



Agronomía Mesoamericana

ISSN: 1021-7444

pccmca@cariari.ucr.ac.cr

Universidad de Costa Rica

Costa Rica

Tadeo-Robledo, Margarita; Espinosa-Calderón, Alejandro; Turrent-Fernández, Antonio; Zamudio-González, Benjamín; Valdivia-Bernal, Roberto; Andrés-Meza, Pablo

PRODUCTIVIDAD DE GRANO DE CUATRO HÍBRIDOS TRILINEALES DE MAÍZ EN VERSIÓN
ANDROESTERIL Y FÉRTIL

Agronomía Mesoamericana, vol. 25, núm. 1, enero-junio, 2014, pp. 45-52

Universidad de Costa Rica

Alajuela, Costa Rica

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43730495005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

PRODUCTIVIDAD DE GRANO DE CUATRO HÍBRIDOS TRILINEALES DE MAÍZ EN VERSIÓN ANDROESTÉRIL Y FÉRTIL¹

Margarita Tadeo-Robledo², Alejandro Espinosa-Calderón³, Antonio Turrent-Fernández³, Benjamín Zamudio-González³, Roberto Valdivia-Bernal⁴, Pablo Andrés-Meza⁵

RESUMEN

Productividad de grano de cuatro híbridos trilineales de maíz en versión androestéril y fértil. El objetivo de este estudio fue evaluar la productividad de híbridos de maíz de Valles Altos de México. Se emplearon cuatro híbridos de maíz androestériles y fértiles en cuatro experimentos uniformes, utilizando el diseño experimental de bloques completos al azar, en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), dos en el año 2009, uno en 2010 y otro en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC-UNAM) en el año 2010. El análisis estadístico se efectuó en forma combinada con los factores: híbridos (4), ambientes (4), versiones androesterilidad/fertilidad (2) y las interacciones entre estos factores. Se detectaron diferencias significativas para genotipos ($p \leq 0.01$) para localidades y para la interacción híbridos x ambiente ($p \leq 0.05$), el coeficiente de variación para rendimiento fue de 21.5% y la media general de 6998 kg/ha. La localidad CEVAMEX 2009, en la primera fecha de siembra, con 8829 kg/ha, superó estadísticamente a los otros tres ambientes en producción de grano. El rendimiento de los cuatro híbridos fue similar ($p > 0.05$). La versión androestéril tuvo un rendimiento (7170 kg/ha) similar ($p > 0.05$) a la versión fértil (6826 kg/ha), lo que indica que las versiones fértiles y androestériles de los híbridos de este estudio son isogénicas.

Palabras claves: *Zea mays* L., maíz en Valles Altos de México, producción de semillas.

ABSTRACT

Grain productivity of four maize three-way hybrids with andro-sterile and fertile versions. The objective of this study was to evaluate the productivity of maize hybrids developed for The High Valleys of Mexico. Four hybrids in their versions of male-sterile and fertile were evaluated in four uniform experiments using a randomized complete block design, at the Experimental Station of Mexico (CEVAMEX) and the Faculty of Higher Studies Cuautitlan (FESC-UNAM). The statistical analysis was performed in a combined form with the factors: hybrids (4), locations (4), male sterility/fertility versions (2), and the interactions between these factors. Significant differences for genotypes ($p \leq 0.01$), for locations and for interaction hybrid x locations ($p \leq 0.05$) were detected. The coefficient of variation for seed yield was 21.5% and overall mean was of 6,998 kg/ha. The site CEVAMEX 2009, in its first planting date, produced 8829 kg/ha and surpassed the other three environments. The performance of the four hybrids was similar ($p > 0.05$). The male sterile version had a yield of 7170 kg/ha, similar ($p > 0.05$) to the fertile version (6826 kg/ha), which confirms that the versions of the fertile and male-sterile hybrids of this study are isogenic.

Keywords: *Zea mays* L., maize at Mexican high elevation valleys, seed production.

¹ Recibido: 17 de agosto, 2013. Aceptado: 18 de marzo, 2014. Este trabajo se efectuó con el apoyo económico del proyecto de investigación PAPIIT: ITO1312-3. Universidad Nacional Autónoma de México.

² Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC) - Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México. Carr. Cuautitlán - Teoloyucán, Km 2.5. Cuautitlán Izcalli, Estado de México. C.P. 54714. tadeorobledo@yahoo.com

³ Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX) - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México, Carr. Los Reyes-Texcoco, Km 13.5, CP. 56250. espinoale@yahoo.com.mx (autor para correspondencia), aturrent37@yahoo.com.mx, bzamudiog@yahoo.com.mx

⁴ Universidad Autónoma Nayarit, México. beto49_2000@yahoo.com.mx

⁵ Colegio de Posgraduados (COLPOS), México. andres.pablo@colpos.mx



INTRODUCCIÓN

Para obtener semilla híbrida de maíz se requiere despanojar de manera oportuna y adecuada, para asegurar que el progenitor masculino se cruce con el progenitor femenino, sin que este último se autofecunde. Eliminar la panícula requiere de 24 a 50 jornales por hectárea, para obtener semilla de alta calidad y asegurar la identidad genética, lo cual eleva los costos de producción (Beck y Torres, 2005; Tadeo *et al.*, 2010; Tadeo *et al.*, 2012).

Eliminar la panoja representa riesgos de pérdida de calidad si se efectúa en forma incorrecta. El empleo de la androesterilidad puede ser una opción viable que favorece la obtención de semilla de buena calidad genética y disminuye los costos de producción (Ramírez, 2006; Tadeo *et al.*, 2007; Tadeo *et al.*, 2012).

En EUA, en la totalidad de la superficie de producción de semilla híbrida de maíz, se utilizaban progenitores hembras con androesterilidad, lo que disminuía el costo de la mano de obra por despanojamiento. Esto fue así por varias décadas, hasta que las empresas productoras de semillas de ese país dejaron de emplear la esterilidad masculina en 1970 (Partas, 1997; Beck y Torres, 2005), debido a los problemas con la fuente de esterilidad citoplasmática denominada cms-T (incorporada a la mayoría de los híbridos) la cual mostró susceptibilidad al tizón foliar causado por el hongo *Helminthosporium maydis* raza T, que ocasionó una epifitia que afectó al 90% de las siembras en la faja maicera de aquella nación (Grogan *et al.*, 1971; Airy *et al.*, 1978; Tadeo *et al.*, 1997).

Dado el problema que representa el despanojamiento por los costos de producción, para evitar el excesivo uso de jornales, en 1980 se retomó la investigación de la esterilidad masculina, en diferentes países y dentro de las corporaciones de semillas, de esta manera, se logró el descubrimiento y el desarrollo de nuevas fuentes de androesterilidad, entre ellas: citoplásmica, génica y génica-citoplásmica. En esta última fuente, se reconocen los tipos C y S, los cuales actualmente se utilizan aproximadamente en 25% de la superficie dedicada a la producción de semilla en EUA (Liu *et al.*, 2002; Beck y Torres, 2005). En todos los casos, las empresas o corporaciones tienen sus propias fuentes de esterilidad masculina, dentro de cada tipo, a las cuales se les define la estabilidad y otras características, que dan cierta seguridad y tratan de prevenir

el problema que se presentó con la epifitia en 1970, al utilizarse diferentes fuentes y tipos de esterilidad masculina (Thomson, 1979; Tadeo *et al.*, 1997; Tadeo *et al.*, 2007; Tadeo *et al.*, 2010).

En la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México (FESCU-UNAM) y en el Campo Experimental Valle de México, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), se trabaja en mejoramiento genético de maíz, en aspectos relacionados con androesterilidad para facilitar la producción de semillas. Se cuenta con fuentes de esterilidad masculina propias, este carácter se incorpora a las líneas hembras de los híbridos comerciales y experimentales desarrollados por la UNAM y el INIFAP, las fuentes disponibles corresponden al tipo "C", el cual posee estabilidad por su característica hereditaria en citoplasma y el núcleo (Tadeo *et al.*, 2007; Espinosa *et al.*, 2009; Tadeo *et al.*, 2010).

La investigación en androesterilidad inició en 1992, cuando se incorporó este carácter a las líneas básicas y entre 1995 y 1997 se identificaron líneas con capacidad restauradora de la fertilidad. La estabilidad de la fuente de androesterilidad y la capacidad restauradora de las líneas desarrolladas, permitieron vislumbrar el uso potencial del esquema de androesterilidad, con lo cual se podrían evitar problemas relacionados con el despanojado, y al mismo tiempo, reducir los costos que implican esta actividad (Tadeo *et al.*, 2007; Espinosa *et al.*, 2009; Tadeo *et al.*, 2010). La relevancia de este tema radica en que las empresas que multiplican semilla de híbridos, frecuentemente pierden lotes de incremento por deficiencias en el despanojamiento, ante ello, una alternativa es emplear progenitores hembra que no requieran la eliminación de la panoja, por poseer esterilidad masculina.

Producto de las investigaciones con androesterilidad, en el año 2011, se logró la inscripción, ante el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV), del híbrido de maíz H-51 AE, el cual es el primer híbrido obtenido en la investigación pública, en el cual los progenitores poseen el esquema de androesterilidad para facilitar la producción de semilla, lo que apoya a las empresas que incrementan este híbrido (Espinosa *et al.*, 2012). Otros maíces, con la característica de esterilidad masculina, están en la última etapa de investigación, validación y transferencia antes de ser liberados comercialmente (Espinosa *et al.*, 2008; Espinosa *et al.*, 2009; Espinosa *et al.*, 2010).

El objetivo de este estudio fue determinar la capacidad productiva de cuatro híbridos trilineales de maíz del Altiplano de México. La hipótesis fue que la introducción del carácter de androesterilidad a los cuatro híbridos trilineales del Altiplano de México, no altera su potencialidad productiva ni su fenología y/o morfológica, ni interacciona con los ambientes de evaluación.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se condujo en el ciclo primavera – verano de los años 2009 y 2010, en el año 2009 se realizaron dos experimentos, ambos en Santa Lucía de Prias, en el Campo Experimental Valle de México del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CEVAMEX-INIFAP), en el Municipio de Texcoco, Estado de México, uno de ellos se estableció el 21 de mayo de 2009 y el otro el 17 de junio de 2009. En este mismo sitio, se estableció el tercer experimento en el ciclo primavera verano, el 21 de junio del año 2010.

Un cuarto experimento se estableció el 24 de junio de 2010, en el Campo Experimental “Rancho Almaraz”, de la Facultad de Estudios Cuautitlán (FESC), de la UNAM, en Cuautitlán Izcalli, Estado de México. A cada uno de los experimentos se les consideró como un manejo en ambiente diferente, ya que si bien dos experimentos en 2009 y otro en 2010, se condujeron en el CEVAMEX-INIFAP, en similar suelo, la diferencia en fecha de siembra en el año 2009 y diferencia en ciclo con el año 2010, se presume que se podría asociar a diferencias por periodo libre de heladas, precipitación y otros elementos, que si bien no se describen en el trabajo, podrían imprimir una expresión de productividad diferente en los materiales en evaluación.

Se evaluaron cuatro híbridos trilineales de maíz del INIFAP, identificados como H-47 AE, H-49 AE, H-45 AE1, H-45 AE2, cuya semilla fue obtenida utilizando cruza simples en versión androestéril (AE) y fértil (F), combinadas con su progenitor masculino correspondiente, para obtener semilla de cada uno de los híbridos trilineales en su versión androestéril o fértil durante el ciclo primavera – verano 2008.

Los tratamientos estuvieron conformados por la combinación de los cuatro híbridos trilineales señalados anteriormente (Factor A), en sus versiones fértil y androestéril (Factor B) y su evaluación en cuatro

ambientes (Factor C), lo que resulta en $4 \times 4 \times 4 = 32$, tratamientos. Estos 32 se evaluaron en experimentos uniformes, en cada uno de los ambientes en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental constó de tres surcos de 5,0 m de largo y 0,80 m de ancho, considerándose como parcela útil el surco central.

En los cuatro experimentos, la preparación del terreno consistió en un barbecho, una rastra y una cruz, el surcado se hizo a 0,80 m. En los dos experimentos del CEVAMEX-INIFAP, en el año 2009 y el tercero, que se estableció en el mismo sitio en el año 2010, la siembra se efectuó a pala con auxilio de riego rodado después de la siembra. El cuarto experimento se estableció en la FESC-UNAM el 23 de junio de 2010, la siembra se efectuó “a tapa pie”, cubriendo las semillas con tierra con auxilio de los pies, en este caso la humedad de siembra fue de precipitación pluvial (secano).

En todos los experimentos se depositaron cuatro semillas cada 0,50 m. Después de la emergencia de las plántulas, la densidad de población se redujo a 60 000 plantas/ha, la cual es recomendada en Valles Altos del Centro de México para materiales similares a los que se emplearon en este estudio (Virgen *et al.*, 2010; Tadeo *et al.*, 2012). En los cuatro experimentos se empleó la fórmula de fertilización N P K: 80-40-00, la cual se aplicó al surcar. Se usó urea como fuente de nitrógeno (46-00-00) y como fuente de fósforo, fosfato diamónico en la FESC-UNAM y en CEVAMEX-INIFAP, el superfosfato de calcio triple.

El control de malezas se realizó mediante dos aplicaciones de herbicida durante el ciclo; la primera en preemergencia, un día después de la siembra, mezcla de 479 g de ingrediente activo de 2,4 D-amina por hectárea más 1800 gramos de ingrediente activo por hectárea de ingrediente activo de atrazina 6-Cloro-N2-etil-N4-isopropil-1,3,5-triazina-2,4-diamina. La segunda aplicación fue entre 35 y 40 días después de la siembra. En los cuatro experimentos se aplicó la mezcla de 40 gramos de ingrediente activo de Nicosulfurón, 2-(4,6-Dimetoxipirimidin-2-ilcarbomoilsulfamoil)-N,dimetilnicotinamida, por hectárea más 479 g de ingrediente activo de 2,4 D-amina por hectárea y 1800 gramos de ingrediente activo por hectárea de ingrediente activo de atrazina por hectárea.

La cosecha se hizo manual en la primera quincena de diciembre de 2009 y 2010, recolectando todas las

mazorcas; sin embargo, sólo se consideraron, para el cálculo de rendimiento y los datos a evaluar, las que contenían grano atractivo comercialmente y sano en más del 60% de la mazorca.

Se tomaron datos del número total de plantas y mazorcas cosechadas por parcela. De estas últimas, se eligieron cinco mazorcas tomadas al azar, ya consideradas en el peso de parcela, en las cuales se midió humedad en la semilla, con un determinador de humedad eléctrico tipo Stenlite, porcentaje de grano/olote (% G) (peso de grano con el peso de grano más olotes); también se midió longitud de mazorca (LM), hileras por mazorca (HM) y granos por hilera (GH). Previamente en campo se registraron la floración masculina (FM) (cuando el 50% de las plantas liberaron polen, en el caso de las plantas fértiles y cuando expusieron la espiga las plantas con esterilidad masculina), días a floración femenina (FF) (cuando el 50% de las plantas habían expuesto los estigmas, en al menos tres cm), altura de planta (AP) (de la base del tallo al nudo de inserción de la espiga) y altura de mazorca (AM) (de la base del tallo al nudo de inserción de la mazorca superior).

Para calcular el rendimiento de grano (RG) por parcela se aplicó la fórmula:

$$RG = (P.C. \times \%MS \times \%G) \times F.C.) / 8600$$

donde PC es el peso (kg) de campo del total de las mazorcas cosechadas en la parcela, % MS es el porcentaje de materia seca calculado con base en la muestra de grano de cinco mazorcas recién cosechadas, % G es el porcentaje de grano obtenido como el cociente entre el peso de grano y el de mazorca, FC es el factor de conversión a rendimiento por ha, que se obtiene de dividir 10 000 m² entre el tamaño de la parcela útil determinado en m² (4 m²), 8600 es una constante empleada para estimar el rendimiento con una humedad del grano del 14%.

Con los datos de cada variable se realizaron análisis de varianza en forma combinada, calculando las interacciones. Para probar el efecto de ambiente se tomaron los efectos de la interacción repeticiones x ambiente y se combinaron con el efecto de repeticiones para integrar el error que se usó para el cotejo de hipótesis del efecto de ambiente. Los factores y niveles integran un factorial completo 4x2x4, cuyos factores son los siguientes: cuatro híbridos trilineales (A=4), la versión androestéril o fértil (B=2), cuatro ambientes

(C=2), lo que genera dieciséis tratamientos en cada una de las localidades.

El análisis estadístico consideró las interacciones entre los factores, como: híbridos x androesterilidad/fertilidad; híbridos x ambientes; androesterilidad/fertilidad x ambientes, híbridos por androesterilidad/fertilidad x ambientes. Las variables que resultaron significativas se analizaron mediante la prueba de Tukey para comparar las medias a un nivel de significancia del 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para rendimiento de grano se detectaron diferencias altamente significativas para ambientes y diferencias significativas para la interacción híbridos x ambientes. El coeficiente de variación para rendimiento fue del 21,5% y la media fue de 6998 kg/ha (Cuadro 1). Para floración masculina y femenina, hubo diferencias altamente significativas entre híbridos y ambientes, y diferencias significativas para las interacciones híbridos x androesterilidad e híbridos x ambientes.

En el factor de variación híbridos (A), se presentaron diferencias altamente significativas para las variables floración masculina y femenina, altura de mazorca, longitud de mazorca, granos por hilera. Mientras que para el factor de variación ambientes (C), en todas la variables se observaron diferencias altamente significativas.

En las variables floración masculina y femenina, se detectaron diferencias altamente significativas en los factores de variación de la interacción híbridos x versión fértil/androestéril (AXB) e interacción híbridos x ambientes (AXC) (Cuadro 1).

La comparación entre híbridos para la variable rendimiento, al no detectarse diferencias estadísticas significativas, ubicó a los cuatro híbridos en un solo grupo. Entre los genotipos, las diferencias numéricas fueron de 7409 kg/ha, para H-47 A con el mayor valor numérico y para el híbrido H-49 AE (6774 kg/ha), los rendimientos de los híbridos manejados, así como los valores en las variables altura de planta y granos por mazorca fueron similares (Cuadro 2). Estas similitudes entre híbridos puede adjudicarse a que entre los cuatro materiales hay coincidencia en una o dos de las líneas que integran su estructura como híbridos, se explica también porque son materiales que han sobresalido en años anteriores en diversos trabajos, en los

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística de los valores de F evaluados en cuatro híbridos de maíz fértiles y androestériles en cuatro ambientes de Valles Altos. Texcoco, México. Primavera - verano 2009 y 2010.

Factor de variación	Variables								
	RG	FM	FF	AP	AM	LM	HM	GH	GM
A	1950461,8	60,12**	54,55**	1916,37	5334,87**	8,67**	5,61	80,84**	6645,41
B	2833682,1	0,666	4,16	3060,04	173,34	3,01	0,04	6,51	25594,33
C	37545937,9**	278,81**	377,00**	45039,90**	7796,70**	15,42**	6,08	48,20**	42583,79**
A X B	3891781,7	19,86*	16,44*	1969,81	33,51	2,95	2,81	2,26	2648,98
A X C	7636891,3*	10,86*	11,12*	1385,42	231,31	3,58	0,78	18,34	20208,28
B X C	537047,3	0,500	1,00	1354,84	76,84	2,37	1,90	8,56	65,72
A X B X C	6738486,7	5,73	5,01	1760,55	77,12	1,20	0,60	6,39	1279,59
C.V. (%)	21,5	2,5	2,4	17,4	11,2	7,3	6,5	10,3	17,6
Media	6998	77	79	237	112	14,2	15	29	425

*, **= significancia estadística al nivel del 0,05 y 0,01, respectivamente.

A= híbridos; B= versión fértil/androestéril; C= ambientes.

CV= coeficiente de variación, RG= rendimiento de grano; FM= floración masculina; FF= floración femenina; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; LM= longitud de mazorca; HM= hileras de la mazorca; GH= granos por hilera; GM= granos por mazorca.

Cuadro 2. Comparación de medias de variables agronómicas de cuatro híbridos de maíz en sus versiones fértiles y androestériles promedio de cuatro ambientes. Texcoco, México. Primavera -verano 2009 y 2010.

Genotipo	RG (kg/ha)	FM (d)	FF (d)	AP (cm)	AM (cm)	LM (cm)	HM	GH	GM
H-47 AE	7409 a	77 b	78 b	238 a	129 a	14.8 a	16 a	31 a	444 a
H-49 AE	6774 a	76 b	78 b	235 a	121 a	14.5 ab	14 b	30 ab	420 a
H-45 AE1	6964 a	78 b	79 b	227 a	102 b	13.8 bc	15 a	28 bc	430 a
H-45 AE2	6844 a	80 a	81 a	248 a	98 b	13.5 c	15 a	27 c	405 a
D.M.S.H. (0,05)	1146	1	1	31	10	0.8	1	2	57

Las medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, P=0.05).

RG= rendimiento de grano; FM= floración masculina; FF= floración femenina; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; LM= longitud de mazorca; HM= hileras de la mazorca; GH= granos por hilera; GM= granos por mazorca.

cuales se han reportado sus ventajas agronómicas, por lo que se tiene intención de inscribir en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) al híbrido H-47 AE, para promover su uso comercial por los productores (Espinosa et al., 2008; Espinosa et al., 2010).

La comparación de medias para rendimiento de grano de la versión androestéril presentó una producción estadísticamente similar a la fértil 7170 y 6826 kg/ha, respectivamente (Cuadro 3). Lo anterior se debe a que las versiones androestériles son isogénicas

de las fértiles; sólo difieren en la producción o no de granos de polen (Martínez et al., 2005; Ramírez, 2006; Tadeo et al., 2007). No obstante, estos resultados contrastan con los observados en otros estudios, donde se ha encontrado que las versiones androestériles alcanzan rendimientos estadísticamente superiores al de las fértiles (Martínez et al., 2005; Tadeo et al., 2007).

La comparación de medias para las demás variables (floración masculina y femenina, altura

Cuadro 3. Comparación de medias* de variables agronómicas para las versiones androestéril y fértil promedio de cuatro híbridos y cuatro ambientes de evaluación. Texcoco, México. Primavera - verano 2009 y 2010.

Tipo fertilidad	RG (kg/ha)	FM (d)	FF (d)	AP (cm)	AM (cm)	LM (cm)	HM	GH	GM
Androestéril	7170 a	78 a	79 a	243 a	114 a	14,3 a	15 a	29 a	441 a
Fértil	6826 a	78 a	79 a	231 a	111 a	14,0 a	15 a	29 a	408 b
D.M.S.H. (0,05)	614	1	1	17	5	0,4	1	1	30

* Las medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, P=0,05).

RG= rendimiento de grano; FM= floración masculina; FF= floración femenina; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; LM= longitud de mazorca; HM= hileras de la mazorca; GH= granos por hilera; GM= granos por mazorca.

de planta y mazorca, longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera) señala que no hubo diferencias significativas entre las dos versiones androestéril y fértil, situación atribuible al hecho, como se indicó previamente, de que son genéticamente similares, excepto para los genes génico-citoplásmicos relacionados con la esterilidad masculina Tipo C, que causa que en la versión androestéril no haya producción de polen, mientras que en la fértil si la hay (Tadeo *et al.*, 2007; Tadeo *et al.*, 2010). El número de granos por mazorca mostró diferencias significativas porque la androestéril superó a la fértil, lo cual puede deberse a que aun cuando las versiones son isogénicas, al no formar granos de polen, le permiten a la androestéril canalizar fotosintatos a la formación de mayor número de granos en la mazorca (Martínez *et al.*, 2005).

En la comparación de medias entre ambientes,

la primera siembra en el ambiente CEVAMEX 2009 A, realizada el 21 de mayo de 2009, exhibió el mayor rendimiento promedio de grano (8829 kg/ha), diferente significativamente a los otros ambientes (Cuadro 4), lo que posiblemente se debió a que la fecha de siembra en el otro caso (CEVAMEX 2009 B) fue efectuada el 17 de junio. Esta fecha es considerada muy tardía, en función del periodo libre de heladas en la región donde se llevaron a cabo los experimentos, ya que se presentan bajas temperaturas en octubre cuando llegan a madurez fisiológica los híbridos de maíz y probablemente repercutió afectando el rendimiento. El segundo grupo de significancia se constituyó de los tres ambientes restantes (CEVAMEX 2009B, CEVAMEX 2010 y FESC-UNAM 2010), si bien hubo diferencia en años, en los tres casos las fechas de siembra fueron tardías y tuvieron cierta similitud (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de medias* de variables agronómicas para ambientes de evaluación de cuatro híbridos y sus versiones androestériles y fértiles. Texcoco, México. Primavera - verano 2009 y 2010.

Ambientes de evaluación	RG (kg/ha)	FM (días)	FF (días)	AP (cm)	AM (cm)	LM (cm)	HM	GH	GM
CEVAMEX 2009 A	8829 a	83 a	85 a	256 a	107 b	15.2 a	15 b	31 a	462 a
CEVAMEX 2009 B	6759 b	75 c	77 c	175 c	98 b	13.5 c	15 b	29 b	368 b
CEVAMEX 2010	6285 b	77 b	79 b	284 a	138 a	13.5 c	15 b	29 b	418 ab
FESC-UNAM 2010	6118 b	77 b	76 c	221 b	106 b	14.4 b	16 a	28 b	451 a
D.M.S.H. (0,05)	1147	1	1	31	10	0.7	0.7	2	57

* Las medias con la misma letra, en el sentido de las columnas, son iguales estadísticamente (Tukey, P= 0,05).

RG= rendimiento de grano; FM= floración masculina; FF= floración femenina; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; LM= longitud de mazorca; HM= hileras de la mazorca; GH= granos por hilera; GM= granos por mazorca.

El rendimiento de cada uno de los cuatro híbridos, considerando el promedio de las versiones androestériles y fértiles, en los cuatro ambientes de evaluación, se observa en la Figura 1.

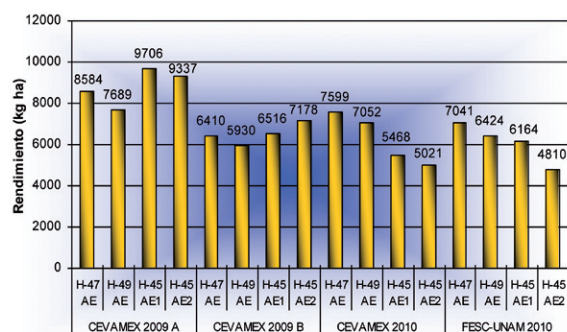


Figura 1. Rendimiento medio (kg/ha), de cuatro híbridos de maíz en cuatro ambientes de evaluación. Texcoco, México. 2009-2010.

La versión androestéril tuvo un rendimiento (7170 kg/ha) similar ($p>0.05$) a la versión fértil (6826 kg/ha), lo que es importante y confirma que las versiones fértiles y androestériles de los híbridos de este estudio son isogénicas.

LITERATURA CITADA

- Airy, M., L. Tatum, y A. Sorenson. 1978. La producción de semillas, producción de semilla híbrida de maíz y sorgo para grano. En: Anuario estadístico de semillas. Trad. de la 4ª ed. en inglés por Antonio Marino y Pánfilo Rodríguez. CECSA, México. p. 274-285.
- Beck, D., y J.L. Torres. 2005. Desespagamiento. En: T. Ortiz, A. Espinosa, H.S. Azpiroz, y S. Sahagún, compiladores, Producción y tecnología de semillas de maíz del INIFAP para los Valles Altos y zona de transición. INIFAP-CIRCE. Campo Experimental Valle de Toluca. Zinacantepec, Estado de México, México. (Libro Técnico Núm. 3). p. 44-45.
- Espinosa, A., M. Tadeo, N. Gómez, M. Sierra, R. Martínez, J. Virgen, A. Palafox, F. Caballero, G. Vázquez, e Y. Salinas. 2008. H-49 AE híbrido de maíz para Valles Altos con androesterilidad para producción de semilla. En: Memoria Técnica No. 9, Día de Campo CEVAMEX. Chapingo, México. p. 13-14.
- Espinosa, A., M. Tadeo, M. Sierra, A. Turrent, R. Valdivia, y B. Zamudio. 2009. Rendimiento de híbridos de maíz bajo diferentes combinaciones de semilla androestéril y fértil en México. *Agron. Mesoam.* 20(2):211-216.
- Espinosa, C., M. Tadeo, N. Gómez, M. Sierra, R. Martínez, J. Virgen, A. Palafox, F. Caballero, I. Arteaga, E. Canales, G. Vázquez, e Y. Salinas. 2010. H-47 AE híbrido de maíz con esterilidad masculina para producción de semilla en Valles Altos. En: Memoria Técnica No. 11, Día de Campo: CEVAMEX 2010. Chapingo, México. p. 15-16.
- Espinosa, C., M. Tadeo, J. Virgen, I. Rojas, N. Gómez, M. Sierra, A. Palafox, G. Vázquez, F. Rodríguez, B. Zamudio, I. Arteaga, E. Canales, B. Martínez, y R. Valdivia. 2012. H-51 AE, híbrido de maíz para áreas de humedad residual, buen temporal y riego en Valles Altos del Centro de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35:347-349.
- Grogan, O., C. Francis, y P. Sarvella. 1971. Influence of cytoplasmic male sterility on dry matter accumulation in maize. *Crop Sci.* 5:365-367.
- Liu, P., O. Long, M. Weingartner, U. Stamp, y P. Kaeser. 2002. A PCR assay for rapid discrimination of sterile cytoplasm types in maize. *Crop Sci.* 42:566-569.
- Martínez, C., L.E. Mendoza, G. García, C. Mendoza, y A. Martínez. 2005. Producción de semilla híbrida de maíz con líneas androfértiles y androestériles isogénicas y su respuesta a la fertilización y densidad de población. *Rev. Fitotec. Méx.* 28(2):127-133.
- Partas, K. 1997. Male sterility as an efficient method of exploiting heterosis in maize. En: The genetics and exploitation of heterosis in crops. An International Symposium. CIMMYT, Mexico City, Mexico. p. 244-245.
- Ramírez, L. 2006. Utilización de la androesterilidad para la producción de semilla híbrida. Cátedra de producción vegetal genética y mejora vegetal. Departamento de Producción Agraria, Universidad Pública de Navarra. Pamplona, España. 7 p.
- Tadeo, M., A. Espinosa, R. Martínez, A.M. Solano, y A. Piña. 1997. Use of CIMMYT germplasm to develop maize hybrids at the UNAM. En: The genetics and exploitation of heterosis in crops. An International Symposium. CIMMYT, Mexico City, Mexico. p. 240-241.
- Tadeo, M., A. Espinosa, D. Beck, y J.L. Torres. 2007. Rendimiento de semilla de cruza simples fértiles y androestériles progenitoras de híbridos de maíz. *Agricultura Técnica en México* 33(2):175-180.
- Tadeo, M., A. Espinosa, J. Serrano, M. Sierra, F. Caballero, R. Valdivia, N. Gómez, A. Palafox, F.A. Rodríguez, y B. Zamudio. 2010. Productividad de diferentes combinaciones de semilla androestéril y fértil en

- dos híbridos de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1(2):273-287.
- Tadeo, M., A. Espinosa, N. Chimal, I. Arteaga, V. Trejo, E. Canales, M. Sierra, R. Valdivia, N. Gómez, A. Palafox, y B. Zamudio. 2012. Densidad de población y fertilización en híbridos de maíz androestériles y fértiles. *Terra Latinoamericana* 30(2):157-164.
- Thomson, R. 1979. *Introducción a la tecnología de las semillas*. Trad. de la primera ed. en inglés por Paloma Melgarejo de Nardiz. Ed. Acribia, España.
- Virgen, J., J.L. Arellano, I. Rojas, M.A. Ávila, y F. Gutiérrez. 2010. Producción de semilla de cruza simple de híbridos de maíz en Tlaxcala, México. *Rev. Fitotec. Méx.* 33(4):107-110.