grano por hectárea ($t\ ha^{-1}$); DFM = días a floración masculina; AP = altura de planta; AM = Altura de mazorca; LMz = longitud de mazorca (cm); DMz = diámetro de mazorca (cm); NHM = número de hileras por mazorca; NGH = número de granos por hilera; DMS = Diferencia Mínima Significativa.

En los tres ambientes hubo una separación de los grupos de poblaciones (líneas, cruza y testigos) (Cuadro 4); el grupo 3, formado por los híbridos comerciales testigo, presentó en los tres ambientes el rendimiento de grano más alto, seguido por el grupo 2, formado por las mejores 6 cruza simples; la diferencia en rendimiento por hectárea fue $1.067\ t\ ha^{-1}$, $2\ t\ ha^{-1}$ y $0.551\ t\ ha^{-1}$ para Montecillo, Chapingo y Tecámac, respectivamente; se mantuvo estable el rendimiento de grano en los tres ambientes. Para el caso de las cruza simples, estas tuvieron rendimientos que van de $7.5-8.0\ t\ ha^{-1}$, Hallauer *et al.* (2010) menciona que las cruza simples presentan mayor interacción con el ambiente al ser poblaciones de condición más homogénea en comparación a los híbridos trilineales y dobles. Gómez *et al.* (2015) mencionan que los genotipos de maíz interaccionan poco con los ambientes debido a la presencia de una mayor frecuencia de genes favorables para adaptación, sin embargo, el rendimiento resulta ser la variable más afectada por los factores adversos del clima. Esto confirma el efecto del ambiente en la productividad de las cruza simples como progenitoras de híbridos de maíz (Virgen *et al.*, 2013) lo cual es útil para

determinar el sitio, fecha y como establecer un lote de producción. Ávila *et al.* (2009) observaron un efecto ambiental similar al incrementar la cruza simple hembra del híbrido H-52 en el Valle de Texcoco; cuya producción de grano fue de 9 a 10 t ha⁻¹.

En el grupo 1, formado por líneas endogámicas se obtuvo el rendimiento de grano más bajo (Cuadro 4). Esto debido a que están formadas entre cinco y siete autofecundaciones por lo que alelos con efectos deletéreos podrían estar en condición homocigótica y causar depresión endogámica afectando la expresión para algunos caracteres que influyen en el rendimiento de grano.

El largo y diámetro de mazorca de los grupos 2 y 3 en los tres ambientes fueron similares, caso contrario con el número de hileras por mazorca y número de granos por hilera, en donde el grupo 3 tiene una marcada diferencia superior con respecto al grupo 2 y este que el grupo 1. Esto explica el rendimiento de grano más alto del grupo 3 ya que de acuerdo con Andrade *et al.* (1996) el número de granos por mazorca es un componente importante del rendimiento. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Espinosa *et al.* (2012), quienes detectaron diferencias en la longitud de la mazorca y los granos por mazorca. En el sentido de que los materiales evaluados presentaron una disminución en estas variables y por tanto su rendimiento en grano se vio afectado.

Cuadro 4. Promedios del rendimiento de grano y sus componentes por grupo de materiales genéticos dentro de cada ambiente. Ciclo agrícola Primavera-Verano 2015.

Ambiente	Gpo	RG	DFM	AP	AM	LMz	DMz	NHM	NGH
Montecillo	1	2533.50 c	78 b	198.30 b	104.60 b	64.50 b	20.70 c	64.60 b	107.30 c
Montecillo	2	7796.60 b	72 c	249.50 a	123.30 a	78.10 a	24 b	66 b	138.30 b
Montecillo	3	8863.60 a	81.50 a	253.70 a	135 a	80.70 a	26.80 a	83.60 a	161.30 a
	DMS	1042.00	3.40	24.80	14.80	5.90	1.40	5.00	15.80
Chapingo	1	2491.30 c	74 b	177.40 b	87.30 b	65.70 b	20.80 c	63.70 b	102.90 c
Chapingo	2	8039.10 b	70.70 c	217 a	117.20 a	80 a	23.30 b	63.40 b	134.30 b
Chapingo	3	10677.30 a	80.30 a	212 a	105.30 a	79.20 a	26.40 a	86.70 a	156.70 a
	DMS	1066.00	2.80	20.00	14.80	6.40	2.00	4.60	17.20
Tecámac	1	2154.20 b	76 b	154.30 b	73 b	62.90 b	20 c	60 b	102.30 c
Tecámac	2	7410.10 a	76.30 b	184.20 a	98 a	76.50 a	23.30 b	61.80 b	127.60 b
Tecámac	3	7962 a	80.10 a	204.3 a	95.70 a	80.80 a	26.50 a	84.70 a	168.20 a
	DMS	913.10	2.20	21.10	14.80	6.75	1.70	4.30	17.75

Medias con letras iguales dentro de columnas para cada ambiente no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Gpo 1 = líneas; Gpo 2 = cruzas; Gpo 3 = testigos; RG = rendimiento de grano por hectárea ($t\ ha^{-1}$); DFM = días a floración masculina; AP = altura de planta; AM = Altura de mazorca; LMz = longitud de mazorca (cm); DMz = diámetro de mazorca (cm); NHM = número de hileras por mazorca; NGH = número de granos por hilera; NGM = número de granos por hilera. DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Para días a floración masculina, el grupo 2 tuvo mayor precocidad con respecto al grupo 1 y este que el grupo 3 con 4 días entre ellos, respectivamente. Los híbridos testigos tuvieron su floración a partir de los 80 días. En altura de planta y mazorca, el grupo 3 tiene una marcada diferencia mayor al ser materiales más altos con respecto al grupo 2 y este al grupo 1, de porte bajo. Este resultado es similar al obtenido por Tadeo *et al* (2016), quienes obtuvieron una floración masculina de híbridos de 80 días referente a sus cruzas de 78, demostrando que las cruzas simples son más precoces.

El rendimiento en grano por hectárea de las mejores líneas evaluadas varió desde las 3.405 t ha⁻¹ hasta las 4.479 t ha⁻¹ y buen comportamiento de todas las variables estudiadas para los tres ambientes de producción (Cuadro 5). Espinosa *et al.* (2002) mencionan que una línea de maíz para ser utilizable como progenitor femenino en híbridos de cruce simple debe producir rendimientos mínimos 3.0 t ha⁻¹, por lo que el rendimiento que expresan las 10 mejores líneas evaluadas tienen un gran potencial para ser utilizadas como progenitores de híbridos de cruce simple en programas de mejoramiento genético con más de 3 t ha⁻¹. Los rendimientos de semilla de las 10 mejores líneas hacen rentable la producción de semilla para las empresas de capital nacional (Vallejo *et al.*, 2008).

La línea 39 mostró el promedio más alto para las variables estudiadas con rendimiento por hectárea de 4.4 t ha⁻¹ y comportamiento similar en los tres ambientes. También sobresalieron, las líneas 43 y 40, con rendimientos por hectárea de 3.939 t ha⁻¹ y 3.840 t ha⁻¹, respectivamente, y un buen comportamiento en las variables evaluadas. Esto evidencia el comportamiento estable de las líneas que puedan usarse como progenitoras hembra, aspecto fundamental para el éxito de la producción, rentabilidad económica y técnica en las empresas de capital nacional (Vallejo *et al.*, 2008).

Cuadro 5. Comparación de medias de 8 variables de las mejores 10 y peores 5 líneas *per se*, 6 cruza simples y testigos evaluados en tres ambientes.

TRATAMIENTO	RG	DFM	AP	AM	LMZ	DMZ	NHM	NGH
Mejores líneas								
39	4479.50 a	75.30 q-u	213.30 a	112.30 b	76.60 a	24.50 a	66.90 dce	131.60 a
43	3939.50 b	73 x-c´	180.40 k-n	73.80 vxw	67.40 j	23.10 cb	66.90 dce	123.20 cb
40	3840.20 c	76.80 g-o	215 a	118.10 a	65.05 o	22.60 cd	61.80 j-n	118.90 de
41	3795.50 dc	77.70 c-j	211.20 ba	101.90 c-f	71.40 d	23.70 b	65.80 dfe	134.80 a
29	3739.30 de	73.70 w-b´	178.70 nm	85.80 sqr	72.30 d	20.70 e-j	54.40 u	114.40 fgh
52	3708.70 de	74.20 t-y	199.80 c	88.90 n-q	62.60 s	23.02 cb	63.60 g-j	110.40 kjil
9	3679.60 e	75.90 l-r	195.10 de	101.80 c-f	68.40 hg	22.20 d	63.10 h-k	115 fg
47	3576.80 f	73.10 w-c´	193.40 de	85.90 sqr	70.90 e	23 d	67.30 dc	117.30 fde
31	3495.50 gf	77.80 b-i	168.80 pqr	88.90 n-q	68 hi	20.80 e-i	56.70 st	119.40 de
44	3405.50 g	72.70 y-c´	185.70 g-k	99.80 e-i	71.40 d	22.20 d	64.70 gfh	104.10 qop
Peores líneas								
38	1138.10 bc	78.30 b-g	180.40 k-n	86 sqr	58.90 u	17.50 s	56.40 st	98.60 s
30	1104.50 c	76.40 h-p	153.50 uv	70.30 yx	50.80 a	18.70 pq	60.70 no	74.40 xw
12	945.80 d	75.70 m-t	183.80 h-m	78.10 vuw	54.30 zy	18.10 rq	56.40 st	72.30 x
15	614.90 e	77.30 e-l	142.60 wx	73.40 xw	55.40 x	18 rs	59.10 poq	80.20 vu
3	540.60 e	77.40 d-l	187 f-j	84.90 sqr	56.20 w	18.20 rq	58.10 srq	56 y
DHS	95.50	1.60	5.90	5.09	0.42	0.66	1.80	3.60
Cruzas								
99 x 107	8432.40 c	72.40 cd	219.30 b	108.90 cd	78.50 d	23.60 d	62.20 d	137.90 dc
107 x 206	8419.5 c	73 cbd	226 a	115.40 b	82.15 a	23 e	62.20 d	137 d
106 x 180	8276.50 d	74 b	212.40 c	105.30 d	75.80 f	23.20 ed	64.20 c	124.60 e
105 x 194	7606.60 e	71.90 d	223.70 ba	113.10 cb	77.90 e	23.60 d	63.50 dc	123.60 e
109 x 205	7241.60 f	73.10 cb	223.80 ba	134.10 a	79.30 c	23.40 d	63.30 dc	137 d
142 x 188	6515.20 g	73.30 cb	196.10 d	100 e	74.30 g	24.30 c	66.70 b	140.40 c
Testigos								
HS-2	9421.50 a	80.80 a	227.80 a	116.90 b	79.60 c	26.01 b	85.10 a	170 a
H-40	8913.70 b	80.50 a	218.80 b	107.10 d	80.80 b	27.10 a	84.90 b	154.20 b
DMS	145.40	1.12	5.15	5.04	0.32	0.40	1.80	2.60

En columna, letras iguales, indican no diferencias dentro del ambiente (Tukey, 0.05). RG = rendimiento de grano por hectárea ($t\ ha^{-1}$); DFM = días a floración masculina; AP = altura de planta; AM = Altura de mazorca; LMz = longitud de mazorca (cm); DMz = diámetro de mazorca (cm); NHM = número de hileras por mazorca; NGH = número de granos por hilera.

Aunque los híbridos comerciales HS-2 y H-40 tuvieron los promedios más altos que todas las cruzas evaluadas, tres cruzas simples (99 x 107, 107 x 206 y 106 x 180) fueron sobresalientes ya que tuvieron rendimientos de alrededor de 8 t ha⁻¹, una tonelada menos que los híbridos. Los días a floración masculina tuvieron un promedio de 73 para las seis cruzas simples de mayor rendimiento de grano y fueron más precoces que los híbridos comerciales que presentaron 7 días más a floración masculina.

Las cruzas simples de mayor rendimiento en general fueron más precoces que los dos híbridos comerciales (Cuadro 5). Lo anterior debido a las características genéticas de cada una de las líneas que forman la craza simple (Virgen *et al.*, 2014). La precocidad de las cruzas simples se debe en parte a que en el proceso de mejoramiento para obtener las líneas se eliminaron las plantas más tardías y menos altas, las cuales no soportaron la competencia de las plantas precoces que crecieron más rápido. Esto permitió que las plantas seleccionadas resultaran con igual precocidad y altura que la variedad original, pero con mayor capacidad de rendimiento. Esto concuerda con lo señalado por Morales *et al.* (2007) de que el rendimiento de grano y la precocidad son las variables más importantes para definir la estructura de la variabilidad fenotípica entre materiales genéticos adaptados y exóticos.

De las cruzas simples de mayor rendimiento se identificaron tres (99 x 107, 107 x 206 y 106 x 180) que podrían usarse como híbridos comerciales porque presentaron rendimientos similares a los híbridos testigo, pero fueron más precoces. Arellano *et al.* (2011) mencionan que esto es debido a que la floración presenta una mayor uniformidad porque las cruzas simples están formadas con líneas entre cinco y siete autofecundaciones.

CONCLUSIONES

La mejor expresión del rendimiento de grano de todas las poblaciones se observó en el ambiente de Chapingo, mientras que la expresión más pobre se obtuvo en Tecámac. Todos los grupos de poblaciones mostraron componentes del rendimiento muy similares en dos ambientes, el de Montecillos y el de Chapingo.

El rendimiento de semilla de las 10 mejores líneas en estudio fue superior a 3.4 t ha^{-1} , por lo cual son aptas para utilizarlas como progenitoras en híbridos de cruce simple.

Las cruza simples (99 x 107, 107 x 206 y 106 x 180) podrían usarse como híbridos comerciales porque sus rendimientos fueron similares al de los híbridos testigo y sus líneas progenitoras mostraron buen rendimiento de semilla. Los híbridos HS-2 y H-40 son cruza trilineales que requieren más de un ciclo agrícola para obtener y mantener su semilla; por el contrario los híbridos de cruce simple, solo requieren de un ciclo agrícola para su obtención; ésta es la ventaja de las cruza simples de alto rendimiento identificadas en este estudio, porque podrían reducir el costo de la semilla híbrida para el productor.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade F., A. Cirilo., S. Uhart., y M. E. Otegui (1996)** Ecofisiología del Cultivo de Maíz.
Editorial La Barrosa y Dekalb Press, Buenos Aires, Argentina. 292 p.
- Arellano V., J., L. Virgen V., I. Rojas M., y M. A. Ávila (2011)** H-70: Híbrido de maíz de alto rendimiento para temporal y riego del Altiplano Central de México. *Rev. Mex. Cien. Agríc.* 2:619-626.
- Ávila P., M. A., J. L. Arellano V., J. Virgen V., A. J. Gámez V., y A. María R (2009)** H-52 Híbrido de maíz para Valles Altos de la Mesa Central de México. *Agric. Téc. Méx.* 35: 237-240.
- Boomsma, C. R., J. B. Santini, M. Tollenaar, and T. J. Vyn (2009)** Maize morphophysiological responses to intense crowding and low nitrogen availability: An analysis and review. *Agron. J.* 101: 1426-1452.
- Cervantes S., T., M. Oropeza R., y D. Reyes L (2001)** Selección para rendimiento y heterosis de líneas endogámicas de maíz irradiado. *Agrociencia* 34: 421-431.
- Cruz I., S., A. Muratalla L., y A.T. Kato Y (2010)** Cruzas Dialélicas de Líneas de Maíz Exóticas Adaptadas de Alto Rendimiento. *La Investigación al Servicio del Campo Mexicano. Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Estado de México.* pp: 10-12.
- De Brito C., H., D. Lima S., A. María B., L. Savelli G., y M. T. Gomes L (2011)** Reducción del área foliar en maíz en una región tropical en Brasil y sus efectos en caracteres agronómicos. *Interciencia* 36: 291-295.
- Espinosa C., A., M. Sierra M., y N. Gómez M (2002)** Producción y tecnología de semillas

- mejoradas de maíz por el INIFAP en el escenario sin la PRONASE. *Agron. Mesoam.* 14: 117-121.
- Espinosa C., A., R. Tadeo M., E. Arteaga I., F. Turrent A., M. Sierra M., G. Montiel O., P. Caballero A., V. Bernal R., T. Pastor V., y I. Canales E (2012)** Rendimiento de las generaciones F1 y F2 de híbridos trilineales de maíz en los Valles Altos de México. *Universidad y Ciencia* 28:57-64.
- Fan X., M., Tan J., Chen M., Yang YJ., and Yang HJ (2003)** Heterotic grouping for tropical and temperate maize inbreds by analyzing combining ability and SSR markers. *Maydica* 48: 251-257.
- Falconer, D. S (1981)** Introducción a la Genética Cuantitativa. F. Márquez S. (trad). Nueva edición. CECSA. México. 383 p.
- Gómez-Espejo A. L., M. Galán J., G. Zavala J., M. Castillo M., y R. Loera A (2015)** Poblaciones exóticas originales y adaptadas de maíz. I: variedades locales de clima templado x variedades tropicales. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38(1):57-66.
- Goodman, M. M (1992)** Choosing and using tropical corn germplasm. *Am. Seed Trade Assoc., Washington, D C. Annu. Corn and Sorghum Res. Conf. Proc.* 47:47-64.
- Hallauer, A. R (1992)** Registration of BS27 maize germplasm. *Crop Sci.* 32:1512-1513.
- Hallauer, A. R (1994)** Registration of BS28 and BS29 maize germplasm. *Crop Sci.* 34:544-545.
- Hallauer A., R., W. Russell, and K. R. Lamkey (1988)** Corn breeding. *In: Corn and Corn Improvement.* G F Sprague, J W Dudley (eds). Third Ed.. ASA, CSSA, SSSA, Madison. Wi. pp: 469-564.
- Hallauer A., R., M. Carena, and J. B. Miranda F (2010)** Quantitative Genetics in Maize

- Breeding. Springer-Verlag New York Inc. 664 p.
- Luna M., A. Hinojosa R., O. Ayala G., F. Castillo G., y J. Mejía C (2012)** Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. *Rev. Fitotec. Mex.* 35: 1-7.
- Morales R. M. M., J. Ron P., J. J. Sánchez G., J. L. Ramírez D., L. Cruz L., S. Mena M., S. Hurtado P. y M. Chuela B (2007)** Relaciones fenotípicas y heterosis entre híbridos comerciales y germoplasma exótico de Maíz en Jalisco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30:285-294.
- Pérez-López F. J., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, J. D. Molina-Galán, J. J. López-Reynoso, T. Cervantes-Santana (2014)** Líneas homocigóticas de maíz de alto rendimiento como progenitoras de híbridos de cruce simple. *Agrociencia* 48: 425-437.
- Ramírez D., J. L., J. J. Wong P., J. A. Ruiz C., y M. Chuela B (2010)** Cambio de fecha de siembra del maíz en Culiacán, Sinaloa, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 33: 61-68.
- SAS Institute (2002)** User's Guide of SAS (Statistical Analysis System). SAS Institute Inc. Cary, N. C. USA. 550 p.
- Singh, R. K., and B. D. Chaudhary (1985)** Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis. Kalyani Publishers. India. 2a. ed. 319 p.
- Tadeo R., M. Zaragoza E., J. Espinosa C., A. Turrent F., A. Zamudio G., B. Virgen V., J. Mora G., Y. Valdivia B., R (2016)** Productividad de la generación f1 y f2 de híbridos de maíz (*Zea mays L.*) de valles altos de México. *Agrociencia.* 50(1): 33-41.
- Vallejo D., H. L., J. L. Ramírez D., M. Chuela B. y R. Ramírez Z (2008)** Manual de Producción de Semilla de Maíz. Estudio de Caso. Folleto Técnico Núm. 14. Campo Experimental Uruapan. INIFAP, CIRPAC. Guadalajara, Jalisco, México. 96 p.

Virgen V., J. Zepeda B., R. Ávila P., M.A., Espinosa Ca., A. Arellano V., J.L., y Gámez V., A.J (2014) Producción de semilla de líneas progenitoras de maíz: densidad de población e interacción. Agron. Mesoam. 25: 01-13.

Virgen V., J. Zepeda B., R. Ávila P., M.A. Rojas M., I. Espinosa C., A. y Gámez V., A.J (2016) Desespigamiento en cruza simples progenitoras de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) para valles altos de México. Agrociencia. 50(1): 42-59.

CAPITULO III

COMPORTAMIENTO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ DE CRUZA SIMPLE EN TRES AMBIENTES DE VALLES ALTOS

SINGLE CROSS CORN HYBRID PERFORMANCE ON THREE ENVIRONMENTS OF HIGH VALLEYS

Moisés Buenrostro-Robles¹, Ricardo Lobato-Ortiz^{1*}, J. Jesús García-Zavala¹, Carlos

Sánchez-Abarca²

¹Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México. ²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carr. México-Texcoco. 56230. Chapingo, Estado de México.

*Autor para correspondencia (rlobato@colpos.mx)

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el rendimiento de híbridos de cruza simple derivados de germoplasma tropical exótico irradiado con Co^{60} en Valles Altos, se evaluaron seis cruza simples y dos híbridos comerciales. La evaluación se realizó en el ciclo agrícola primavera-verano de 2015 en Montecillo, Chapingo y Tecámac, Estado de México, en un diseño experimental de bloques completos al azar, tres repeticiones con parcelas de dos surcos, 6 m de largo, con 80 cm entre surcos y 40 cm entre plantas. Se midieron la longitud y diámetro en cm de mazorca (LMz, DMz), número de hileras por mazorca (NHM), número de granos por hilera (NGH), peso hectolítrico (Phecto) y se determinó el rendimiento de grano por hectárea (t ha^{-1}) (RG). El RG promedio de las mejores cruza fue de 8.432, 8.419 y 8.276 t ha^{-1} para 99 x 107, 107 x 206 y 106 x 180, respectivamente. La cruza 107 x 206 presentó buen potencial para ser considerada como promisoría para productores en siembras comerciales en Valles Altos por sus rendimientos de 8.658, 8.318 y 8.281 t ha^{-1} , en Montecillo, Chapingo y Tecámac, respectivamente, debido a su consistencia en rendimiento en los tres ambientes. La ganancia en rendimiento de grano con respecto a las 3.7 t ha^{-1} promedio de los Valles Altos es superior a las 4.958, 4.618 y 4.581 t ha^{-1} , respectivamente para las tres mejores cruza arriba indicadas. Aunado a los datos de rendimiento, se suman las ventajas de las cruza simples sobre las cruza dobles y trilineales, tales como mayor uniformidad, esquema más corto y simplificado de mejoramiento y producción de semilla.

Palabras clave: *Zea mays*, híbridos, germoplasma exótico, cruza dobles.

SUMMARY

In order to determine the yield of single cross hybrids derived from exotic tropical germplasm irradiated with Co^{60} in Valles Altos, six single crosses and two commercial hybrids were evaluated. The evaluation was conducted in the spring-summer crop season of 2015 in Montecillo, Chapingo and Tecamac, State of Mexico, in an experimental design of randomized complete blocks, with three replicates, two rows plots, 6 m long, 80 cm between rows and 40 cm between plants. The length and diameter in cm cob (LMZ, DMZ), number of rows per ear (NHM), number of kernels per row (NGH), hectoliter weight (Phecto) were measured and grain yield was determined per hectare (t ha^{-1}) (RG). The average yield for the best crosses was 8.432, 8.419 and 8.276 t ha^{-1} for 99 x 107, 107 x 206 and 106 x 180, respectively. The crosses 107 x 206 showed good potential to be considered promising for producers in commercial plantings in High Valleys for their yields 8.658, 8.318 and 8.281 t ha^{-1} , at Montecillo, Chapingo and Tecamac, respectively, due to their consistency in performance in all three environments. The gain in grain yield compared to 3.7 t ha^{-1} in average for High Valleys was higher than 4.958, 4.618 and 4.581 t ha^{-1} , for the best three crosses, respectively. In addition to the yield data, the advantages of single crosses over on the double and trilinear ones, such as greater uniformity, shorter and simplified breeding and seed production.

Keywords: *Zea mays*, hybrids, exotic germplasm, double crosses.

INTRODUCCIÓN

En México el maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo nacional presente en todos los estados, los climas y en todas las altitudes. Se siembran diversas variedades y se consume de distintas formas. Es el principal cultivo tanto por la superficie que se siembra (8.5 millones de ha⁻¹) como por el volumen de producción que se obtiene (22 millones 168 mil toneladas). En México ningún otro cultivo tiene tanta importancia como el maíz (SAGARPA, 2013). Desde la perspectiva productiva, se ubica como el principal cultivo en comparación con el sorgo, trigo, cebada, arroz y avena, los cereales más cultivados en el territorio mexicano. El maíz grano representa 85% del volumen nacional de cereales y 2.8 de la producción mundial (SIAP, 2013).

Al ser un cultivo estratégico, el maíz (*Zea mays* L.) destaca como alimento básico desde el punto de vista económico-social, sin embargo, la producción de grano para consumo humano se ve limitada por la dificultad de incrementar el área de cultivo, por lo cual su mejoramiento genético es muy importante en la formación de híbridos y sintéticos con alto potencial de rendimiento, calidad y amplia adaptación. El propósito de los programas de hibridación es obtener híbridos con capacidad de rendimiento superior al de las variedades criollas (SAGARPA, 2014).

Los programas de mejoramiento genético por hibridación de maíz fueron iniciados en México a inicios de 1934 por la Oficina de Campos Experimentales (OCE) de la Secretaría de Agricultura y Fomento (SAF); continuados a partir de 1961 por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) hoy INIFAP. La meta del mejoramiento por hibridación es obtener híbridos con alta heterosis para rendimiento de grano y con depresión endogámica mínima; esta segunda característica es especialmente importante en la agricultura campesina.

En los Estados Unidos de Norteamérica se usan híbridos de cruza simple para la producción comercial de maíz porque se dispone de líneas autofecundadas con alto potencial de rendimiento (Hallauer *et al.*, 1988); pero este tipo de líneas aún no están disponibles en México por lo que la semilla comercial se produce con híbridos trilineales o dobles debido al elevado costo de producción de semilla de híbridos de cruza simple (Luna *et al.*, 2012).

La heterosis o vigor híbrido, es la base del mejoramiento genético por hibridación. El fenómeno fue observado por primera vez por Darwin en 1871 (Wallace y Brown, 1956) y se define como el exceso de vigor de la F_1 de un híbrido en relación con el promedio de sus progenitores. En términos de acción génica la heterosis se debe principalmente a efectos de interacción entre alelos o dominancia (Crow, 199). En este sentido en el Colegio de Postgraduados se inició un programa de mejoramiento genético de selección recurrente con autofecundación e irradiación de germoplasma tropical exótico (Cervantes *et al.*, 2001). La finalidad de tal proyecto fue la identificación de germoplasma exótico con nuevos alelos favorables carentes en las poblaciones locales, para usarlo *per se* o para transferir sus alelos y aprovecharlos en los híbridos de maíz generados; debido a que en los Valles Altos de México se usan principalmente variedades de maíz de las razas Chalqueño y Cónico, para propiciar la diversidad genética del maíz en la región y aumentar su productividad. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento potencial de seis híbridos de cruza simple derivados de germoplasma tropical exótico seleccionado e irradiado en Valles Altos y compararlos con el de híbridos comerciales. Se planteó la hipótesis de que el comportamiento para rendimiento de grano de los híbridos será diferente entre ellos y a través de ambientes, lo que dará la oportunidad de seleccionar los mejores materiales para recomendar su uso en programas de mejoramiento genético del maíz en Valles Altos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales genéticos de este trabajo consistieron de seis cruza simples y de los híbridos comerciales HS-2 y H-40 usados como testigos. La evaluación se realizó en el ciclo primavera-verano 2015 en tres ambientes: Montecillo, Chapingo y Tecamac, Estado de México. En los dos primeros con clima tipo Cw (i) B/2 (a') templado con lluvias en verano; precipitación media anual de 655.6 mm; temperatura media anual de 16.3 °C; en Tecámec el clima es Cw (i) B/2 (a') templado, semiseco con lluvias en verano; precipitación media anual de 636 mm y temperatura media anual de 16.4°C. Las tres localidades se ubican a una altitud de más de 2200 m, propia de los Valles Altos de México.

Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, donde la parcela experimental fue de dos surcos de 6 m de largo y 80 cm de ancho con 32 matas de dos plantas sembradas cada 40 cm, equivalente a una densidad de 62 500 plantas ha⁻¹. La siembra se realizó de manera manual en Montecillo (29/abril/2015), Chapingo (20/mayo/2015) y Tecámec (27/mayo/2015). Se sembró en suelo seco y se regó inmediatamente después de sembrar, después aplicaron riegos de auxilio suficientes hasta el establecimiento de las lluvias. La fertilización se hizo con 120 kg N y 80 kg P₂O₅ ha⁻¹, aplicando todo el P₂O₅ y la mitad del N en la siembra y el resto del N al realizar la primera de dos escardas (30 días después de la siembra, dds). Para el control de maleza se aplicó Gesaprim Calibre 90 GDA[®], (3 L ha⁻¹) a los 15 dds.

Las variables evaluadas fueron: rendimiento de grano (RG), el cual se estimó con el peso de las mazorcas y plantas cosechadas por unidad experimental, cuyo contenido de humedad del grano fue ajustado a 12 %, multiplicado por el índice de desgrane y transformado a rendimiento por hectárea. En una muestra de cinco mazorcas por unidad experimental y en cada ambiente también se registraron las siguientes variables: longitud de mazorca (LMz, cm), diámetro de

mazorca (DMz, cm) tomado en la parte media de la misma; número de hileras por mazorca (NHM); número de granos promedio por hilera (NGH) y peso hectolítrico (Phecto).

Se realizaron análisis de varianza por ambiente y uno combinado de los datos, y prueba de comparación de medias (Tukey, 0.05) con el paquete estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute, 2002). El modelo estadístico para el análisis de varianza fue: $Y_{ijkl} = \mu + A_k + R_{l(k)} + G_i + AG_{ik} + \epsilon_{ijkl}$, donde, Y_{ijkl} = valor del j-ésimo genotipo al ser evaluado en el k-ésimo ambiente en la l-ésima repetición; μ = media general; A_k = efecto atribuido al k-ésimo ambiente; $R_{l(k)}$ = efecto de repetición anidada en el k-ésimo ambiente; G_i = efecto del genotipo; AG_{ik} = efecto de interacción genotipo x ambiente; y ϵ_{ijkl} = efecto aleatorio atribuido al error experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis combinado de ambientes (cuadro 6), detecto significancia ($P \leq 0.01$) entre ambientes, entre genotipos para todas las variables, para la interacción genotipos por ambiente solo fue significativo entre ambientes y entre genotipos. Los coeficientes de variación resultaron bajos, de 0.28 a 1.96%, lo que indica que se tuvo un control bueno en la variabilidad experimental y que los datos son confiables.

La significancia entre ambientes indica que las condiciones climáticas y agroecológicas variaron de una localidad a otra, lo que se reflejó en la diferente expresión promedio de las variables en cada ambiente. La ocurrencia de granizadas durante el desarrollo del cultivo en Montecillo dañó a las plantas durante su crecimiento, así también ataques de pájaro durante el llenado de grano en la mazorca que pudieron expresar una merma en el rendimiento. Para Tecámac, el factor humedad de suelo fue el más restrictivo, periodos más largos sin lluvia, respecto a Montecillo y Chapingo; durante el desarrollo del cultivo, sobre todo en etapas críticas

como la floración y llenado de grano, lo que pudo influir en el rendimiento y sus componentes. Las diferencias en precipitación y temperatura, afectaron la expresión de los genotipos para las variables evaluadas entre localidades

La significancia entre genotipos para todas las variables evidencia que los materiales experimentales tuvieron diferente expresión genotípica y fenotípica, debido a las diferencias genéticas intrínsecas entre los genotipos, los cuales provienen de diferentes progenitores hembra y macho.

La significancia en la interacción genotipo x ambiente indica que los materiales interaccionaron con los ambientes debido a su respuesta a los efectos ambientales, esto como resultado de su diferente constitución genética y expresión fenotípica. Los efectos adversos del clima como daños por granizo antes de la floración, los daños por pájaros, las diferencias en precipitación, las diferencias en temperatura y suelo entre localidades fueron los que pudieron repercutir en esta interacción genético-ambiental.

Cuadro 6. Cuadrados medios de los análisis de varianza para rendimiento de grano y sus componentes de ocho genotipos de maíz evaluados en tres ambientes de Valles Altos. Ciclo agrícola Primavera-Verano 2015.

FV	GL	RG	LMz	DMz	NHM	NGH	Pfecto
AMB	2	7972272.87 **	18.72 **	2.32 **	49.05 **	249.35 **	0.00295556 **
REP(AMB)	6	5863.41 ns	0.03 ns	0.09 ns	0.55 ns	8.39*	0.0001875 ns
GEN	7	7899405.53 **	58.91 **	20.28 **	892.18 **	2088.80 **	0.00181508 **
AMB*GEN	14	3076671.77 **	29.80 **	0.61 **	16.04 **	305.43 **	0.00026984 ns
Error	42	9357.20	0.05	0.07	1.44	3.02	0.00022242
CV (%)		1.19	0.28	1.10	1.74	1.24	1.96

**= altamente significativo con $\alpha \leq 0.01$, * significativo con $\alpha \leq 0.05$, ns = no significativo; FV = fuente de variación; GL = grados de libertad; CV = coeficiente de variación; valores de una muestra de 5 mazorcas; RG =

rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$); LMz = longitud de mazorca (cm); DMz = diámetro de mazorca (cm); NHM = número de hileras por mazorca; NGH = número de granos por hilera; Phecto = peso hectolítrico ($kg\ Hectolitro^{-1}$).

La comparación de medias por ambiente indica que los mejores genotipos en rendimiento de grano fue mayor en la localidad de Chapingo con $8.698\ t\ ha^{-1}$ (Cuadro 7), lo cual sugiere que las condiciones favorables en cuanto a temperatura y humedad representaron un incremento de $1.150\ t\ ha^{-1}$ con respecto a Tecámac en donde las condiciones restrictivas de humedad propiciaron una disminución del rendimiento y tuvo una diferencia de $0.635\ t\ ha^{-1}$ con respecto a Montecillo en donde el problema de ataques de pájaros y una granizada temprana mermaron el rendimiento de grano; sin embargo, este último por ser el sitio en donde se generaron los materiales genéticos, la diferencia en rendimiento de grano no es mayor a $1.000\ t\ ha^{-1}$. Al respecto Gómez-Espejo *et al* (2015) y Ramírez *et al* (2010) mencionan que los factores ambientales y sus efectos sobre las plantas pueden ser positivos o negativos y que al presentarse éste último caso, contribuye a las diferencias entre ambientes, principalmente en el rendimiento de grano.

La comparación de medias para longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca, numero de granos por hilera y peso hectolítrico mostró que hubo diferencias significativas entre los tres ambientes. En Chapingo se tuvo la mayor longitud de mazorca y peso hectolítrico, mientras en Montecillo hubo valores más altos en diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca y número de granos por hilera. Tecámac, aunque tuvo los valores más bajos para la mayoría de las variables de estudio, estadísticamente fueron iguales el diámetro de mazorca y peso hectolítrico, con Chapingo y Montecillo, respectivamente.

Cuadro 7. Comparación de medias para rendimiento de grano y sus componentes en ocho genotipos de maíz evaluados en tres ambientes de Valles Altos. Ciclo agrícola Primavera-Verano 2015.

FV	RG	LMz	DMz	NHM	NGH	Phecto
Montecillo	8.063 b	78.73 b	24.63 a	70.33 a	144.08 a	0.75 b
Chapingo	8.698 a	79.33 a	24.10 b	69.25 b	139.87 b	0.77 a
Tecámac	7.548 c	77.59 c	24.09 b	67.50 c	137.75 c	0.75 b
DMS	67.84	0.15	0.19	0.84	1.22	0.01

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). Valores de una muestra de 5 mazorcas; RG = rendimiento de grano por hectárea ($t\ ha^{-1}$); LMz = longitud de mazorca (cm); DMz = diámetro de mazorca (cm); NHM = número de hileras por mazorca; NGH = número de granos por hilera; Phecto = peso hectolítrico ($kg\ Hectolitro^{-1}$). DMS = Diferencia Mínima Significativa.

La comparación de medias en promedio de ambientes (Cuadro 8) mostró que el rendimiento de grano de los híbridos experimentales: 99 x 107, 107 x 206 y 106 x 180 superan el rendimiento promedio para Valles Altos, $3.7\ t\ ha^{-1}$; por lo que podrían representar una opción viable para siembras comerciales para ésta región.

Las diferencias entre genotipos evidencian que los materiales experimentales tuvieron diferente expresión genotípica y fenotípica. Esto se atribuye a que las cruza simples y los híbridos testigo comerciales, los cuales, son híbridos trilineales, están formados con líneas de diferentes orígenes y potenciales genéticos que se analizaron en conjunto.

Cuadro 8. Comparación de medias para rendimiento de grano y sus componentes en ocho genotipos de maíz evaluados en promedio de tres ambientes de Valles Altos. Ciclo Primavera-Verano 2015.

GENOTIPOS	RG	LMz	DMz	NHM	NGH	Phecto
HS-2	9.421 a	79.60 c	26.01 b	85.11 a	169.89 a	0.77 abc
H-40	8.913 b	80.82 b	27.14 a	84.89 a	154.22 b	0.75 bcd
99 x 107	8.432 c	78.50 c	23.55 d	62.22 d	137.89 dc	0.75 bcd
107 x 206	8.419 cd	82.14 a	22.99 e	62.22 d	137 d	0.77 ab
106 x 180	8.276 d	75.81 f	23.20 de	64.22 c	124.55 e	0.78 a
105 x 194	7.606 e	77.90 e	23.56 d	63.55 cd	123.55 e	0.75 cd
109 x 205	7.241 f	79.33 c	23.41 d	63.33 cd	137 d	0.76 abcd
142 x 188	6.515 g	74.30 g	24.21 c	66.67 b	140.44 c	0.74 d
DMS	145.39	0.33	0.4	1.80	2.61	0.02

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). Valores de una muestra de 5 mazorcas; RG = rendimiento de grano por hectárea ($t\ ha^{-1}$); LMz = longitud de mazorca (cm); DMz = diámetro de mazorca (cm); NHM = número de hileras por mazorca; NGH = número de granos por hilera; Phecto = peso hectolítrico ($kg\ Hectolitro^{-1}$). DMS = Diferencia Mínima Significativa.

En la comparación de medias de Montecillo (Cuadro 9), las cruza 99 x 107, 106 x 180 y 107 x 206, respectivamente tuvieron rendimientos que superaron al testigo H-40 con 2.229, 1.289 y $1.181\ t\ ha^{-1}$, respectivamente. Estos resultados son relevantes para la producción de maíz de Valles Altos, ya que pudieran ser híbridos competitivos en el mercado, para siembras comerciales.

En Montecillo se presentó una granizada que causó fuertes daños variables entre las plantas antes de la etapa de floración y en la etapa de llenado de grano, se presentó ataque de pájaros, el cual contribuyó a la reducción del rendimiento de grano; sin embargo, al ser Montecillo el ambiente donde se formaron y seleccionaron las líneas progenitoras de los híbridos simples,

permitió que su rendimiento de grano no se viera severamente afectado por las condiciones adversas del clima.

Cuadro 9. Comparación de medias de seis híbridos simples y dos testigos para rendimiento de grano y sus componentes en Montecillo. Ciclo agrícola Primavera-Verano 2015.

GENOTIPOS	RG	LMz	DMz	NHM	NGH	Pfecto
HS-2	10.250 a	81.15 b	26.13 b	84 a	167 a	0.76 abc
99 x 107	9.705 b	83 a	23.70 cd	62.67 c	145.67 c	0.73 c
106 x 180	8.966 c	76.43 e	23.93 cd	67.33 b	134.67 e	0.78 a
107 x 206	8.658 d	81.53 b	24.17 cd	65.33 b	134 e	0.77 ab
H-40	7.476 e	80.22 c	27.53 a	83.33 a	155.67 b	0.76 abc
105 x 194	6.931 f	78.38 d	23.67 cd	66 b	133 e	0.75 bc
109 x 205	6.931 g	78.44 d	23.27 d	67.33 b	142.67 cd	0.75 abc
142 x 188	5.869 h	70.70 f	24.67 c	66.67 b	140 d	0.73 c
DMS	67.04	0.70	1.18	2.84	3.27	0.03

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). Valores de una muestra de 5 mazorcas; RG = rendimiento de grano por hectárea ($t\ ha^{-1}$); LMz = longitud de mazorca (cm); DMz = diámetro de mazorca (cm); NHM = número de hileras por mazorca; NGH = número de granos por hilera; Pfecto = peso hectolítrico ($kg\ Hectolitro^{-1}$). DMS = Diferencia Mínima Significativa.

La comparación de medias de Chapingo (Cuadro 10) mostró que los testigos H-40 y HS-2 tuvieron rendimientos superiores a los híbridos 106 x 180 y 105 x 194, 107 x 206 y 99 x 107. En Chapingo, se tuvieron las mejores condiciones ambientales respecto a Montecillo y Tecamac, para el desarrollo del cultivo de maíz en temperatura y humedad, tales condiciones ambientales propiciaron una posible mejor expresión de los genotipos para las variables evaluadas esto se pudo reflejar en valores para rendimiento de grano entre $7.433\ t\ ha^{-1}$ y $11.564\ t\ ha^{-1}$ (Cuadro 10).

Cuadro 10. Comparación de medias de 6 híbridos simples y 2 testigos para rendimiento de grano y sus componentes en Chapingo. Ciclo agrícola Primavera-Verano 2015.

GENOTIPOS	RG	LMz	DMz	NHM	NGH	Phecto
H-40	11.564 a	83.20 a	27.23 a	86.67 a	143.33 b	0.75 b
HS-2	9.790 b	75.23 e	25.60 b	86.67 a	170 a	0.78 ab
106 x 180	8.420 c	74.70 f	23.33 d	66.67 b	123 d	0.78 ab
105 x 194	8.392 c	81.53 c	23.37 d	63.33 bcd	134 c	0.77 ab
107 x 206	8.318 c	83.10 a	22.27 e	60.67 d	144 b	0.79 a
99 x 107	8.106 c	79 d	23.50 d	62.67 cd	125.33 d	0.77 ab
109 x 205	7.563 d	82.30 b	23.37 d	61.33 d	143.67 b	0.77 ab
142 x 188	7.433 d	75.60 e	24.13 c	66 bc	135.67 c	0.77 ab
DMS	360.76	0.51	0.52	3.90	5.16	0.03

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). Valores de una muestra de 5 mazorcas; RG = rendimiento de grano por hectárea ($t\ ha^{-1}$); LMz = longitud de mazorca (cm); DMz = diámetro de mazorca (cm); NHM = número de hileras por mazorca; NGH = número de granos por hilera; Phecto = peso hectolítrico ($kg\ Hectolitro^{-1}$). DMS = Diferencia Mínima Significativa.

De los ambientes de evaluación , Tecámac fue el que presentó las condiciones más desfavorables, tuvo restricción de humedad y más altas temperaturas en etapas críticas como floración y llenado de grano, por lo que, se afectaron todas las variables en este estudio, especialmente el rendimiento de grano; sin embargo, aun con bajo esas condiciones el híbrido 107 x 206 tuvo rendimiento mayor a las ocho toneladas por hectárea, estadísticamente igual al testigo HS-2, pero $0.581\ t\ ha^{-1}$ mayor al testigo comercial H-40 (Cuadro 11). Este resultado es importante porque indica que las cruza experimentales se expresaron de manera diferente a través de las condiciones contrastantes de humedad, esto podría deberse por efecto de su origen genético que puede presentar genes tolerantes a la sequía. También es de destacar que esta cruza sobresaliente fue más precoz (74 d a floración masculina) que los testigos HS-2 y H-40 (80 d a

floración masculina), lo cual podría constituir una ventaja para mover su fecha de siembra en producción de temporal (datos no presentados).

Cuadro 11. Comparación de medias de seis híbridos simples y dos testigos para rendimiento de grano y sus componentes en Tecámac. Ciclo agrícola Primavera-Verano 2015.

GENOTIPOS	RG	LMz	DMz	NHM	NGH	Pfecto
107 x 206	8.281 a	81.80 a	22.55 e	60.67 c	133 d	0.77 ab
HS-2	8,224 a	82.45 a	26.30 b	84.67 a	172.67 a	0.77 ab
H-40	7.699 b	79.05 b	26.65 a	84.67 a	163.67 b	0.75 ab
109 x 205	7.512 b	77.25 c	23.60 d	61.33 c	124.67 e	0.76 ab
105 x 194	7.495 b	73.78 e	23.65 d	61.33 c	103.67 g	0.73 ab
99 x 107	7.484 b	73.53 e	23.47 d	61.33 c	142.67 c	0.75 ab
106 x 180	7.442 b	76.30 d	22.35 e	58.67 c	116 f	0.79 a
142 x 188	6.243 c	76.60 cd	24.15 c	67.33 b	145.67 c	0.73 b
DMS	313.63	0.66	0.32	3.56	6.16	0.05

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). Valores de una muestra de 5 mazorcas; RG = rendimiento de grano por hectárea ($t\ ha^{-1}$); LMz = longitud de mazorca (cm); DMz = diámetro de mazorca (cm); NHM = número de hileras por mazorca; NGH = número de granos por hilera; Pfecto = peso hectolítrico ($kg\ Hectolitro^{-1}$). DMS = Diferencia Mínima Significativa.

La prueba de comparación de medias para Tecámac (cuadro 6), mostró que la cruza simple 107 x 206 presentó los promedios más altos para RG y LMz y fue estadísticamente igual al testigo HS-2 en estas variables.

CONCLUSIONES

La mejor expresión del rendimiento de grano de todos los genotipos se observó en el ambiente de Chapingo, mientras que los valores más bajos se obtuvieron en Tecámac.

Los mejores genotipos para rendimiento de grano en promedio de ambientes fueron los híbridos testigo HS-2 (9.421 t ha⁻¹) y H-40 (8.913 t ha⁻¹), seguidos de las cruzas simples 99 x 107, 107 x 206 y 106 x 180 con 8.432, 8.419 y 8.276 t ha⁻¹, respectivamente. Los rendimientos de grano a través de ambientes fueron: para Montecillo HS-2 (10.250 t ha⁻¹) superando a todos los genotipos, seguido de los híbridos simples 99 x 107, 106 x 180 y 107 x 206 con rendimientos de 9.705, 8.966 y 8.658 t ha⁻¹, respectivamente, los cuales superaron al híbrido comercial H-40 en un 22 %, 16 % y 13 %, respectivamente. Para Chapingo los genotipos con mejores rendimientos fueron H-40 (11.564 t ha⁻¹) y HS-2 (9.790 t ha⁻¹), seguido de las mejores cruzas simples 106 x 180, 105 x 194, 107 x 206 y 99 x 107 con 8.420, 8.392, 8.318 y 8.106 t ha⁻¹, respectivamente. Para el caso de la localidad de Tecámac, el mejor rendimiento promedio en grano fue para la craza simple 107 x 206 con 8.281 t ha⁻¹, seguido de los híbridos comerciales HS-2 (8.224 t ha⁻¹) y H-40 (7.699 t ha⁻¹), y las cruzas simples 109 x 205 y 105 x 194 con 7.512 y 7.495 t ha⁻¹, respectivamente.

Las cruzas simples tienen grandes ventajas sobre las cruzas dobles y trilineales, ya que son más uniformes y requieren un esquema más corto y simplificado de mejoramiento, así como de producción de semilla. La craza simple 107 x 206 representa una buena alternativa para ser utilizada por productores en el establecimiento de siembras comerciales por su buen rendimiento en grano que fue 8.432 t ha⁻¹ con una precocidad intermedia.

BIBLIOGRAFÍA

- Cervantes S., T., M. Oropeza R., y D. Reyes L (2001)** Selección para rendimiento y heterosis de líneas endogámicas de maíz irradiado. *Agrociencia* 34: 421-431.
- Crow J., F (1999)** Dominance and overdominance. In the genetics and exploitation of heterosis in crops. American Society of Agronomy, Inc. Crop Science Society of America, Inc. 525 pp.
- Gómez-Espejo A. L., M. Galán J., G. Zavala J., M. Castillo M., y R. Loera A (2015)** Poblaciones exóticas originales y adaptadas de maíz. I: variedades locales de clima templado x variedades tropicales. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38(1):57-66.
- Hallauer, A. R (1994)** Registration of BS28 and BS29 maize germplasm. *Crop Sci.* 34:544-545.
- Hallauer A., R., W. Russell, and K. R. Lamkey (1988)** Corn breeding. *In: Corn and Corn Improvement.* G F Sprague, J W Dudley (eds). Third Ed.. ASA, CSSA, SSSA, Madison. Wi. pp: 469-564.
- Luna M., A. Hinojosa R., O. Ayala G., F. Castillo G., y J. Mejía C (2012)** Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. *Rev. Fitotec. Mex.* 35: 1-7.
- Ramírez D., J. L., J. J. Wong P., J. A. Ruiz C., y M. Chuela B (2010)** Cambio de fecha de siembra del maíz en Culiacán, Sinaloa, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 33: 61-68.
- SAGARPA (2013)** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. (En línea). Disponible en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.

SAGARPA (2014) Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. (En línea). Disponible en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.

SAS Institute (2002) User's Guide of SAS (Statistical Analysis System). SAS Institute Inc. Cary, N. C. USA. 550 p.

SIAP (2013) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. (En línea). Disponible en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.

Wallace H., A. and Brown W. L (1956) The great grandfather of hybrid corn: Charles Darwin. In corn and its early fathers. The Michigan State University. Press. 134 pp.

ANEXOS

Anexo 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para rendimiento de grano y sus componentes en 61 genotipos de maíz evaluados en tres ambientes de Valles Altos. Ciclo agrícola Primavera- Verano, 2015.

FV	GL	RG	DFM	DFF	AsF	AP	AM	LMz	DMz	NHM	NGH	PMz	PO	Phecto	PMZi
AMB	2	10885537 **	621 **	751 **	4 **	97923.10 **	45327 **	335.41 **	37.40 **	996 **	1451 **	275972 **	3610.10 **	0.040 **	11039 **
REP(AMB)	6	3080 ns	1.17 ns	0.83 ns	0.20 ns	4.33 ns	4 ns	0.03 ns	0.15 ns	2.40 *	6 ns	70.40 ns	11 ns	0.00040 ns	3 ns
GEN	60	42199257 **	52.40 **	55 **	0.23 ns	5737 **	2103.50 **	462 **	38.50 **	281.40 **	3638.40 **	318667 **	3689.20 **	0.010 **	12747 **
LIN	52	8399668 **	43.50 **	44.50 **	0.23 ns	4392.50 **	1584 **	283 **	25 **	158 **	2321.30 **	155338.20 **	2557.20 **	0.010 **	6214 **
CRUZ	5	5390557 **	5 **	5.10 *	0.13 ns	1141 **	1253.10 **	68 **	2 **	24.50 **	487.50 **	7251 **	1299 **	0.0020 **	290 **
TEST	1	1160470.30 *	0.22 ns	3 ns	0.22 ns	365 *	430.22 *	7 **	6 *	0.22 ns	1105 **	128 ns	3887 **	0.0010 ns	5 ns
GRUP	2	1033529728 **	429 **	465.50 **	0.40 ns	54868.10 **	18574.40 **	6328 **	509.01 **	4283.20 **	47030 **	5503018.30 **	38997 **	0.050 **	220121.30 **
AMB*GEN	120	1596594 **	24 **	26.20 **	0.27 ns	624.02 **	397.10 **	86.30 **	4 **	40.20 **	462 **	30256.40 **	328.50 **	0.0020 **	1210.30 **
Error	360	3343	0.67	0.75	0.20	9.62	7.54	0.05	0.10	0.10	4.00	109	7.10	0.00020	4.30
CV (%)		1.84	1.08	1.13	32.56	1.70	3	0.33	1.60	1.50	2.00	2.10	4.00	2	2.10

**= altamente significativo con $\alpha \leq 0.01$, * Significativo con $\alpha \leq 0.05$, ns = no significativo; FV = fuente de variación; GL = grados de libertad; CV = coeficiente de variación; RG = rendimiento de grano (t ha⁻¹); DFM = días a floración masculina; DFF = días a floración femenina; AsF = asincronía floral; AP = altura de planta; AM = altura de mazorca; Valores de una muestra de 5 mazorcas. LMz = longitud de mazorca (cm); DMz = diámetro de mazorca (cm); NHM = número de hileras por mazorca; NGH = número de granos por hilera; PMz = Peso de mazorca; PO = peso de olote (g); Phecto = Peso hectolítrico ((kg Hectolitro⁻¹); PMZi = peso de mazorca individual (g).

Anexo 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para rendimiento de grano y sus componentes en 61 genotipos de maíz evaluados en Montecillo. Ciclo agrícola Primavera- Verano, 2015.

FV	GL	RG	DFM	DFF	AsF	AP	AM	LMz	DMz	NHM	NGH	PMz	PO	Pfecto	PMZi
REP	2	1294 ns	0.30 ns	0.30 ns	0.022 ns	8.20 ns	3.02 ns	0.040 ns	0.15 ns	2.40 *	3 ns	24 ns	5 ns	0.0005 ns	1 ns
GEN	60	14495014 **	50.30 **	57 **	0.50 **	3060.02 **	906 **	192 **	12.34 **	120.03 **	1381.30 **	102558.23 **	1336.10 **	0.0030 **	4102.30 **
LIN	52	3476339.40 **	45 **	50 **	0.45 **	2372 **	811 **	134 **	7.30 **	97.31 **	994 **	47478 **	935.20 **	0.0030 **	1899.10 **
CRUZ	5	6922345 **	0.23 ns	1 ns	0.10 ns	418 **	338 **	56.10 **	1 *	9.30 *	82 **	21771 **	437 **	0.0010 *	871 **
TEST	1	11536983 **	2 ns	14 ns	0.20 ns	1291 *	150 ns	1.30 *	3 ns	1 ns	193 *	56817.40 *	2380.04 *	0.00015 ns	2272.50 *
Error	120	1358.00	1.00	1.00	0.10	20.00	16.00	0.060	0.24	1.00	2.30	9.00	7.00	0.00020	0.40
CV (%)		1.10	1.00	1.00	26.00	2.00	4.00	0.40	2.30	1.30	1.30	0.50	4.00	2.00	0.60

**= altamente significativo con $\alpha \leq 0.01$, * Significativo con $\alpha \leq 0.05$, ns = no significativo; FV = fuente de variación; GL = grados de libertad; CV = coeficiente de variación; RG = rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$); DFM = días a floración masculina; DFF = días a floración femenina; AsF = asincronía floral; AP = altura de planta; AM = altura de mazorca; Valores de una muestra de 5 mazorcas. LMz = longitud de mazorca (cm); DMz = diámetro de mazorca (cm); NHM = número de hileras por mazorca; NGH = número de granos por hilera; PMz = Peso de mazorca; PO = peso de olote (g); Pfecto = Peso hectolítrico ((kg Hectolitro⁻¹); PMZi = peso de mazorca individual (g).

Anexo 3. Cuadrados medios del análisis de varianza para rendimiento de grano y sus componentes en 61 genotipos de maíz evaluados en Chapingo. Ciclo agrícola Primavera- Verano, 2015.

FV	GL	Rha	DFM	DFF	AsF	AP	AM	LMz	DMz	NHM	NGH	PMz	PO	Phecto	PMZi
REP	2	5298 ns	1 ns	1.30 ns	0.40 ns	2.40 ns	7.10 ns	0.030 ns	0.20 ns	4 *	14.40 *	162 ns	17 ns	0.0010 *	6.40 ns
GEN	60	17864960 **	32.50 **	34 **	0.20 ns	1890 **	1021.20 **	207.20 **	18 **	122 **	1530.30 **	135129.30 **	1622 **	0.0030 **	5405.20 **
LIN	52	4414579 **	29 **	29.40 **	0.20 ns	1436 **	701 **	159.20 **	15 **	80 **	1130.30 **	94748 **	1185 **	0.0030 **	3790 **
CRUZ	5	567977 **	6.3 *	9.20 *	0.10 ns	1620.50 **	1699 **	38 **	1.10 **	18 *	235.10 **	7721 **	736 **	0.00040 *	309 **
TEST	1	4721075.30 *	0.20 ns	0.20 ns	0.20 ns	20.20 *	561 *	95.20 *	4 *	5 *	1067 *	13113.40 *	1908.20 *	0.0010 ns	525 *
Error	120	4643.00	1.00	1.00	0.20	5.00	3.20	0.04	0.10	1.00	5.00	186.40	7.00	0.00020	7.50
CV (%)		2.10	1.00	1.20	35.00	1.20	2.00	0.30	1.30	2.00	2.00	3.00	4.00	2.00	3.00

**= altamente significativo con $\alpha \leq 0.01$, * Significativo con $\alpha \leq 0.05$, ns = no significativo; FV = fuente de variación; GL = grados de libertad; CV = coeficiente de variación; RG = rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$); DFM = días a floración masculina; DFF = días a floración femenina; AsF = asincronía floral; AP = altura de planta; AM = altura de mazorca; Valores de una muestra de 5 mazorcas. LMz = longitud de mazorca (cm); DMz = diámetro de mazorca (cm); NHM = número de hileras por mazorca; NGH = número de granos por hilera; PMz = Peso de mazorca; PO = peso de olote (g); Phecto = Peso hectolítrico ((kg Hectolitro⁻¹); PMZi = peso de mazorca individual (g).

Anexo 4. Cuadrados medios del análisis de varianza para rendimiento de grano y sus componentes en 61 genotipos de maíz evaluados en Tecamac. Ciclo agrícola Primavera- Verano, 2015.

FV	GL	RG	DFM	DFF	AsF	AP	AM	LMz	DMz	NHM	NGH	PMz	PO	Phecto	PMZi
REP	2	2649 ns	2.40 ns	1 ns	0.30 ns	2.40 ns	2 ns	0.010 ns	0.11 *	1.10 ns	1 ns	26.20 ns	10 ns	0.0000065 ns	1 ns
GEN	60	13032472 **	17 **	16.30 **	0.10 ns	2035 **	971 **	236 **	16.40 **	120 **	1651.20 **	141492.10 **	1388.30 **	0.0070 **	5660 **
LIN	52	3212600 **	16 **	15 **	0.10 ns	1802.20 **	854 **	181 **	11 **	68 **	1180.30 **	75842.40 **	1132 **	0.0070 **	3034 **
CRUZ	5	1286976 **	17.10 *	16 *	0.30 ns	235 **	134 **	27 **	2 **	25 *	779 **	7437 **	566 **	0.0010 ns	297 **
TEST	1	412220 ns	0.20 ns	0.20 ns	0.20 ns	3 ns	600 *	17 *	0.20 *	0.20 ns	121 *	10870 *	240 *	0.00030 ns	435 *
Error	120	4027.00	0.84	0.80	0.20	4.00	3.40	0.05	0.030	1.10	4.00	131.00	8.00	0.00020	5.20
CV (%)		2.20	1.20	1.20	38.00	1.20	2.50	0.32	0.84	2.00	2.00	2.50	4.30	2.00	2.50

**= altamente significativo con $\alpha \leq 0.01$, * Significativo con $\alpha \leq 0.05$, ns = no significativo; FV = fuente de variación; GL = grados de libertad; CV = coeficiente de variación; RG = rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$); DFM = días a floración masculina; DFF = días a floración femenina; AsF = asincronía floral; AP = altura de planta; AM = altura de mazorca; Valores de una muestra de 5 mazorcas. LMz = longitud de mazorca (cm); DMz = diámetro de mazorca (cm); NHM = número de hileras por mazorca; NGH = número de granos por hilera; PMz = Peso de mazorca; PO = peso de olote (g); Phecto = Peso hectolítrico ($kg\ Hectolitro^{-1}$); PMZi = peso de mazorca individual (g).

Anexo 5. Comparación de medias entre tres ambientes de Valles Altos para rendimiento de grano y sus componentes. Ciclo agrícola Primavera-Verano 2015.

Variab les	RG	DFM	DFF	AsF	AP	AM	LMz	DMz	NHM	NGH	PMz	PO	Pfecto	PMZi
MT	3259 b	77.30 a	79 a	1.50 a	205.2 a	107.50 a	66.40 b	21.30 a	65.40 a	112.10 a	530 a	71 b	0.73 b	106 a
CH	3305.40 a	74 c	74.50 c	1.20 b	182.40 b	91 b	67.50 a	21.30 a	64.40 b	108 b	520.30 b	74 a	0.74 a	104.10 b
TC	2861.60 c	76.10 b	77 b	1.20 b	159 c	76 c	665 c	20.50 b	61 c	107 c	458.40 c	65 c	0.70 c	92 c
DMS	14.20	0.20	0.21	0.11	0.80	0.70	0.05	0.10	0.24	0.50	2.60	0.70	0.0034	0.50

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). RG = rendimiento de grano por hectárea (t ha⁻¹); DFM = días a floración masculina; DFF = días a floración femenina; AsF = asincronía floral; AP = altura de planta; AM = altura de mazorca; Valores de una muestra de 5 mazorcas. LMz = longitud de mazorca (cm); DMz = diámetro de mazorca (cm); NHM = número de hileras por mazorca; NGH = número de granos por hilera; PMz = Peso de mazorca; PO = peso de olote (g); Pfecto = Peso hectolítrico (kg Hectolitro⁻¹); PMZi = peso de mazorca individual (g). DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Anexo 6. Promedios del rendimiento de grano y sus componentes por grupo de materiales genéticos dentro de cada ambiente.

Ciclo agrícola Primavera-Verano 2015.

Ambiente	Gpo	RG	DFM	DFF	AsF	AP	AM	LMz	DMz	NHM	NGH	PMz	PO	Plecto	PMZi
Montecillo	Líneas	2.533 c	78 b	79.05 a	1.50 a	198.30 b	104.60 b	64.50 b	20.70 c	64.60 b	107.30 c	478.50 c	66.50 c	0.73 a	95.70 c
Montecillo	Cruzas	7.796 b	72 c	72.40 b	1.20 a	249.50 a	123.30 a	78.10 a	24 b	66 b	138.30 b	802 b	92 b	0.75 a	160.40 b
Montecillo	Testigos	8.863 a	81.50 a	82.50 a	1.50 a	253.70 a	135 a	80.70 a	26.80 a	83.60 a	161.30 a	1072.7 a	122.60 a	0.76 a	214.50 a
	DMS	1.042.00	3.40	3.60	0.45	24.80	14.80	5.90	1.40	5.00	15.80	112.30	16.06	0.03	22.50
Chapingo	Líneas	2.491 c	74 b	74.60 b	1.30 a	177.40 b	87.30 b	65.70 b	20.80 c	63.70 b	102.90 c	470.40 c	69.10 c	0.73 b	94.10 c
Chapingo	Cruzas	8.039 b	70.70 c	71.20 c	1.10 a	217 a	117.20 a	80 a	23.30 b	63.40 b	134.30 b	812.10 b	97.50 b	0.77 a	162.40 b
Chapingo	Testigos	10.677 a	80.30 a	81.20 a	1.30 a	212 a	105.30 a	79.20 a	26.40 a	86.70 a	156.70 a	976.80 a	126.20 a	0.76 a	193.50 a
	DMS	1.066	2.80	2.80	0.40	20.00	14.80	6.40	2.00	4.60	17.20	154.60	18.03	0.02	31.00
Tecámac	Líneas	2.154 b	76 b	76.80 b	1.30 a	154.30 b	73 b	62.90 b	20 c	60 b	102.30 c	402 c	61.20 c	0.70 b	80.40 c
Tecámac	Cruzas	7.410 a	76.30 b	77.40 b	1.40 a	184.20 a	98 a	76.50 a	23.30 b	61.80 b	127.60 b	737.20 b	82.80 b	0.75 a	147.50 b
Tecámac	Testigos	7.962 a	80.10 a	81.20 a	1.20 a	204.3 a	95.70 a	80.80 a	26.50 a	84.70 a	168.20 a	1115.60 a	112.30 a	0.76 a	223.10 a
	DMS	0.913	2.20	2.15	0.40	21.10	14.80	6.75	1.70	4.30	17.75	138.40	17.30	0.04	27.70

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). RG = rendimiento de grano por hectárea ($t\ ha^{-1}$); DFM = días a floración masculina; DFF = días a floración femenina; AsF = asincronía floral; AP = altura de planta; AM = altura de mazorca; Valores de una muestra de 5 mazorcas. LMz = longitud de mazorca (cm); DMz = diámetro de mazorca (cm); NHM = número de hileras por mazorca; NGH = número de granos por hilera; PMz = Peso de mazorca; PO = peso de olote (g); Plecto = Peso hectolítrico ($kg\ Hectolitro^{-1}$); PMZi = peso de mazorca individual (g). DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Anexo 7. Promedios del rendimiento de grano y sus componentes por grupo de materiales genéticos en Montecillo. Ciclo agrícola Primavera-Verano 2015.

Caracteres	Grupos			DMS
	Líneas	Cruzas	Testigos	
Rendimiento por hectárea (t ha⁻¹)	2.533 c	7.796 b	8.863 a	1.042
Días a floración masculina	78 b	72 c	81.50 a	3.40
Días a floración femenina	79.05 a	72.40 b	82.50 a	3.60
Asincronía floral	1.50 a	1.20 a	1.50 a	0.45
Altura de planta (cm)	198.30 b	249.50 a	253.70 a	24.80
Altura de mazorca (cm)	104.60 b	123.30 a	135 a	14.80
Largo de mazorca (cm)	64.50 b	78.10 a	80.70 a	5.90
Diámetro de mazorca (cm)	20.70 c	24 b	26.80 a	1.40
Número de hileras	64.60 b	66 b	83.60 a	5.00
Número de granos por hilera	107.30 c	138.30 b	161.30 a	15.80
Peso de mazorca (g)	478.50 c	802 b	1072.7 a	112.30
Peso de olote (g)	66.50 c	92 b	122.60 a	16.06
Peso hectolítrico	0.73 a	0.75 a	0.76 a	0.03
Peso de mazorca individual	95.70 c	160.40 b	214.50 a	22.50

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Anexo 8. Promedios del rendimiento de grano y sus componentes por grupo de materiales genéticos en Chapingo. Ciclo agrícola Primavera-Verano 2015.

Caracteres	Grupos			DMS
	Líneas	Cruzas	Testigos	
Rendimiento por hectárea (t ha⁻¹)	2.491 c	8.039 b	10.677 a	1.066
Días a floración masculina	74 b	70.70 c	80.30 a	2.80
Días a floración femenina	74.60 b	71.20 c	81.20 a	2.80
Asincronía floral	1.30 a	1.10 a	1.30 a	0.40
Altura de planta (cm)	177.40 b	217 a	212 a	20.00
Altura de mazorca (cm)	87.30 b	117.20 a	105.30 a	14.80
Largo de mazorca (cm)	65.70 b	80 a	79.20 a	6.40
Diámetro de mazorca (cm)	20.80 c	23.30 b	26.40 a	2.00
Número de hileras	63.70 b	63.40 b	86.70 a	4.60
Número de granos por hilera	102.90 c	134.30 b	156.70 a	17.20
Peso de mazorca (g)	470.40 c	812.10 b	976.80 a	154.60
Peso de olote (g)	69.10 c	97.50 b	126.20 a	18.03
Peso hectolítrico	0.73 b	0.77 a	0.76 a	0.02
Peso de mazorca individual	94.10 c	162.40 b	193.50 a	31.00

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DMS = Diferencia

Mínima Significativa.

Anexo 9. Promedios del rendimiento de grano y sus componentes por grupo de materiales genéticos en Tecámac. Ciclo agrícola Primavera-Verano 2015.

Caracteres	Grupos			DMS
	Líneas	Cruzas	Testigos	
Rendimiento por hectárea (t ha⁻¹)	2.154 b	7.410 a	7.962 a	0.913
Días a floración masculina	76 b	76.30 b	80.10 a	2.20
Días a floración femenina	76.80 b	77.40 b	81.20 a	2.15
Asincronía floral	1.30 a	1.40 a	1.20 a	0.40
Altura de planta (cm)	154.30 b	184.20 a	204.3 a	21.10
Altura de mazorca (cm)	73 b	98 a	95.70 a	14.80
Largo de mazorca (cm)	62.90 b	76.50 a	80.80 a	6.75
Diámetro de mazorca (cm)	20 c	23.30 b	26.50 a	1.70
Número de hileras	60 b	61.80 b	84.70 a	4.30
Número de granos por hilera	102.30 c	127.60 b	168.20 a	17.75
Peso de mazorca (g)	402 c	737.20 b	1115.60 a	138.40
Peso de olote (g)	61.20 c	82.80 b	112.30 a	17.30
Peso hectolítrico	0.70 b	0.75 a	0.76 a	0.04
Peso de mazorca individual	80.40 c	147.50 b	223.10 a	27.70

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DMS = Diferencia

Mínima Significativa.

Anexo 10. Comparación de medias para rendimiento de grano y sus componentes en 61 genotipos de maíz evaluados en tres ambientes de Valles Altos. Ciclo agrícola Primavera- Verano, 2015.

GEN	RG	DFM	DF	AsF	AP	AM	LMz	DMz	NHM	NGH	PMz	PO	Plecto	PMzi	
HS-2	9421.51	a	81 a	82 a	1.44 a	227.78 a	116.89 bc	79.61 c	26.01 b	85.11 a	169.89 a	1054.67 a	105.67 d	0.77 a-d	210.93 a
H-40	8913.69	b	81 ab	81 ab	1.22 a	218.78 bc	107.11 efg	80.82 b	27.14 a	84.89 a	154.22 b	1049.33 a	135.06 a	0.76 b-h	209.87 a
99 x 107	8432.37	c	72 e'-i'	74 u-x	1.44 a	219.33 bc	108.89 def	78.51 d	23.56 ef	62.22 l-q	137.89 cd	826.08 b	77.78 i-l	0.75 b-i	165.22 b
107 x 206	8419.45	c	73 b'-i'	74 u-x	1.22 a	226.00 a	115.44 bc	82.14 a	22.99 fgh	62.22 l-q	137.00 cd	804.50 c	87.11 fg	0.78 ab	160.90 c
106 x 180	8276.45	d	74 a'-e'	75 q-v	1.11 a	212.44 de	105.33 f-i	75.81 g	23.21 efg	64.22 g-k	124.56 f	771.46 de	80.89 ij	0.78 a	154.29 de
105 x 194	7606.62	e	72 h'i'	72 x	1.22 a	223.67 ab	113.11 bcd	77.90 e	23.56 ef	63.56 h-m	123.56 fg	765.94 ef	94.44 e	0.75 b-k	153.19 ef
109 x 205	7241.57	f	73 a'-i'	74 t-x	1.22 a	223.78 ab	134.11 a	79.33 c	23.41 ef	63.33 i-n	137.00 cd	747.33 f	92.56 e	0.76 a-e	149.47 f
142 x 188	6515.18	g	73 a'-h'	74 v-x	1.11 a	196.11 fg	100.00 i-m	74.30 h	24.32 cd	66.67 def	140.44 c	787.08 cd	111.39 c	0.74 d-l	157.42 cd
39	4479.53	h	75 q-x	77 j-p	1.56 a	213.33 cd	112.33 cde	76.62 f	24.48 c	66.89 def	131.56 ed	746.17 f	79.78 ij	0.74 c-l	149.23 f
43	3939.49	i	73 b'-i'	74 u-x	1.22 a	180.44 opq	73.78 a'b'c'	67.38 q	23.07 e-h	66.89 def	123.22 fg	673.42 gh	78.33 ijk	0.75 c-k	134.68 gh
40	3840.19	ij	77 i-q	78 g-m	1.22 a	215.00 cd	118.11 b	65.05 v	22.59 ghi	61.78 m-q	118.89 hi	686.79 gh	86.11 gh	0.75 b-k	137.36 gh
41	3795.49	jk	78 e-l	78 f-k	1.11 a	211.22 de	101.89 g-l	71.36 j	23.67 de	65.78 efg	134.78 ed	692.50 g	93.61 e	0.74 c-l	138.50 g
29	3739.30	jkl	74 a'-g'	74 r-w	1.22 a	178.67 pq	85.78 v-y	72.35 i	20.75 j-n	54.44 x	114.44 jkl	557.28 k	91.11 efg	0.74 e-m	111.46 k
52	3708.66	kl	74 a'b'c'	75 q-v	1.11 a	199.78 f	98.33 k	62.59 z	23.02 e-h	63.56 h-m	110.44 m-p	550.92 k	62.78 u-x	0.75 b-k	110.18 k
9	3679.59	lm	76 n-u	76 l-q	1.11 a	193.56 gh	101.78 g-l	68.37 mn	22.19 i	63.11 j-n	115.00 jk	675.93 gh	68.47 t-s	0.75 b-i	135.19 gh
47	3576.75	mn	73 a'-i'	74 u-x	1.11 a	193.44 gh	106.22 fgh	70.86 k	22.99 fgh	67.33 de	117.33 hij	669.38 h	92.22 ef	0.72 k-q	133.88 h
31	3495.51	no	78 d-k	79 c-h	1.44 a	168.78 st	88.89 r-v	67.95 nop	20.81 j-m	56.67 vw	119.44 hi	609.59 i	77.22 i-m	0.76 a-d	121.92 i
44	3405.46	o	73 c'-i'	73 v-x	1.22 a	185.67 j-o	99.78 j-m	66.74 r	22.20 i	64.67 g-j	104.11 rst	477.50 mn	70.00 p-s	0.68 tuv	95.50 mn
17	3287.44	p	74 a'b'	75 p-u	1.44 a	159.89 vw	72.33 c'd'	66.06 s	20.12 n-r	64.67 g-j	109.78 nop	430.33 qrs	63.89 t-w	0.74 e-m	86.07 qrs
28	3270.47	pq	74 a'-d'	75 q-v	1.33 a	169.89 st	93.78 n-r	64.13 wx	20.10 n-r	62.89 j-o	111.11 l-p	446.00 pq	64.22 tuv	0.75 b-k	89.20 pq
53	3204.36	pq	78 d-i	79 c-g	1.33 a	184.56 j-p	99.00 k-n	67.61 pq	22.11 i	62.89 j-o	114.00 j-m	515.75 l	55.00 a'b'	0.73 i-o	103.15 l
35	3175.02	qr	79 c-g	80 b-e	1.44 a	189.00 h-k	96.00 m-q	65.22 uv	20.09 o-r	65.33 fgh	120.78 gh	366.92 xy	58.78 w-z	0.72 j-p	73.38 xy
5	3063.45	rs	79 b-f	80 b-f	1.22 a	188.44 h-l	95.44 m-q	62.87 z	22.92 fgh	63.56 h-m	105.67 qrs	542.15 k	72.11 m-r	0.75 b-i	108.43 k
16	3010.42	st	74 a'-f'	75 r-w	1.22 a	171.56 rs	78.78 a'-z	67.54 pq	21.27 j	61.11 opq	119.44 hi	593.83 ij	81.89 hi	0.77 abc	118.77 ij
46	2991.17	st	72 e'-i'	73 wx	1.11 a	181.78 m-q	99.44 klm	65.78 st	22.13 i	62.67 k-p	116.67 ji	593.33 ij	76.11 j-o	0.70 o-t	118.67 ij
27	2976.14	stu	75 a'-z	76 o-t	1.44 a	176.89 qr	95.22 m-q	66.90 r	21.08 jk	61.78 m-q	111.67 k-o	552.83 k	76.67 j-n	0.74 e-m	110.57 k
45	2946.65	tu	75 p-w	77 k-p	1.44 a	181.22 n-q	88.33 s-w	63.40 y	22.66 ghi	66.89 def	112.44 k-n	587.67 j	87.00 gh	0.74 c-l	117.53 j
25	2876.84	u	79 b-e	80 bcd	1.44 a	170.67 st	96.67 l-p	66.12 s	19.87 qr	61.11 opq	104.44 q-t	435.67 pqr	69.44 p-s	0.73 g-n	87.13 pqr
6	2721.84	v	75 s-z	76 m-r	1.56 a	176.78 qr	88.89 r-v	73.99 h	20.90 jkl	65.33 fgh	125.22 f	486.60 mn	58.00 xyz	0.75 c-k	97.32 mn
50	2562.73	w	77 h-o	78 g-l	1.22 a	182.44 l-q	88.89 r-v	68.75 m	20.73 j-o	70.44 c	112.11 k-n	444.83 pq	69.44 p-s	0.68 s-v	88.97 pq
18	2499.15	wx	77 h-p	78 g-l	1.22 a	182.22 m-q	91.67 p-s	66.16 s	21.06 jk	71.11 c	119.33 hi	482.00 mn	68.94 t-s	0.76 a-f	96.40 mn
49	2462.98	wxy	76 l-t	77 i-p	1.33 a	180.44 opq	95.22 m-q	71.15 jk	20.44 k-q	61.56 n-q	110.89 l-p	494.81 m	73.61 k-q	0.76 a-g	98.96 m

37	2441.19	xy	77	h-o	78	f-k	1.22	a	187.78	h-m	105.11	f-j	64.26	wx	21.03	jk	64.00	g-l	112.11	k-n	418.98	r-u	71.83	n-r	0.68	s-v	83.80	r-u
13	2396.47	xy	72	f'-i'	73	v-x	1.56	a	164.78	stu	84.89	v-y	67.76	opq	20.69	j-p	64.00	g-l	101.11	t-w	430.00	qrs	60.06	v-y	0.70	n-t	86.00	qrs
4	2393.71	xy	76	j-r	78	g-m	1.44	a	195.11	fg	100.56	i-m	60.47	a'	20.03	pqr	60.89	pqr	105.56	qrs	466.71	no	53.89	a'-d'	0.75	b-k	93.34	no
19	2392.47	xy	75	r-z	76	m-r	1.44	a	190.44	g-j	81.78	yz	55.60	e'	18.12	uv	61.11	opq	98.67	vw	282.83	b'	35.56	h'	0.70	q-v	56.57	b'
20	2355.71	y	73	d'-i'	74	s-x	1.44	a	137.67	a'	64.22	e'f'	63.94	x	20.17	m-r	58.67	stu	98.67	vw	405.33	t-w	54.78	a'b'c'	0.68	tuv	81.07	t-w
26	2207.49	z	77	g-n	79	d-i	1.56	a	176.78	qr	91.33	p-t	63.50	y	19.98	qr	67.33	de	104.67	q-t	394.33	vw	45.83	e'f'	0.69	s-v	78.87	vw
11	2150.68	a'z	74	a'b'	76	n-s	1.56	a	179.22	pq	87.22	s-x	64.53	w	19.98	qr	63.78	h-l	90.89	x	412.96	s-v	54.17	a'-d'	0.74	c-l	82.59	s-v
32	2115.27	a'z	79	a-d	80	abc	1.44	a	206.56	e	103.11	g-k	70.28	l	19.92	qr	59.11	rst	92.33	x	367.64	xy	73.06	l-q	0.72	k-q	73.53	xy
33	2062.31	a'b'	78	d-j	79	c-h	1.44	a	199.78	f	101.67	h--l	67.40	q	20.21	m-r	57.11	uv	108.11	opq	480.63	mn	70.83	pqr	0.73	f-m	96.13	mn
21	1991.23	b'	73	c'-i'	73	v-x	1.22	a	131.22	b'	69.22	c'dé'	54.33	f'g'	19.68	rs	67.33	de	97.89	w	340.67	z	45.00	f'	0.75	b-j	68.13	z
34	1971.72	c'b'	80	abc	81	ab	1.44	a	184.33	k-p	91.22	q-u	66.13	s	19.07	st	56.44	vw	99.78	uvw	351.00	yz	49.22	dé'f'	0.67	uv	70.20	yz
51	1872.80	c'	75	r-y	76	m-r	1.33	a	192.00	ghi	92.44	o-s	71.17	jk	22.52	hi	73.56	b	120.00	ghi	515.10	l	79.89	ij	0.63	w	103.02	l
7	1663.59	d'	76	m-t	77	i-o	1.56	a	200.44	f	97.22	l-o	65.62	tu	20.22	m-r	63.56	h-m	78.33	z	401.56	uvw	124.72	b	0.72	j-p	80.31	uvw
8	1656.86	d'	78	d-j	79	c-g	1.33	a	178.56	pq	85.89	u-y	58.82	b'	17.86	vw	58.22	tuv	92.89	x	303.67	a'	49.72	c'-f'	0.74	d-l	60.73	a'
2	1656.28	d'	76	o-v	77	i-o	1.67	a	149.78	y	78.56	a'-z	64.32	wx	19.69	rs	55.11	wx	102.33	s-v	424.43	rst	67.17	r-u	0.73	h-n	84.89	rst
22	1606.10	dé'	72	i'	72	x	1.33	a	111.56	c'	62.00	f'	53.97	g'	18.67	tu	65.11	g-i	101.11	t-w	319.89	a'	39.78	g'h'	0.73	f-m	63.98	a'
24	1563.99	dé'f'	78	d-h	79	c-h	1.11	a	163.89	uv	72.89	b'c'	65.78	st	17.93	vw	58.00	tuv	103.00	stu	351.17	yz	44.86	f'g'	0.74	d-l	70.23	yz
10	1511.58	e'f'g'	72	g'h'i'	74	u-x	1.67	a	169.89	st	82.00	xyz	64.12	wx	20.23	m-r	61.56	n-q	79.11	z	451.61	op	57.78	a'	0.76	a-e	90.32	op
42	1466.07	f'g'	76	m-t	77	i-p	1.44	a	156.00	wx	67.00	dé'f'	64.11	wx	18.70	tu	67.33	de	110.33	m-p	310.00	a'	65.28	stu	0.73	i-o	62.00	a'
23	1414.78	g'	77	g-n	78	f-l	1.22	a	142.11	a'	64.78	e'f'	53.93	g'	20.33	l-r	68.22	d	81.56	yz	385.33	wx	71.11	o-r	0.69	s-v	77.07	wx
48	1246.56	h'	78	e-m	78	e-j	1.11	a	161.11	vw	87.67	s-w	60.84	a'	19.12	st	60.44	qrs	78.00	a'z	308.67	a'	60.00	v-y	0.71	m-s	61.73	a'
1	1238.45	h'	77	i-q	78	f-l	1.44	a	140.33	a'	71.11	c'd'	64.23	wx	20.64	j-p	64.22	g-k	107.67	pqr	365.02	y	73.19	k-q	0.72	l-r	73.00	y
14	1212.79	h'i'	73	b'-i'	74	t-x	1.44	a	147.78	yz	70.56	c'd'	57.35	c'	19.06	st	65.11	f-i	83.44	y	279.17	b'c'	51.39	b'c'd'	0.70	u-t	55.83	b'c'
36	1188.77	h'i'	76	k-s	77	i-p	1.11	a	215.44	cd	106.67	fgh	68.18	no	20.90	jkl	63.78	h-l	108.00	opq	521.04	l	74.17	k-p	0.68	s-v	104.21	l
38	1138.08	h'i'	78	d-i	79	c-h	1.22	a	180.44	opq	86.00	t-y	58.88	b'	17.45	w	56.44	vw	98.56	w	282.08	b'	35.56	h'	0.69	s-v	56.42	b'
30	1104.52	i'	76	j-r	77	h-n	1.33	a	153.56	xy	70.33	c'd'	50.75	h'	18.72	tu	60.67	qr	74.44	a'b'	260.33	c'd'	50.56	b'-e'	0.68	s-v	52.07	c'd'
12	945.76	j'	76	o-v	77	i-p	1.56	a	183.78	k-p	78.11	a'-b'	54.69	f'	18.14	uv	56.44	vw	72.33	b'	246.06	d'	54.44	a'b'c'	0.69	r-v	49.21	d'
15	614.87	k'	77	g-n	78	d-i	1.56	a	142.56	a'	73.44	a'b'c'	55.43	e'	17.99	vw	59.11	rst	80.22	yz	263.22	b'c'd'	35.56	h'	0.67	v	52.64	b'c'd'
3	540.61	k'	77	f-n	79	d-i	1.44	a	187.00	i-n	83.44	w-z	56.16	d'	18.23	uv	58.11	tuv	56.00	c'	214.00	e'	52.78	a'-d'	0.70	n-t	42.80	e'
DMS	112.36		2		2		0.85		6.03		5.34		0.42		0.66		1.88		3.68		20.26		5.19		0.03		4.05	

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). RG = rendimiento de grano por hectárea (t ha⁻¹); DFM = días a floración masculina; DFF = días a floración femenina; AsF = asincronía floral; AP = altura de planta; AM = altura de mazorca; Valores de una muestra de 5 mazorcas. LMz = longitud de mazorca (cm); DMz = diámetro de mazorca (cm); NHM = número de hileras por mazorca; NGH = número de granos por hilera; PMz = Peso de mazorca; PO = peso de olote (g); Pfecto = Peso hectolítrico (kg Hectolitro⁻¹); PMZi = peso de mazorca individual (g). DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Anexo 11. Comparación de medias para rendimiento de grano y sus componentes en 61 genotipos de maíz evaluados en

Montecillo, estado de México. Ciclo agrícola Primavera- Verano, 2015.

GEN	RG	DFM	DFD	AsF	AP	AM	LMz	DMz	NHM	NGH	PMz	PO	Phecto	PMZi	
HS-2	10250.23	a	82 abc	84 abc	2.00 a	268.33 a	130.00 a-e	81.15 b	26.13 ab	84.00 a	167.00 a	1170.00 a	102.67 c	0.76 a-d	234.00 a
99 x 107	9705.96	b	72 i	73 kl	1.33 a	253.00 bcd	124.67 b-j	83.00 a	23.70 c-g	62.67 m-q	145.67 c	903.25 c	80.00 fgh	0.73 a-g	180.65 c
106 x 180	8966.25	c	72 i	73 kl	1.33 a	241.67 c-g	122.67 c-l	76.43 f	23.93 c-f	67.33 g-j	134.67 gh	842.50 e	82.67 ef	0.78 a	168.50 e
107 x 206	8658.19	d	71 i	72 l	1.00 a	268.00 ab	132.00 a-d	81.53 b	24.17 cde	65.33 i-m	134.00 gh	883.50 d	93.00 d	0.77 abc	176.70 d
H-40	7476.91	e	81 b-e	81 d-g	1.00 a	239.00 d-h	140.00 a	80.22 c	27.53 a	83.33 a	155.67 b	975.38 b	142.50 a	0.76 a-d	195.08 b
105 x 194	6931.64	f	72 i	72 kl	1.00 a	239.67 d-h	111.67 h-q	78.38 d	23.67 c-g	66.00 h-l	133.00 gh	707.50 j	105.00 c	0.75 a-f	141.50 j
109 x 205	6648.63	g	72 i	73 kl	1.33 a	256.67 abc	137.67 ab	78.44 d	23.27 c-h	67.33 g-j	142.67 cd	752.00 g	82.67 ef	0.75 a-e	150.40 g
142 x 188	5869.12	h	72 i	72 kl	1.00 a	238.00 d-h	111.33 i-q	70.70 lm	24.67 bc	66.67 g-k	140.00 def	722.50 i	107.50 c	0.73 a-g	144.50 i
29	4615.18	i	72 i	73 kl	1.33 a	202.67 l-q	98.67 q-t	75.05 g	21.47 i-m	58.00 rst	130.00 h	654.33 m	105.00 c	0.75 a-f	130.87 m
43	4395.25	j	72 i	73 kl	1.33 a	209.00 l-o	111.33 i-q	65.58 t	23.23 c-h	69.33 d-g	117.00 jk	673.50 l	80.00 fgh	0.75 a-f	134.70 l
47	4240.38	k	73 hi	73 kl	1.00 a	226.67 g-k	121.67 c-l	71.35 kl	23.77 c-g	65.33 i-m	122.67 i	740.00 h	93.33 d	0.70 f-k	148.00 h
35	4135.12	k	81 bcd	83 a-d	2.00 a	213.00 k-n	118.00 e-n	71.55 jk	20.57 l-r	70.67 de	141.00 cde	412.00 g'h'	68.00 j-o	0.72 c-i	82.40 g'h'
28	4002.13	l	79 de	79 fgh	1.00 a	192.00 p-s	112.00 g-q	68.40 no	20.00 m-t	62.67 m-q	111.67 l-p	498.00 xy	67.67 k-o	0.73 b-h	99.60 xy
39	3788.71	m	79 ef	80 efg	1.67 a	240.67 d-h	132.67 abc	75.34 g	23.53 c-g	64.67 j-n	124.00 i	548.50 qr	54.33 s-v	0.74 a-f	109.70 qr
17	3703.11	m	73 hi	74 jkl	1.67 a	183.67 r-u	95.33 r-v	55.58 h'	19.30 p-t	61.33 opq	97.00 uv	337.50 m'n'	46.67 vwx	0.76 a-d	67.50 m'n'
52	3667.56	mn	77 fg	77 hi	1.00 a	235.67 e-h	121.00 c-l	58.43 f'	22.70 d-j	62.00 n-q	116.67 kl	532.33 t	58.33 p-u	0.75 a-f	106.47 t
5	3544.81	no	80 cde	81 d-g	1.33 a	231.00 f-j	120.67 c-m	70.69 lm	24.35 cd	67.33 f-j	106.00 q-t	783.44 f	78.00 fgh	0.76 a-d	156.69 f
42	3513.54	o	79 def	81 d-g	2.00 a	182.00 stu	99.00 p-t	63.28 xy	20.33 m-s	70.67 de	106.00 q-t	447.50 dé'	82.50 efg	0.77 ab	89.50 dé'
32	3497.83	o	82 abc	84 abc	2.00 a	245.00 c-f	125.67 b-g	77.51 e	21.47 i-m	60.67 pqr	98.00 uv	542.75 rs	82.50 efg	0.74 a-f	108.55 rs
44	3495.03	o	72 i	72 kl	1.00 a	204.00 l-p	110.67 k-q	68.60 n	21.50 i-m	70.00 def	111.67 l-p	477.50 a'b'	55.00 r-v	0.69 g-k	95.50 a'b'
46	3462.13	o	72 i	72 kl	1.00 a	212.67 k-n	110.00 l-q	72.31 ij	23.33 c-g	64.00 k-o	113.67 k-n	636.25 n	75.00 f-l	0.71 e-j	127.25 n
53	3441.75	o	80 b-e	81 c-g	1.33 a	204.00 l-p	116.67 e-o	64.28 v	22.63 e-j	70.00 def	111.00 m-q	476.50 a'b'	55.00 r-v	0.73 a-g	95.30 a'b'
45	3303.29	p	72 i	74 jkl	2.00 a	183.00 r-u	107.00 m-r	59.20 e'f'	22.83 d-i	72.00 d	112.67 k-n	553.00 q	89.33 de	0.75 a-f	110.60 q
41	3298.39	p	80 cde	80 efg	1.00 a	237.67 e-h	125.00 b-i	64.25 vw	21.30 i-n	66.00 h-l	131.67 gh	512.50 vw	92.50 d	0.74 a-f	102.50 vw
21	3295.02	p	72 i	72 kl	1.00 a	146.00 a'b'	82.00 v-a'	54.20 i'	20.13 m-t	76.67 c	111.00 m-q	397.00 i'	46.67 vwx	0.75 a-e	79.40 i'
4	3218.83	p	79 de	81 c-g	2.00 a	231.67 f-i	124.00 b-k	62.75 xyz	20.65 l-q	65.33 i-m	122.00 ij	570.63 p	66.67 l-p	0.76 a-d	114.13 p
9	3066.34	q	80 cde	81 d-g	1.00 a	208.67 l-o	98.67 q-t	60.35 d'	23.38 c-g	66.67 g-k	109.00 n-r	677.50 l	73.75 g-l	0.74 a-f	135.50 l
18	3042.14	qr	80 cde	81 d-g	1.33 a	217.67 i-l	125.33 b-h	75.39 g	20.57 l-r	76.00 c	136.67 efg	491.00 yz	73.50 h-l	0.75 a-e	98.20 yz
6	3025.58	qr	80 cde	82 c-f	2.00 a	200.00 n-q	106.00 n-r	73.33 h	20.83 k-q	66.67 g-k	135.00 efg	557.50 q	69.00 i-n	0.75 a-e	111.50 q
25	2979.57	qr	81 b-e	83 bcd	2.00 a	213.00 k-n	128.00 a-f	71.60 jk	19.43 o-t	60.00 qrs	124.67 i	474.50 c'b'	61.67 n-s	0.75 a-e	94.90 b'c'

16	2928.96	rs	72	i	73	kl	1.33	a	165.00	w-z	89.33	t-y	60.49	c'd'	20.10	m-t	58.00	rst	116.33	kl	589.00	o	79.00	fgh	0.77	ab	117.80	o
37	2835.54	st	80	b-e	82	c-g	1.33	a	197.33	o-r	113.67	g-o	66.52	s	20.67	l-q	66.00	h-l	141.67	cde	486.00	a'	75.50	f-k	0.74	a-f	97.20	a'
19	2721.52	tu	72	i	74	i-l	2.00	a	212.67	k-n	110.67	k-q	57.10	g'	19.20	q-t	62.00	n-q	115.67	klm	313.50	o'	36.67	y	0.72	c-i	62.70	o'
26	2604.65	uv	84	a	86	a	2.00	a	205.67	l-p	106.67	n-r	63.44	wx	20.03	m-t	64.00	k-o	98.00	uv	367.50	j'	42.50	wxy	0.67	i-l	73.50	j'
50	2583.98	v	80	cde	81	d-g	1.33	a	215.00	k-n	111.00	j-q	72.58	hi	22.13	g-l	76.00	c	111.67	l-p	572.00	p	75.00	f-l	0.71	e-j	114.40	p
33	2522.83	v	81	b-e	83	bcd	2.00	a	213.67	k-n	118.67	d-n	62.61	yz	19.63	n-t	58.00	rst	101.67	tu	402.50	hi'	57.50	q-u	0.73	b-h	80.50	hi'
27	2390.27	w	75	gh	76	ij	1.67	a	190.67	p-t	115.00	f-o	64.50	uv	20.53	l-s	62.00	n-q	113.67	k-n	518.50	uv	71.67	h-m	0.71	d-i	103.70	uv
31	2367.26	w	80	cde	82	c-f	2.00	a	175.67	t-x	91.00	s-x	62.28	a'	19.17	q-t	57.33	st	103.67	st	443.00	e'	61.67	n-s	0.77	abc	88.60	e'
34	2306.27	wx	84	a	85	ab	1.33	a	204.67	l-p	105.67	n-r	66.47	s	20.47	l-s	61.33	opq	106.67	p-t	393.00	i'	54.33	s-v	0.65	kl	78.60	i'
51	2209.65	xy	79	def	80	efg	1.33	a	226.00	h-k	118.00	e-n	68.12	n-q	21.63	h-m	80.00	b	130.00	h	643.50	n	78.00	fgh	0.63	l	128.70	n
11	2202.43	xy	77	gf	79	gh	2.00	a	180.67	s-v	88.67	t-z	66.85	rs	20.70	l-q	65.33	i-m	93.00	vw	472.00	c'b'	64.17	m-q	0.76	a-d	94.40	b'c'
20	2122.89	yz	72	i	75	ijk	2.00	a	150.00	a'	74.00	a'	67.53	pqr	18.87	st	61.33	opq	97.67	uv	523.50	tu	52.67	tuv	0.68	h-k	104.70	tu
49	2034.93	z	79	de	80	efg	1.33	a	216.00	j-m	118.33	d-n	68.23	nop	20.63	l-q	62.67	m-q	112.33	k-o	533.50	st	67.50	k-o	0.77	abc	106.70	st
7	1845.08	a'	83	ab	84	abc	1.67	a	226.00	h-k	112.00	g-q	70.50	m	21.03	j-o	66.00	h-l	79.33	a'	455.00	d'	132.50	b	0.72	c-i	91.00	d'
8	1816.77	a'b'	80	cde	83	b-e	2.00	a	203.00	l-q	96.00	r-u	59.35	e'	18.60	t	60.00	qrs	107.00	p-s	357.50	j'k'	57.50	q-u	0.77	abc	71.50	j'k'b'
48	1779.32	a'b'c'	79	def	80	efg	1.33	a	176.67	t-w	112.67	g-p	61.30	b'c'	18.63	t	55.33	t	77.67	a'	333.50	n'	60.00	o-t	0.74	a-f	66.70	n'
2	1738.99	a'b'c'	80	cde	82	c-f	2.00	a	161.00	x-a'	91.00	s-x	64.95	tuv	20.93	k-p	58.00	rst	95.00	v	417.50	f'g'	74.00	f-l	0.72	c-i	83.50	f'g'
22	1712.61	b'c'	72	i	72	kl	1.00	a	132.00	b'	76.00	ya'	53.60	i'	19.40	o-t	68.00	e-i	105.67	rst	302.67	p'	39.33	xy	0.73	a-g	60.53	p'
10	1700.51	b'c'	72	i	74	jkl	2.00	a	188.67	q-t	82.00	v-a'	65.28	tu	22.45	f-k	66.67	g-k	81.67	yz	693.00	k	55.00	r-v	0.76	a-d	138.60	k
40	1668.95	c'd'	81	b-e	82	c-f	1.33	a	242.67	c-f	128.00	a-f	50.50	k'	20.93	k-p	66.00	h-l	86.67	xy	488.00	yz	63.33	m-r	0.74	a-f	97.60	yz
24	1543.96	de'	80	cde	80	efg	1.00	a	183.67	r-u	88.67	t-z	67.38	qr	18.93	rst	64.00	k-o	109.33	n-r	397.50	i'	46.25	vwx	0.75	a-f	79.50	i'
13	1469.06	e'	72	i	74	jkl	2.00	a	169.00	u-y	87.00	t-a'	72.55	hi	20.37	m-s	63.33	l-p	107.33	o-s	506.00	wx	53.50	s-v	0.68	h-k	101.20	wx
14	1458.08	e'	73	hi	74	jkl	1.33	a	164.00	w-z	75.00	a'	57.49	g'	20.67	l-q	64.67	j-n	97.67	uv	345.00	l'm'	52.50	tuv	0.74	a-f	69.00	l'm'
38	1443.78	e'	81	b-e	82	c-f	1.33	a	215.67	klm	112.67	g-p	61.60	a'b'	18.63	t	55.33	t	108.67	n-s	337.50	m'n'	36.67	y	0.74	a-f	67.50	m'n'
23	1272.52	f'	79	def	80	efg	1.33	a	166.67	v-y	73.67	a'	53.60	i'	21.30	i-n	69.33	d-g	74.67	a'	473.50	c'b'	76.67	f-j	0.73	a-g	94.70	b'c'
30	1095.63	g'	81	b-e	82	c-f	1.67	a	154.67	a'	80.00	x-a'	52.25	j'	20.13	m-t	64.67	j-n	88.33	wx	352.50	k'l'	63.33	m-r	0.71	d-i	70.50	k'l'
15	939.94	h'	80	cde	81	c-g	1.67	a	163.00	w-z	94.67	r-w	61.15	b'c'd'	19.57	o-t	62.00	n-q	93.00	vw	303.17	p'	50.00	uvw	0.67	i-l	60.63	p'
12	774.52	i'	80	cde	82	c-f	2.00	a	183.00	r-u	83.33	u-a'	57.26	g'	19.17	q-t	60.67	pqr	82.67	yz	318.00	o'	63.33	m-r	0.74	a-f	63.60	o'
1	735.77	i'	80	cde	81	c-g	1.67	a	159.00	y-a'	81.33	w-a'	63.43	wxy	20.50	l-s	64.00	k-o	104.33	rst	426.72	f'	82.50	efg	0.73	a-h	85.34	f'
36	567.58	j'	80	cde	80	efg	1.00	a	249.00	cde	117.67	e-o	67.63	o-r	20.37	m-s	68.67	e-h	115.00	klm	465.63	c'	77.50	f-i	0.66	jkl	93.13	c'
3	148.74	k'	81	bcd	83	bcd	1.67	a	202.00	m-q	104.00	o-s	53.70	i'	16.50	u	50.00	u	43.00	b'	137.50	q'	50.00	uvw	0.75	a-e	27.50	q'
DMS	126.39		3		2.7		1.33		15.31		13.72		0.83		1.68		2.86		5.21		10.19		8.81		0.05		2.04	

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). RG = rendimiento de grano por hectárea (t ha⁻¹); DFM = días a floración masculina; DFF = días a floración femenina; AsF = asincronía floral; AP = altura de planta; AM = altura de mazorca; Valores de una muestra de 5 mazorcas. LMz = longitud de mazorca (cm); DMz = diámetro de mazorca (cm); NHM = número de hileras por mazorca; NGH = número de granos por hilera; PMz = Peso de mazorca; PO = peso de olote (g); Pfecto = Peso hectolítrico (kg Hectolitro⁻¹); PMZi = peso de mazorca individual (g). DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Anexo 12. Comparación de medias para rendimiento de grano y sus componentes en 61 genotipos de maíz evaluados en

Chapingo, estado de México. Ciclo agrícola Primavera- Verano, 2015.

GEN	RG	DFM	DFE	AsF	AP	AM	LMz	DMz	NHM	NGH	PMz	PO	Phecto	PMZi														
H-40	11564.32	a	80	ab	81	ab	1.33	a	213.67	cd	95.67	i	83.20	a	27.23	a	86.67	a	143.33	b	1014.50	a	144.00	a	0.75	a-f	202.90	a
HS-2	9790.23	b	80	ab	81	ab	1.33	a	210.00	de	115.00	d	75.23	gh	25.60	b	86.67	a	170.00	a	921.00	b	108.33	cde	0.78	abc	184.20	b
106 x 180	8420.37	c	70	lm	71	nop	1.00	a	211.67	d	107.33	efg	74.70	hi	23.33	efg	66.67	f-j	123.00	e-j	732.50	hi	83.33	k-n	0.79	ab	146.50	hi
105 x 194	8392.74	c	70	m	71	op	1.33	a	239.67	a	125.00	bc	81.53	c	23.37	efg	63.33	j-o	134.00	cd	867.50	c	101.67	efg	0.77	a-e	173.50	c
107 x 206	8318.82	cd	74	e-j	75	e-l	1.33	a	214.00	cd	112.33	de	83.10	a	22.27	h-l	60.67	n-r	144.00	b	815.00	def	95.00	ghi	0.79	a	163.00	def
99 x 107	8106.23	d	70	m	70	p	1.00	a	220.00	bc	106.00	fg	79.00	d	23.50	efg	62.67	k-p	125.33	e-h	775.00	def	76.67	m-q	0.77	a-d	155.00	fgh
109 x 205	7563.42	e	70	lm	71	nop	1.00	a	239.67	a	160.67	a	82.30	b	23.37	efg	61.33	mq	143.67	b	827.50	cde	111.67	cd	0.77	a-d	165.50	cde
142 x 188	7433.14	e	70	m	70	p	1.00	a	176.67	n-s	92.00	ij	75.60	g	24.13	def	66.00	g-k	135.67	c	855.00	cd	116.67	bc	0.77	a-e	171.00	cd
40	5870.14	f	75	d-g	75	e-j	1.00	a	208.67	def	123.33	c	64.30	vw	22.13	j-m	61.33	mq	125.00	e-i	784.38	efg	88.33	h-k	0.76	a-e	156.88	efg
39	5166.58	g	71	klm	72	l.p	1.33	a	203.67	efg	121.67	c	76.77	f	25.60	b	69.33	efg	127.33	def	835.00	cd	88.33	h-k	0.76	a-e	167.00	cd
41	4490.38	h	74	e-i	75	e-l	1.00	a	211.67	d	103.00	g	66.40	qr	24.67	bcd	66.67	f-j	113.00	n-s	690.00	ij	81.67	k-o	0.75	a-g	138.00	ij
9	4444.18	h	71	lm	71	m-p	1.33	a	197.00	ghi	103.67	g	74.30	i	22.70	g-j	62.00	l-p	122.00	f-k	769.67	fgh	75.00	r-q	0.77	a-d	153.93	fgh
43	4186.66	i	70	m	70	p	1.00	a	176.67	n-s	73.00	st	68.40	n	23.60	efg	70.67	cde	130.00	cde	763.00	gh	81.67	k-o	0.75	a-g	152.60	gh
17	4017.73	ij	71	lm	71	m-p	1.33	a	174.00	qrs	76.00	o.s	75.15	gh	21.50	k-m	67.33	e-i	118.33	h-p	578.50	no	85.00	m-l	0.74	b-h	115.70	no
31	3879.42	jk	75	d-g	75	e-j	1.00	a	137.00	x	62.33	x	62.07	yz	20.67	n-s	62.67	k-p	119.67	g-o	625.78	lm	66.67	r-v	0.76	a-e	125.16	lm
29	3806.68	jkl	73	e-k	74	i-n	1.00	a	177.33	n-r	83.67	lmn	71.50	k	21.25	m-p	52.00	s	104.67	tu	560.00	op	96.67	fgh	0.74	b-h	112.00	op
52	3746.89	klm	71	klm	72	l.p	1.00	a	188.00	jkl	91.00	ijk	66.60	q	24.17	de	66.67	f-j	121.33	f-l	646.67	jkl	68.33	u-t	0.75	a-f	129.33	jkl
53	3626.59	lmn	75	def	76	e-h	1.33	a	184.00	lmn	104.00	fg	75.23	gh	23.20	fgh	61.33	mq	125.33	e-h	687.00	ijk	63.33	s-w	0.74	b-h	137.40	ijk
44	3525.03	mn	70	lm	71	m-p	1.33	a	193.00	ijk	104.67	fg	75.33	gh	23.30	efg	63.33	j-o	113.67	m-r	585.00	mno	71.67	p-s	0.71	f-l	117.00	mno
28	3509.36	n	71	klm	72	l.p	1.67	a	183.00	l-o	85.33	klm	68.65	n	20.13	r-v	65.33	h-l	115.67	j-q	452.50	stu	66.67	r-v	0.75	a-f	90.50	stu
46	3252.67	o	71	lm	72	l.p	1.33	a	177.67	n-q	103.33	g	67.53	o	22.90	g-j	63.33	j-o	120.33	f.n	670.00	jkl	81.67	k-o	0.75	a-g	134.00	jkl
25	3221.01	o	80	ab	81	bc	1.33	a	169.00	st	92.00	ij	68.40	n	20.63	n-s	65.33	h-l	96.00	vwxx	485.00	qrs	83.33	k-n	0.75	a-g	97.00	qrs
27	3161.52	o	75	de	76	e-h	1.33	a	177.00	n-r	82.00	l-o	69.60	m	21.40	k-o	66.67	f-j	117.67	i-p	667.50	jkl	86.67	i-l	0.77	a-e	133.50	jkl
47	3062.80	op	70	lm	71	op	1.00	a	185.67	klm	94.00	i	72.73	j	23.10	ghi	74.67	b	120.67	f-m	687.50	ijk	105.00	def	0.75	a-f	137.50	ijk
37	3057.80	opq	75	de	76	d-g	1.33	a	192.00	ijk	105.00	fg	65.80	rst	22.27	h-l	65.33	h-l	112.67	o-s	416.25	uv	78.33	l-p	0.76	a-e	83.25	vu
35	2914.86	pqr	80	ab	80	bc	1.00	a	178.67	m-q	95.00	i	65.45	tu	21.10	n-q	64.67	i-m	114.33	l-q	386.25	v-y	61.67	t-x	0.75	a-g	77.25	v-y
13	2885.82	pqr	70	m	71	op	1.33	a	192.67	ijk	85.00	klm	74.27	i	21.25	m-p	66.00	g-k	114.67	k-q	471.50	rst	76.67	m-q	0.74	b-h	94.30	rst
49	2824.11	qrs	70	lm	71	m-p	1.33	a	175.00	p-s	81.00	l-p	70.43	l	21.00	n-r	63.33	j-o	93.00	xy	420.00	uv	81.67	k-o	0.76	a-e	84.00	vu
45	2819.25	rst	75	d-g	75	e-k	1.00	a	187.00	jkl	83.33	lmn	65.70	st	24.60	cd	67.33	e-i	109.67	q-u	652.50	jkl	93.33	g-j	0.73	d-j	130.50	jkl
6	2632.97	stu	70	lm	71	m-p	1.33	a	173.67	qrs	94.00	i	73.35	j	20.63	n-s	66.67	f-j	114.00	l-q	521.67	pq	60.00	u-x	0.72	e-k	104.33	pq
20	2629.30	stu	71	klm	72	l.p	1.00	a	148.00	w	71.00	s-v	62.53	y	20.25	q-u	59.33	pqr	96.33	vwxx	362.50	w-a'	58.33	v-y	0.69	h-l	72.50	v-a'
50	2589.81	tuv	71	klm	72	l.p	1.00	a	176.00	o-s	80.00	m-q	67.37	op	20.47	o-t	67.33	e-i	108.67	q-u	422.50	uv	70.00	p-t	0.67	kl	84.50	vu
26	2552.21	uv	74	e-i	75	e-k	1.33	a	169.67	rs	96.67	hi	68.70	n	20.27	q-u	73.33	bcd	106.33	r-u	430.50	tuv	55.00	w-z	0.69	i-l	86.10	tuv
5	2452.27	uvw	77	cd	78	cde	1.33	a	186.67	jkl	93.00	ij	58.44	b'	22.70	g-j	62.67	k-p	105.67	stu	488.00	qrs	76.67	m-q	0.75	a-f	97.60	qrs

34	2430.58	uvvw	82 a	84 a	2.00 a	194.00	hij	103.00	g	66.43	qr	19.40	uvvw	57.33	r	96.33	vwvx	367.50	vwxy	50.00	a'b'	0.67	kl	73.50	v-y
19	2420.18	uvvw	73 e-k	74 f-m	1.33 a	185.67	klm	71.67	stu	54.55	e'	17.85	z-c'	58.00	qr	85.33	z	260.00	e'f'g'	36.67	c'dé'	0.69	h-l	52.00	e'f'g'
16	2394.95	vw	75 d-g	75 e-j	1.00 a	188.00	jkl	85.00	klm	77.85	e	22.25	i-l	60.00	o-r	122.00	f-k	642.50	kl	100.00	efg	0.77	a-d	128.50	kl
33	2391.97	vw	74 e-i	75 e-k	1.33 a	212.00	d	110.00	def	77.30	ef	23.53	efg	63.33	j-o	134.67	cd	759.38	gh	98.33	fg	0.77	a-e	151.88	gh
11	2305.10	wx	72 i-m	73 i-p	1.33 a	185.67	klm	87.00	jkl	66.20	qrs	19.95	s-v	63.33	j-o	85.67	yz	404.38	vw	48.33	a'b'	0.74	b-h	80.88	vw
4	2116.61	xy	75 def	76 e-i	1.33 a	182.00	l-p	92.67	ij	58.63	b'	19.80	s.v	60.67	n-r	95.67	wx	457.00	atu	50.00	a'b'	0.75	a-f	91.40	stu
51	2022.70	yz	71 j-m	72 l.p	1.00 a	196.00	ghi	85.33	klm	83.13	a	25.47	bc	76.00	b	126.00	efg	624.31	lmn	98.33	fg	0.70	g-l	124.86	lmn
36	1863.74	za'	75 de	76 e-i	1.00 a	224.33	b	129.67	b	64.50	v	22.33	h-k	66.00	g-k	103.33	uv	517.50	pqr	66.67	r-v	0.69	h-l	103.50	pqr
22	1806.03	za'b'	70 m	71 op	1.33 a	118.33	z	69.00	t-w	55.95	c'd'	18.25	za'b'	64.00	i-n	102.67	uvw	384.50	vwxy	41.67	b'c'd'	0.76	a-e	76.90	v-y
18	1739.54	a'b'	75 de	76 e-h	1.00 a	174.00	qrs	75.67	p-s	58.53	b'	21.35	l-p	70.00	def	111.33	p-t	470.00	st	70.00	p-t	0.75	a-f	94.00	st
7	1695.26	a'b'	71 j-m	73 i-p	1.67 a	192.33	ijk	94.00	i	64.85	uv	20.23	q-u	63.33	j-o	74.00	a'b'	389.67	vwx	123.33	b	0.75	a-g	77.93	vwx
23	1637.46	a'b'c	75 de	76 e-i	1.00 a	148.67	w	83.00	lmn	51.70	f'	20.50	o-s	74.00	bc	84.00	za'	345.00	a'b'	70.00	p-t	0.67	kl	69.00	a'b'
2	1634.49	a'b'c	73 f-l	74 f-m	1.67 a	154.00	vw	81.00	l-p	61.80	z	19.55	t-w	60.00	o-r	114.00	l-q	545.78	op	62.50	t-w	0.74	b-h	109.16	op
10	1596.76	b'c'd'	71 klm	72 l.p	1.33 a	154.67	uvw	87.00	jkl	67.64	o	18.45	x-a'	61.33	mq	77.67	a'b'	314.33	b'c'd'	63.33	s-w	0.76	a-e	62.87	b'c'd'
8	1434.92	c'd'e	74 e-h	75 e-l	1.00 a	176.00	o-s	80.00	m-q	60.90	a'	17.87	z-c'	60.00	o-r	84.67	za'	286.00	c'dé'	50.00	a'b'	0.75	a-f	57.20	d'cé'
32	1432.97	c'd'e	81 ab	82 ab	1.33 a	201.00	fgh	102.00	gh	66.77	pq	18.73	w-z	57.33	r	85.33	z	292.67	c'dé'	73.33	o-r	0.72	e-k	58.53	d'cé'
38	1429.10	c'd'e	80 ab	81 ab	1.33 a	173.00	qrs	75.33	p-s	58.33	b'	16.27	d'	52.67	s	75.00	a'b'	233.75	f'g'h'	31.67	e'	0.67	l	46.75	f'g'h'
48	1426.26	c'd'e	75 d-g	75 e-j	1.00 a	172.00	qrs	79.67	m-q	63.67	wx	19.27	v-y	66.00	g-k	90.33	xyz	317.50	a'-d'	61.67	t-x	0.71	f-l	63.50	a'-d'
24	1388.39	d'e'	75 de	76 e-h	1.00 a	161.00	uvw	74.00	q-t	63.40	x	17.60	a'b'c'	53.33	s	93.67	x	328.50	a'b'c'	41.67	b'c'd'	0.73	c-i	65.70	b'c'
21	1273.55	e'	72 h-m	73 i-p	1.33 a	127.00	y	70.00	s-w	55.53	d'	20.43	p-t	59.33	pqr	85.00	za'	340.00	a'b'	45.00	a'b'	0.75	a-f	68.00	a'b'
14	1209.14	e'	72 g-m	74 i.n	1.67 a	153.00	w	74.67	q-t	60.40	a'	19.35	u-x	65.33	h-l	76.33	a'b'	275.00	dé'f'	56.67	w-z	0.70	g-l	55.00	dé'f'
12	907.58	f'	73 f-l	74 f-n	1.67 a	192.00	ijk	85.33	klm	56.25	c'	17.70	a'b'c'	58.00	qr	74.00	a'b'	217.67	g'h'	56.67	w-z	0.73	d-j	43.53	g'h'
1	846.42	f'g'	75 de	77 def	1.67 a	137.00	x	65.00	vwx	66.83	pq	21.03	n-r	63.33	j-o	111.00	p-t	203.33	hí'	83.75	k-n	0.74	b-h	40.67	hí'
3	712.81	f'g'h'	77 cd	78 cde	1.33 a	186.33	j-m	71.67	stu	56.40	c'	18.70	w-z	61.67	m-p	46.00	d'	222.00	g'h'	55.00	w-z	0.68	jkl	44.40	g'h'
30	618.81	g'h'i'	75 d-g	75 e-j	1.00 a	162.00	tu	78.00	n-r	48.65	g'	17.47	b'c'	60.67	n-r	61.67	c'	168.50	i'	38.33	c'dé'	0.67	l	33.70	i'
42	538.59	h'i'	74 e-i	74 f-m	1.00 a	193.00	ijk	66.00	u-x	66.30	qrs	18.37	y-b'	68.67	e-h	115.00	k-q	227.50	g'h'	53.33	a'	0.76	a-e	45.50	g'h'
15	441.57	i'	79 bc	79 bcd	1.33 a	138.00	x	64.67	wx	55.30	d'	17.03	c'd'	58.00	qr	75.67	a'b'	279.50	dé'f'	33.33	dé'	0.69	i-l	55.90	dé'f'
DMS	233.71		3	3	1.49	7.72		6.14		0.68		0.93		3.41		7.35		46.83		8.88		0.05		9.37	

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). RG = rendimiento de grano por hectárea ($t\ ha^{-1}$); DFM = días a floración masculina; DFF = días a floración femenina; AsF = asincronía floral; AP = altura de planta; AM = altura de mazorca; Valores de una muestra de 5 mazorcas. LMz = longitud de mazorca (cm); DMz = diámetro de mazorca (cm); NHM = número de hileras por mazorca; NGH = número de granos por hilera; PMz = Peso de mazorca; PO = peso de olote (g); Pfecto = Peso hectolítrico ($kg\ Hectolitro^{-1}$); PMZi = peso de mazorca individual (g). DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Anexo 13. Comparación de medias para rendimiento de grano y sus componentes en 61 genotipos de maíz evaluados en

Tecámac, estado de México. Ciclo agrícola Primavera- Verano, 2015.

GEN	RG	DFM	DFP	AsF	AP	AM	LMz	DMz	NHM	NGH	PMz	PO	Phecto	PMZi	
107 x 206	8281.33	A	74 i-l	75 ij	1.33 a	196.00 b	102.00 bcd	81.80 b	22.55 f	60.67 g-k	133.00 de	715.00 g	73.33 ef	0.77 abc	143.00 g
HS-2	8224.06	A	80 ab	81 a	1.00 a	205.00 a	105.67 b	82.45 b	26.30 a	84.67 a	172.67 a	1073.00 b	106.00 bc	0.77 abc	214.60 b
H-40	7699.83	B	80 a	82 a	1.33 a	203.67 a	85.67 df	79.05 d	26.65 a	84.67 a	163.67 b	1158.13 a	118.67 a	0.75 a-e	231.63 a
109 x 205	7512.67	Bc	77 a-h	78 b-g	1.33 a	175.00 f	104.00 b	77.25 ef	23.60 de	61.33 f-j	124.67 efg	662.50 h	83.33 d	0.76 a-d	132.50 h
105 x 194	7495.49	Bc	74 jkl	75 ij	1.33 a	191.67 bc	102.67 bc	73.78 i	23.65 de	61.33 f-j	103.67 n-q	722.81 fg	76.67 de	0.73 b-g	144.56 fg
99 x 107	7484.92	Bc	75 f-k	78 b-h	2.00 a	185.00 cd	96.00 d	73.53 i	23.47 e	61.33 f-j	142.67 c	800.00 d	76.67 de	0.75 a-e	160.00 d
106 x 180	7442.74	C	80 ab	80 a	1.00 a	184.00 d	86.00 df	76.30 g	22.35 fg	58.67 i-m	116.00 hij	739.38 fg	76.67 de	0.79 a	147.88 fg
142 x 188	6243.29	D	78 a-f	79 a-f	1.33 a	173.67 fg	96.67 cd	76.60 fg	24.15 cd	67.33 b	145.67 c	783.75 de	110.00 ab	0.73 c-h	156.75 de
39	4483.30	E	76 c-j	78 b-h	1.67 a	195.67 b	82.67 effg	77.75 e	24.30 c	66.67 bc	143.33 c	855.00 c	96.67 c	0.73 b-g	171.00 c
31	4239.85	F	79 a-d	80 a	1.33 a	193.67 b	113.33 a	79.50 d	22.60 f	50.00 pq	135.00 d	760.00 ef	103.33 bc	0.77 abc	152.00 ef
40	3981.47	G	75 g-l	76 f-j	1.33 a	193.67 b	103.00 b	80.35 c	24.70 bc	58.00 j-n	145.00 c	788.00 de	106.67 b	0.75 a-f	157.60 de
52	3711.54	H	75 f-l	76 f-j	1.33 a	175.67 f	83.00 effg	62.73 rs	22.20 fgh	62.00 e-i	93.33 stu	473.75 k	61.67 h-k	0.75 a-f	94.75 k
16	3707.35	H	75 g-l	76 f-j	1.33 a	161.67 j-m	62.00 no	64.29 q	21.45 i	65.33 b-e	120.00 ghi	550.00 ij	66.67 fgh	0.77 abc	110.00 ij
41	3597.69	Hi	79 a-d	80 a	1.33 a	184.33 d	77.67 ghi	83.44 a	25.05 b	64.67 b-f	159.67 b	875.00 c	106.67 b	0.75 a-f	175.00 c
9	3528.24	Hij	77 b-i	77 c-i	1.00 a	175.00 f	103.00 b	70.45 k	20.50 j	60.67 g-k	114.00 i-l	580.63 i	56.67 i-l	0.75 a-f	116.13 i
47	3427.06	Ijk	76 d-k	77 c-i	1.33 a	168.00 f-i	103.00 b	68.50 l	22.10 fgh	62.00 e-i	108.67 k-o	580.63 i	78.33 de	0.71 e-j	116.13 i
27	3376.64	Jkl	74 i-l	75 hij	1.33 a	163.00 jkl	88.67 e	66.60 n	21.30 i	56.67 l-o	103.67 n-q	472.50 k	71.67 eg	0.73 c-h	94.50 k
43	3236.56	Kl	77 b-i	78 b-h	1.33 a	155.67 mno	37.00 u	68.15 lm	22.38 fg	60.67 g-k	122.67 fgh	583.75 i	73.33 ef	0.75 a-f	116.75 i
44	3196.33	L	76 e-k	77 d-i	1.33 a	160.00 k-m	84.00 df	56.30 z	21.80 ghi	60.67 g-k	87.00 uvw	370.00 lmn	83.33 d	0.65 mn	74.00 lmn
5	3193.25	L	80 ab	80 a	1.00 a	147.67 pqr	72.67 i-l	59.48 w	21.70 hi	60.67 g-k	105.33 m-p	355.00 l-o	61.67 h-k	0.75 a-f	71.00 l-o
13	2834.52	M	75 f-l	76 f-j	1.33 a	132.67 st	82.67 effg	56.45 z	20.45 j	62.67 d-h	81.33 wx	312.50 p-s	50.00 l-o	0.69 g-l	62.50 p-s
29	2796.05	M	76 e-k	77 d-i	1.33 a	156.00 mno	75.00 ijk	70.50 k	19.53 lmn	53.33 op	108.67 k-o	457.50 k	71.67 eg	0.72 d-i	91.50 k
45	2717.43	Mn	80 ab	81 a	1.33 a	173.67 fg	74.67 ijk	65.30 p	20.55 j	61.33 f-j	115.00 ijk	557.50 ij	78.33 de	0.76 a-d	111.50 ij
18	2715.78	Mn	76 e-k	77 d-i	1.33 a	155.00 mno	74.00 ijk	64.55 q	21.25 i	67.33 b	110.00 j-n	485.00 k	63.33 g-j	0.77 ab	97.00 k
53	2544.74	No	80 ab	81 a	1.33 a	165.67 ijk	76.33 hij	63.30 r	20.48 j	57.33 k-n	105.67 m-p	383.75 lm	46.67 m-p	0.71 f-k	76.75 lm
49	2529.89	Nop	79 a-e	80 a-d	1.33 a	150.33 o-r	86.33 df	74.80 h	19.70 k-n	58.67 i-m	127.33 df	530.94 j	71.67 eg	0.75 a-f	106.19 j
50	2514.40	n-q	80 a	81 a	1.33 a	156.33 l-o	75.67 h-k	66.30 n	19.60 k-n	68.00 b	116.00 hij	340.00 n-q	63.33 g-j	0.67 klm	68.00 n-q
6	2506.95	n-q	74 i-l	75 ij	1.33 a	156.67 l-o	66.67 lmn	75.30 h	21.25 i	62.67 d-h	126.67 efg	380.63 lm	45.00 nop	0.77 abc	76.13 lm
35	2475.08	o-r	75 f-k	76 e-i	1.33 a	175.33 f	75.00 ijk	58.65 x	18.60 o	60.67 g-k	107.00 mno	302.50 q-u	46.67 m-p	0.71 f-k	60.50 q-u
25	2429.93	o-r	76 c-j	77 d-i	1.00 a	130.00 stu	70.00 klm	58.35 x	19.55 lmn	58.00 j-n	92.67 s-v	347.50 m-p	63.33 g-j	0.69 g-l	69.50 m-p
20	2314.94	p-s	75 g-l	76 f-j	1.33 a	115.00 wx	47.67 rs	61.75 tu	21.40 i	55.33 mno	102.00 o-r	330.00 o-r	53.33 k-n	0.67 klm	66.00 o-q
28	2299.92	Qrs	72 l	73 j	1.33 a	134.67 s	84.00 df	55.35 a'	20.17 jk	60.67 g-k	106.00 mno	387.50 l	58.33 h-l	0.77 abc	77.50 l
46	2258.72	Rs	75 g-l	75 hij	1.00 a	155.00 mno	85.00 df	57.50 y	20.15 jk	60.67 g-k	116.00 hij	473.75 k	71.67 eg	0.65 mn	94.75 k
17	2141.47	St	80 ab	81 a	1.33 a	122.00 v	45.67 st	67.44 m	19.55 lmn	65.33 b-e	114.00 i-l	375.00 lmn	60.00 h-k	0.71 f-k	75.00 lmn
1	2133.16	St	75 f-l	76 f-j	1.00 a	125.00 uv	67.00 lmn	62.43 st	20.40 j	65.33 b-e	107.67 l-o	465.00 k	53.33 k-n	0.69 h-m	93.00 k

19	2035.70	Tu	79	abc	80	a-d	1.00	a	173.00	fgh	63.00	n	55.15	a'	17.30	p	63.33	c-g	95.00	s	275.00	s-v	33.33	q	0.67	j-m	55.00	s-u
11	1944.50	Tuv	75	g-l	76	f-j	1.33	a	171.33	f-i	86.00	df	60.55	v	19.30	mn	62.67	d-h	94.00	st	362.50	l-o	50.00	l-o	0.73	b-g	72.50	l-o
4	1845.67	Uvw	75	f-l	76	f-i	1.00	a	171.67	f-i	85.00	df	60.03	vw	19.65	k-n	56.67	l-o	99.00	p-s	372.50	lmn	45.00	nop	0.73	b-g	74.50	lmn
24	1759.61	Vwx	80	ab	81	a	1.33	a	147.00	qr	56.00	opq	66.55	n	17.25	p	56.67	l-o	106.00	mno	327.50	o-r	46.67	m-p	0.75	a-f	65.50	o-q
8	1718.88	Wx	80	ab	80	a	1.00	a	156.67	l-o	81.67	fgh	56.20	z	17.10	p	54.67	no	87.00	uvw	267.50	uv	41.67	opq	0.71	f-k	53.50	uv
30	1599.12	Xy	74	i-l	75	hij	1.33	a	144.00	r	53.00	qr	51.35	e'	18.55	o	56.67	l-o	73.33	yz	260.00	v	50.00	l-o	0.67	j-m	52.00	v
2	1595.35	Xy	74	h-l	75	hij	1.33	a	134.33	s	63.67	n	66.20	no	18.60	o	47.33	q	98.00	qrs	310.00	p-t	65.00	g-i	0.73	c-h	62.00	p-t
26	1465.62	Yz	74	i-l	75	ij	1.33	a	155.00	mno	70.67	j-m	58.35	x	19.65	k-n	64.67	b-f	109.67	j-n	385.00	lm	40.00	pq	0.71	f-k	77.00	lm
7	1450.42	ywa'	74	i-l	75	hij	1.33	a	183.00	de	85.67	df	61.50	u	19.40	mn	61.33	f-j	81.67	wx	360.00	l-o	118.33	a	0.71	f-k	72.00	l-o
37	1430.24	ywa'	76	d-k	77	d-i	1.00	a	174.00	fg	96.67	cd	60.46	v	20.17	jk	60.67	g-k	82.00	wx	354.69	l-o	61.67	h-k	0.55	p	70.94	l-o
32	1415.00	ywa'	75	f-l	75	g-j	1.00	a	173.67	fg	81.67	fgh	66.55	n	19.55	lmn	59.33	h-l	93.67	stu	267.50	uv	63.33	g-j	0.71	f-k	53.50	uv
21	1405.11	ywa'	74	h-l	75	g-j	1.33	a	120.67	vw	55.67	q	53.25	c'	18.47	o	66.00	bcd	97.67	qrs	285.00	s-v	43.33	op	0.75	a-f	57.00	s-u
51	1386.06	y-b'	75	g-l	76	f-i	1.67	a	154.00	nop	74.00	ijk	62.25	st	20.45	j	64.67	b-f	104.00	n-q	277.50	s-v	63.33	g-j	0.57	op	55.50	s-u
23	1334.36	z-c'	78	a-g	79	a-f	1.33	a	111.00	x	37.67	u	56.50	z	19.20	n	61.33	f-j	86.00	vw	337.50	n-q	66.67	fgh	0.67	klm	67.50	n-q
22	1299.65	z-c'	73	kl	75	ij	1.67	a	84.33	z	41.00	tu	52.35	d'	18.35	o	63.33	c-g	95.00	s	272.50	tuv	38.33	pq	0.71	f-k	54.50	tuv
33	1272.14	z-c'	79	a-d	79	a-e	1.00	a	173.67	fg	76.33	hij	62.30	st	17.45	p	50.00	pq	88.00	t-w	280.00	s-v	56.67	i-l	0.71	f-k	56.00	s-u
10	1237.48	a'b'c'	73	jkl	75	hij	1.67	a	166.33	h-k	77.00	ghi	59.45	w	19.80	klm	56.67	l-o	78.00	xyz	347.50	m-p	55.00	j-m	0.77	abc	69.50	m-p
34	1178.30	b'c'd'	74	h-l	75	ij	1.00	a	154.33	nop	65.00	mn	65.50	op	17.35	p	50.67	pq	96.33	rs	292.50	r-v	43.33	op	0.69	h-m	58.50	r-v
12	1155.17	c'd'	74	h-l	75	hij	1.00	a	176.33	ef	65.67	mn	50.55	f'	17.55	p	50.67	pq	60.33	b'	202.50	x	43.33	op	0.61	no	40.50	x
36	1135.00	c'd'	74	i-l	75	hij	1.33	a	173.00	fgh	72.67	i-l	72.40	j	20.00	jkl	56.67	l-o	105.67	m-p	580.00	i	78.33	de	0.70	g-k	116.00	i
14	971.15	d'e'	73	kl	74	ij	1.33	a	126.33	tuv	62.00	nop	54.15	b'	17.15	p	65.33	b-e	76.33	xyz	217.50	wx	45.00	nop	0.65	lmn	43.50	wx
3	760.29	e'	74	i-l	75	hij	1.33	a	172.67	fgh	74.67	ijk	58.38	x	19.50	lmn	62.67	d-h	79.00	xy	282.50	s-v	53.33	k-n	0.68	i-m	56.50	s-u
38	541.36	f'	74	i-l	74	ij	1.00	a	152.67	opq	70.00	klm	56.70	z	17.45	p	61.33	f-j	112.00	j-m	275.00	s-v	38.33	pq	0.65	lmn	55.00	s-u
48	534.12	f'	79	a-d	80	a-d	1.00	a	134.67	s	70.67	j-m	57.55	y	19.45	lmn	60.00	g-l	66.00	a'b'	275.00	s-v	58.33	h-l	0.68	i-m	55.00	s-u
15	463.09	f'	73	jkl	75	ij	1.67	a	126.67	tuv	61.00	nop	49.85	f'	17.37	p	57.33	k-n	72.00	za'	207.00	x	23.33	r	0.65	mn	41.40	x
42	346.07	f'	75	f-l	76	f-j	1.33	a	93.00	y	36.00	u	62.75	rs	17.40	p	62.67	d-h	110.00	j-n	255.00	vw	60.00	h-k	0.65	mn	51.00	vw
DMS	217.66		3		3		1.66		6.75		6.33		0.73		0.59		3.66		6.74		39.24		9.76		0.04		7.85	

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). RG = rendimiento de grano por hectárea (t ha⁻¹); DFM = días a floración masculina; DFF = días a floración femenina; AsF = asincronía floral; AP = altura de planta; AM = altura de mazorca; Valores de una muestra de 5 mazorcas. LMz = longitud de mazorca (cm); DMz = diámetro de mazorca (cm); NHM = número de hileras por mazorca; NGH = número de granos por hilera; PMz = Peso de mazorca; PO = peso de olote (g); Pfecto = Peso hectolítrico (kg Hectolitro⁻¹); PMZi = peso de mazorca individual (g). DMS = Diferencia Mínima Significativa.