

PRODUCTIVIDAD DE HÍBRIDOS TRILINEALES DE MAÍZ DE VALLES ALTOS EN VERSIÓN ANDROESTÉRIL Y FÉRTIL

TRI-LINEAL HYBRIDS PRODUCTIVITY FROM HIGH VALLEY MALE STERILE AND FERTILE CORN

Margarita Tadeo Robledo¹, Alejandro Espinosa Calderón², Enrique Inoscencio Canales Islas³, Israel Arteaga Escamilla³, Viridiana Trejo Pastor³, Mauro Sierra Macías⁴, Antonio Turrent Fernández², Roberto Valdivia Bernal⁵, Noel Gómez Montiel⁶, Benjamín Zamudio González².

Fecha de recepción 24 de Septiembre de 2010

Fecha de aceptación 17 de Diciembre de 2010

RESUMEN

Se realizó el presente trabajo para definir la capacidad productiva de seis genotipos de maíz en versión androestéril y fértil en el Rancho Almaraz, de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC-UNAM). El experimento se estableció en el ciclo primavera-verano de 2008, en bloques completos al azar con tres repeticiones. Los resultados permitieron concluir que para la variable rendimiento al considerar las medias de producción de seis híbridos en versiones fértiles ($10,757 \text{ kg ha}^{-1}$) en comparación con la media de los híbridos en versiones androestériles ($10,582 \text{ kg ha}^{-1}$) no se detectó diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$), los híbridos fértiles no fueron diferentes con respecto a los androestériles. Los híbridos que presentaron mayores rendimientos de grano fueron el Puma 1181 AE con $12,550 \text{ kg ha}^{-1}$, similar al genotipo H-48 F con un rendimiento de $12,141 \text{ kg ha}^{-1}$. Los genotipos Puma 1181 AE y el Puma 1075 AE obtuvieron rendimientos

mayores que su versión fértil con 15.5% y 2.7 % respectivamente. En cambio, en los híbridos Puma 1076 F con 3.3%, H-47 F con 5.5%, H-48 F con 13.1% y H-50 F con 5.2%, en estos genotipos se definieron rendimientos mayores en la versión fértil que en su versión androestéril.

PALABRAS CLAVE: Rendimiento, producción de semillas, *Zea mays*

ABSTRACT

This work was carried out to aim of defining productive capacities of six maize genotypes in version male sterile and fertile; the research was conducted at Rancho Almaraz, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC-UNAM). The experiment was developed in the spring-summer 2008 season

¹ Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. km. 2.5 Carr. Cuautitlán-Teoloyucan, C.P. 54700. Apdo. Postal 25, Cuautitlán, México.

² Investigador Titular C, Campo Experimental Valle de México, INIFAP, Km 13.5 Carretera Los Reyes – Texcoco. C.P. 56250, Coatlínchan, Texcoco, Estado de México, México.

³ Becario Investigador Nacional Nivel III, CONACYT y Auxiliares de Proyecto PAPIIT IN205908.

⁴ Campo Experimental Cotaxtla, INIFAP.

⁵ Universidad Autónoma de Nayarit.

⁶ Campo Experimental Iguala, INIFAP.

in a randomized complete blocks design with three replications. The results indicated that it was no significant differences ($P \leq 0.05$) in yielding capacity considering averages for the six hybrids in fertile versions ($10,757 \text{ kg ha}^{-1}$) in comparison with hybrid versions male sterile ($10,582 \text{ kg ha}^{-1}$). Hybrids that had higher yields of grain were 1181 Puma AE with $12,550 \text{ kg ha}^{-1}$, similar to genotype H-48 F with $12,141 \text{ kg ha}^{-1}$. Puma 1181 AE and Puma 1075 AE genotypes yielded better than their fertile versions with 15.5% and 2.7%, respectively. In contrast, Puma 1076 F hybrids with 3.3%, H-47 F with 5.5%, H-48 F with 13.1% and H-50 F with 5.2% yielded better in the fertile version than the male sterile version.

KEY WORDS: Yield, seed production, *Zea mays*.

INTRODUCCIÓN

En México una de las principales instituciones dedicadas a la investigación pública sobre el mejoramiento genético del maíz para tratar de dar solución a los problemas que se presentan en el campo mexicano, es el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), que en conjunto con las instituciones antecesoras como el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), el Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA) y la Oficina de Estudios Especiales (OEE), generaron y desarrollaron más de 250 variedades e híbridos de maíz (Espinosa *et al.*, 2003; Espinosa

et al., 2004; Espinosa *et al.*, 2008 a, Espinosa *et al.*, 2008 b). Otras instituciones como la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, dependiente de la UNAM (FESC-UNAM), realizan mejoramiento genético y han ofrecido variedades mejoradas para los Valles Altos de México (Tadeo *et al.*, 2003; Tadeo *et al.*, 2004; Ortiz *et al.*, 2005; Tadeo *et al.*, 2007; Tadeo *et al.*, 2009; Espinosa *et al.*, 2008 c), también se realiza investigación con androesterilidad desde 1992, donde se ha logrado incorporar esta característica a las líneas progenitoras élite de los híbridos de mayor importancia generados en la propia UNAM e INIFAP respectivamente (Tadeo *et al.*, 2001; Tadeo *et al.*, 2003; Tadeo *et al.*, 2007; Tadeo *et al.*, 2009; Espinosa *et al.*, 2009 c). El objetivo principal de la esterilidad masculina en la producción de semilla híbrida de maíz que realiza el INIFAP y la FESC-UNAM, es incrementar la calidad de las semillas y que su utilización en los Valles Altos de México permita reducir los costos de producción (Espinosa, 2003; Tadeo *et al.*, 2003; Tadeo *et al.*, 2007; Tadeo *et al.*, 2009; Matías, 2009).

Existen dos formas de aprovechar la esterilidad masculina en forma comercial, en una de ellas, que se relaciona con el "uso de mezclas de semillas androesteriles y fértiles", se produce semilla con la versión de hembra androestéril en cierto porcentaje, que generalmente es del orden del 60 al 80% de la superficie, el otro porcentaje se utiliza hembra con fertilidad normal, es decir, se eliminan las espigas antes de que liberen polen, no así a las hembras androestériles. De esta manera se cosecha la semilla, la cual en ambos casos fue polinizada por el macho común. Se beneficia la semilla, se seca, se selecciona, se desgrana, se clasi-

fica hasta tener lista la mezcla de ambos tipos de semilla, para ensacarse, lo que señala que el productor en su parcela, tendrá la proporción similar de plantas androestériles 60 a 80% y el resto sería de plantas de fertilidad normal, la proporción de mezcla de semillas se define a través de experimentos en diferentes combinaciones de semilla androestéril y fértil (Martínez *et al.*, 2005; Serrano, 2008; Salazar, 2008; Espinosa *et al.*, 2009 a; Matías, 2009).

La otra forma de utilizar la androesterilidad, es aquella en la que se emplean plantas masculinas que se les incorporó previamente la capacidad restauradora de la fertilidad, lo que se verifica por varios ciclos hasta que hay seguridad de la restauración. Con esta planta masculina se obtienen híbridos al cruzarse con hembras androestériles, el resultado de una cruce simple androestéril con un macho con capacidad restauradora, es un híbrido fértil completamente, después de realizar este tipo de cruces y tener las combinaciones androestéril por fértil, es indispensable que sean evaluados para confirmar la restauración de la fertilidad (Salazar, 2008; Espinosa *et al.*, 2009 a).

De esta manera se cuenta con diferentes híbridos con característica de androesterilidad, generados en el INIFAP y otros en la FESC-UNAM, que se requiere sean evaluados, por tal motivo se planteó un ensayo para comparar a los híbridos Puma 1181, Puma 1075, Puma 1076 generados en la FESC-UNAM y H-48, H-47 y H-50, generados en el INIFAP, cada uno en su versión fértil y androestéril: lo anterior para determinar la capacidad productiva y verificar la presencia de la androesterilidad y/o producción de polen en cada uno de los híbridos utilizados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en las parcelas del Rancho Almaraz de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM, en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México, ubicado a 19° 41' 35" de latitud norte y 99° 11' 42" de longitud oeste, a una altitud de 2252 m.

El área de estudio presenta un clima C(wo) (w) (bi'), que corresponde a: templado, el más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias en verano, e invierno seco (menos del 5% de la precipitación anual) con verano largo y fresco (García, 1988).

Los genotipos que se utilizaron fueron los híbridos Puma 1181, Puma 1075, Puma 1076, H-48, H-47 y H-50, cada uno de ellos en versión fértil y androestéril, son materiales comerciales exceptuando a Puma 1181 y H-47 (Espinosa y Tadeo, 2002; Tadeo *et al.*, 2004; Espinosa *et al.*, 2004; Ortiz *et al.*, 2005; González *et al.*, 2008; Espinosa *et al.*, 2009 b).

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones, la parcela útil estuvo constituida de un surco de 5 metros de largo. Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias por método de Tukey, al 0.05 de significancia para cada una de las variables evaluadas en el grupo de híbridos androestériles ó fértiles (SAS Institute, 1990).

El experimento se estableció en el ciclo primavera verano del año 2008 y la fecha de siembra se realizó el 28 de abril de 2008. La preparación del terreno consistió en: un paso de arado, dos rastreos, nivelación y surcado.

Control de malezas en postemergencia a la maleza con Gesaprim (Atrazina) 2 kg/Ha y Hierbamina (2 – 4 D amina) 2 lt/ha. La fertilización se efectuó durante el surcado, con dosis 80 – 40 – 00.

El rendimiento se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = (\text{P.C.} \times \% \text{M.S} \times \% \text{G} \times \text{F.C}) / 8600$$

Donde:

P.C. = Peso de campo de la totalidad de las mazorcas cosechadas de cada parcela expresada en kilogramos.

% M. S. = Porcentaje de materia seca, obtenidos de la muestra del grano de 5 mazorcas cosechadas.

% G. = Porcentaje de grano, se obtiene del cociente del peso de la muestra de cinco mazorcas sin olote y el peso de la muestra de las 5 mazorcas con olote multiplicado por cien.

F. C. = Factor de conversión para obtener rendimiento por hectárea, que se obtiene al dividir 10 000 m² entre el tamaño de la parcela útil en m².

8600 = Es una constante para estimar el rendimiento con una humedad comercial del 14%. El resultado obtenido se expresa en kg ha⁻¹.

Otras variables evaluadas fueron:

Floración masculina. Se tomó en cuenta desde el momento en que se realiza la siembra hasta que han aparecido el 50% de las espigas.

Floración femenina: Se tomó el dato considerando el día de la siembra hasta la aparición del 50% de los estigmas, que a su vez miden de dos a tres centímetros de longitud.

Altura de la planta: Se seleccionaron de cinco a 10 plantas al azar, se midió la distancia desde la base de la planta hasta el punto donde comienza a dividirse la espiga (panoja). Se registró la altura de la planta en centímetros.

Altura de mazorca: En las mismas plantas utilizadas para medir altura, se determinó la distancia en cm desde la base de la planta hasta el nudo con la mazorca más alta.

Peso de 200 granos: Se tomó una muestra de cinco mazorcas, se desgranaron, se cuentan 200 granos y se pesan, se registra el dato en gramos.

Longitud de mazorca: Se tomó una muestra de cinco mazorcas, se miden desde la base hasta la punta en cada una, se promedia y se registra el número en centímetros.

Hileras por mazorca: Se tomó una muestra de cinco mazorcas, se cuenta el número de hileras de cada mazorca, se obtiene el promedio y se registra el número.

Granos por hilera: Se tomó una muestra de cinco mazorcas, se cuenta el número de granos de cada hilera de cada mazorca, se obtiene el promedio y se registra el número.

Granos por mazorca: Se obtuvo multiplicando el promedio de hileras de cada mazorca por el promedio de granos por hilera.

Número de plantas fértiles y androestériles: Se revisaron las plantas de cada parcela, en la etapa de floración masculina, para comprobar que los genotipos fértiles y los androestériles se mantuvieran como tales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los cuadrados medios de los análisis de varianza y el nivel de significancia estadística para los factores de variación considerados (genotipo, condición androestéril/fértil, y la interacción genotipos por condición androestéril/fértil) de diferentes variables evaluadas en los seis híbridos (Cuadro 1). Para la variable rendimiento, el factor de variación genotipo y repeticiones expresaron significancia estadística, no detectándose diferencias significativas para los factores condición androestéril/fértil, y la interacción genotipos x condición androestéril/fértil. La media general fue de 10,670 kg ha⁻¹ y un coeficiente de variación de 9.7%.

En la mayoría de las variables evaluadas, exceptuando altura de mazorca, plantas androestériles y plantas fértiles y rendimiento que ya se señaló, en las otras variables, no hubo significancia estadística para los factores de variación condición androestéril/fértil, interacción genotipo por condición androestéril/fértil (Cuadro 1).

En cambio para el factor de variación genotipos, en casi todas las variables, exceptuando longitud de mazorca y granos por hilera donde se presentó diferencia significativa, en las otras variables hubo diferencia altamente significativa para las variables floración masculina, floración femenina, altura de planta, hileras/mazorca, diámetro de mazorca, plantas androestériles y plantas fértiles y significancia al nivel de 0.05 de probabilidad para altura de planta y rendimiento (Cuadro 1).

En la comparación de medias para la variable rendimiento se presentaron tres grupos de significancia, donde se muestra que el híbrido con mejor rendimiento fue el Puma 1181 con 11,709 kg ha⁻¹, seguido del H-48 con 11,344 kg ha⁻¹, y el que tuvo el rendimiento más bajo fue el híbrido H-50 con 9,835 kg ha⁻¹ (Cuadro 2).

En floración masculina y femenina hubo tres niveles de significancia, el híbrido más precoz fue el Puma 1075 y el más tardío Puma 1076; En la variable altura de planta y altura de mazorca presentaron dos y tres niveles de significancia respectivamente, los híbridos que presentaron alturas mayores fueron H-48 y H-50, en cambio el híbrido que presentó alturas menores fue el Puma 1076 (Cuadro 2).

En las variables peso de 200 granos e hileras por mazorca para los híbridos evaluados, se presentaron dos grupos de significancia. En la variable peso de 200 granos los genotipos que presentaron mayores valores fueron el Puma 1181 con 78 g y Puma 1075 con 72 g, el que tuvo los pesos más bajos fue Puma 1076 con 63 g. Para las variables longitud de mazorca, hileras por mazorca y granos por hilera no hubo diferencia estadística (Cuadro 3).

En la comparación de medias de las versiones androestériles y fértiles para las variables evaluadas considerando la media de los seis híbridos utilizados en el estudio, se observa que en las variables rendimiento, altura de planta, mazorcas buenas, peso de 200 granos, longitud de mazorca y granos por hilera, un solo grupo de significancia (Cuadro 4), que indica que no hay diferencia estadística significativa, entre las versio-

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística para diversas variables evaluadas en híbridos fértiles en comparación con su versión androestéril para los factores de variación repetición, genotipos, condición androestéril/fértil e interacción genotipos x condición androestéril/fértil. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera-verano 2008.

Variable	CUADRADOS MEDIOS									
	Rep	S	Gen	S	AE/F	S	Gen x AE/F	S	Media	CV
Rendimiento	4893746	*	6706893	*	365822	NS	2406742	NS	10670	9.7
Floración masculina.	0.14	NS	33.2	**	0.75	NS	2.75	NS	79	1.8
Floración femenina.	0.19	NS	35.9	**	1.02	NS	3.02	NS	80	1.6
Altura de planta.	463	NS	1128	*	75	NS	675.7	NS	269	5.5
Altura de mazorca.	334.6	NS	885.8	**	1260.7	*	122.6	NS	163	7.7
Peso de 200 gramos.	263.2	NS	223.1	*	216.75	NS	72.15	NS	69.46	11.1
Longitud de mazorca.	0.64	NS	0.75	NS	0.99	NS	0.63	NS	15.66	6.1
Hileras/mazorca.	2.35	NS	5.57	**	1.02	NS	0.97	NS	15.77	5.81
Granos por hilera.	14.14	NS	6.25	NS	0.33	NS	5.13	NS	30.87	6.22
Plantas AE	12.35	NS	180	**	2310.2	**	170.14	**	21	10.9
Plantas fértiles	11.63	NS	177.45	**	2296.3	**	172.53	**	9	24.1

S: significancia estadística al 0.01 de probabilidad (**), al 0.05 de probabilidad (*).

Cuadro 2. Comparación de medias para variables evaluadas, rendimiento (kg ha⁻¹), floración masculina y femenina, altura de planta y altura de mazorca en híbridos de maíz considerando el promedio de las versiones fértiles y androestériles. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –Verano 2008.

Genotipo	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Floración Masculina (días)	Floración Femenina (días)	Altura de Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)
Puma 1181	11709 a	81 ab	81 b	268 ab	160 bc
H-48	11344 ab	78 c	78 c	277 a	180 a
Puma 1075	11091 ab	77 c	78 c	273 a	161 bc
H-47	10704 abc	78 c	79 c	274 a	160 bc
H-50	9835 bc	80 b	81 b	277 a	167 ab
Puma 1076	9334 c	83 a	83 a	246 b	148 c
D.M.S.H. (0.05)	1565	2	2	22	19

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

Cuadro 3. Comparación de medias para las variables evaluadas sanidad de planta, cobertura de mazorca, peso de 200 gramos, longitud de mazorca e hileras por mazorca en híbridos de maíz considerando el promedio de las versiones fértiles y androestériles. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –Verano 2008.

Genotipo	Peso de 200 granos	Longitud de mazorca	Hileras por mazorca	Granos por hilera
Puma 1181	78 a	16 a	14 b	32 a
H-48	64 b	16 a	16 a	31 a
Puma 1075	72 ab	16 a	16 a	30 a
H-47	69 ab	15 a	16 a	30 a
H-50	70 ab	15 a	16 a	30 a
Puma 1076 F	63 b	16 a	15 ab	31 a
D.M.S.H. (0.05)	12	1.4	1	3

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

Cuadro 4. Comparación de medias de diversas variables evaluadas en híbridos de maíz para Valles Altos, de las versiones Androestériles y Fértiles de dichos híbridos. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008.

Variable	VERSIONES		
	ANDROESTÉRIL	FÉRTIL	DSH (0.05)
Rendimiento	10582 a	10757 a	608
Altura de planta.	270 a	268 a	9
Altura de mazorca.	168 a	157 b	7
Mazorcas buenas.	34 a	34 a	2
Peso de 200 granos.	71 a	67 a	4.5
Longitud de mazorca.	16 a	15.5 a	0.56
Granos por hilera.	31 a	31 a	1
Plantas AE	14 b	27 a	1
Plantas fértiles	16 a	3 b	1

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

nes, confirmando los valores obtenidos en el análisis de varianza. Lo anterior se debe a que si bien en el proceso de producción de semilla se utilizan progenitores estériles en el caso de la versión androestéril, y fértiles en la versión androfértil, en la semilla que se entrega al productor comercial de maíz, es decir el híbrido final, en ambas versiones tiene similar capacidad de rendimiento, lo que confirma resultados de otros trabajos (Espinosa y Tadeo, 2002; Espinosa *et al.*, 2008 a; Espinosa *et al.*, 2008 b; Espinosa *et al.*, 2009 a; Espinosa *et al.*, 2009 b; Espinosa *et al.*, 2009 c; Espinosa *et al.*, 2009 d).

En la variable altura de mazorca, se tienen dos niveles de significancia, la versión androestéril tiene los valores más altos, con 168 cm de altura y la versión fértil con 157 cm de altura. El resto de las variables no tuvieron diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

En la variable rendimiento para la interacción híbridos por androestrididad/fertilidad, no se presentaron diferencias significativas, el genotipo Puma 1181 AE, mostró un rendimiento de 12,550 kg ha⁻¹, que numéricamente superó a su versión fértil con 15.5 % en producción (Cuadro 5). Esto ha sido descrito en diferentes trabajos, donde se han reportado resultados similares, es decir aprovechamiento de nutrientes y fotosintatos, hacia la principal fuente de demanda de éstos, que en este caso fue la producción de grano, al no gastarse energía en la generación de polen (Hernández, 2000; Ortiz *et al.*, 2005; Espinosa *et al.*, 2008 a; Espinosa *et al.*, 2008 b; Espinosa *et al.*, 2009 a; Espinosa *et al.*, 2009 b; Espinosa *et al.*, 2009 c; Martínez *et al.*, 2005; Tadeo *et al.*, 2001; Tadeo *et al.*, 2003; Tadeo *et al.*, 2007).

Otros de los híbridos con buenos resultados fueron el H-48 Fértil con 12,141 kg ha⁻¹, su versión androestéril obtuvo 10,546 kg ha⁻¹, que representa el 86.9% de la versión fértil; el Puma 1075 AE con 11,242 kg ha⁻¹, 2.7% más que su versión fértil que obtuvo 10,940 kg ha⁻¹.

El híbrido Puma1076 AE tuvo el rendimiento más bajo con 9,178 kg ha⁻¹ (Cuadro 5), que representa el 96.7% de su versión fértil, que presentó un rendimiento de 9,491 kg ha⁻¹. En este caso como en el de otros genotipos, donde la versión fértil tuvo mejores rendimientos que la versión androestéril, puede deberse a la propia naturaleza de la constitución genética de estos materiales y confirma la necesidad de definir para cada híbridos la respuesta y capacidad de rendimiento, como se ha hecho en trabajos previos (Martínez *et al.*, 2005; Tadeo *et al.*, 2001; Tadeo *et al.*, 2003; Tadeo *et al.*, 2007).

En altura de planta el genotipo que tuvo valores más altos fue el H-47 F con 283 cm, H-50 AE con 281 cm, el H-48 F y H-48 AE con 277cm de altura. Los que tuvieron alturas menores fueron el Puma 1181 AE con 262 cm y el Puma 1076 AE con 263 cm.

En la variable altura de mazorca los genotipos con alturas mayores fueron el H-48 F con 190 cm y el Puma 1181 AE, H-48 F y H-50 AE con 170 cm de altura de mazorca. Los híbridos con menores alturas fueron el Puma 1181 F con 151 cm y el Puma 1076 F con 142 cm de altura (Figura 1).

En la variable peso de 200 granos, los genotipos que tienen mayores valores fueron el Puma 1181 AE con 79 gramos y el Puma 1181 F con 76 gramos, el que tuvo los valores más bajos fue el H-48 F con 56 gr. Para el

Cuadro 5. Comparación de medias para diversas variables en la interacción híbridos X androesterilidad / fertilidad, para: rendimiento (kg ha⁻¹), floración masculina y femenina, altura de planta. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –Verano 2008.

Genotipo	AE/F	Rendimiento (kg/ha)	% AE VS F	Floración Masculina (días)	Floración Femenina (días)	Altura de Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)
Puma 1076	AE	9178	96.7	81	82	263	153
Puma 1076	F	9491	100	83	84	228	142
Puma 1075	AE	11242	102.7	77	77	272	163
Puma 1075	F	10940	100	77	78	274	158
Puma 1181	AE	12550	115.5	80	80	262	170
Puma 1181	F	10867	100	81	81	273	151
H-47	AE	10404	94.5	78	79	266	160
H-47	F	11004	100	77	78	283	160
H-48	AE	10546	86.9	78	79	277	190
H-48	F	12141	100	77	78	277	170
H-50	AE	9573	94.8	80	81	281	170
H-50	F	10097	100	80	80	272	163

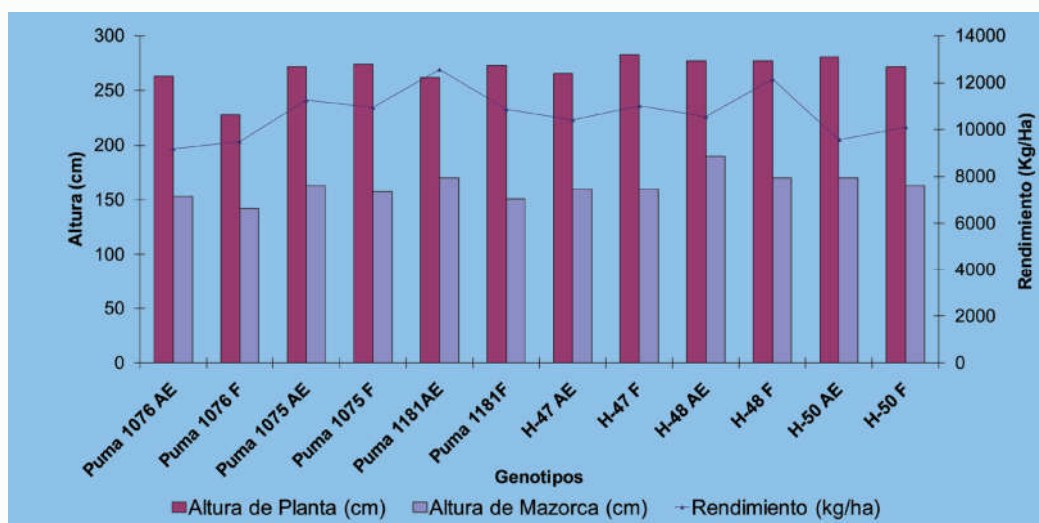


Figura 1. Medias obtenidas por seis híbridos en la versión androestéril y fértil para rendimiento (kg ha⁻¹), altura de planta, altura de mazorca. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –Verano 2008.

resultado de longitud de mazorca no hubo diferencia estadística, los que tuvieron longitudes mayores fueron los híbridos Puma 1076 AE y Fértil, Puma 1075 AE, Puma 1181 AE y Fértil, H-48 AE y Fértil, con una media de 16 cm de longitud (cuadro 6).

En la variable granos por hilera el híbrido que presentó valores numéricos altos fueron el Puma 1076 F, Puma 1181 AE y Puma 1181 F con 32 granos por hilera, y el de menor valor fue el Puma 1075 F con 28 granos por hilera. En la variable granos por mazorca se obtuvo diferencia estadística significativa, donde el genotipo que tuvo el mayor número de granos por mazorca fue el H-48 F con 527, seguido del H-50 F con 522; el genotipo que tuvo valores más bajos fue el Puma 1181 F con 451 y el Puma 1075 F con 463 granos por mazorca.

De las variables analizadas, el número de plantas con espigas fértiles en la cual se detectó diferencia estadística significativa, los híbridos Puma 1075 F, Puma 1181 F, H-47 F, H-48 F y H-50 F exhibieron en el 100 % de plantas, espigas fértiles, es decir, con producción y liberación de polen, en cambio el híbrido Puma 1076 F, presentó el 50 % de plantas con espigas fértiles, lo que se debe al esquema utilizado en el desarrollo de estos materiales (Tadeo *et al.*, 2003; Tadeo *et al.*, 2007).

En el complemento de la variable anterior, es decir plantas androestériles, se definió que el genotipo que expresó esta característica fue el Puma 1181 AE con 93 % de plantas con espigas androestériles, es decir, que no produjeron polen, el Puma 1075 AE con 63 % de plantas con espigas androestériles, los genotipos con menor porcentaje

de plantas androestériles fueron H-50 AE y H-48 AE, lo que se debe al esquema y combinación de semillas fértiles y androestériles definidas en trabajos previos (Espinosa *et al.*, 2009 a).

CONCLUSIÓN

Para la variable rendimiento al considerar las medias de producción de versiones fértiles ($10,757 \text{ kg ha}^{-1}$) en comparación con la media de las versiones androestériles ($10,582 \text{ kg ha}^{-1}$) de seis híbridos de maíz para Valles Altos (Puma 1181, Puma 1075, Puma 1076, H-48, H-47 y H-50), el análisis de varianza no detectó diferencia estadística significativa, es decir los híbridos fértiles no fueron diferentes con respecto a los androestériles.

Los híbridos que presentaron mayores rendimientos de grano fueron el Puma 1181 AE con $12,550 \text{ kg ha}^{-1}$, similar al genotipo H-48 F con un rendimiento de $12,141 \text{ kg ha}^{-1}$ y el Puma 1075 AE con un rendimiento de $11,242 \text{ kg ha}^{-1}$, dos de ellos androestériles y uno con fertilidad masculina normal, los tres se cultivan de manera comercial en su versión de fertilidad normal en los Valles Altos de México.

Los genotipos Puma 1181 AE y el Puma 1075 AE obtuvieron rendimientos mayores que su versión fértil con 15.5% y 2.7 % respectivamente. En cambio, en los híbridos Puma 1076 F con 3.3%, H-47 F con 5.5%, H-48 F con 13.1% y H-50 F con 5.2%, en estos genotipos se definieron rendimientos mayores en la versión fértil que en su versión androestéril con el porcentaje indicado.

Cuadro 6. Medias obtenidas en la interacción híbridos x androesterilidad / fertilidad, para las variables peso de 200 gramos, longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008.

Genotipo	AE/F	Peso de 200 granos	Longitud de mazorca	Hileras por mazorca	Granos Por hilera	Granos por mazorca
Puma 1076	AE	66	16	15	30	466
Puma 1076	F	61	16	15	32	483
Puma 1075	AE	71	16	16	31	512
Puma 1075	F	72	15	16	28	463
Puma 1181	AE	79	16	14	32	471
Puma 1181	F	76	16	14	32	451
H-47	AE	68	15	16	30	488
H-47	F	69	15	16	30	484
H-48	AE	72	16	15	31	485
H-48	F	56	16	17	31	527
H-50	AE	72	15	16	30	480
H-50	F	68	15	17	31	522

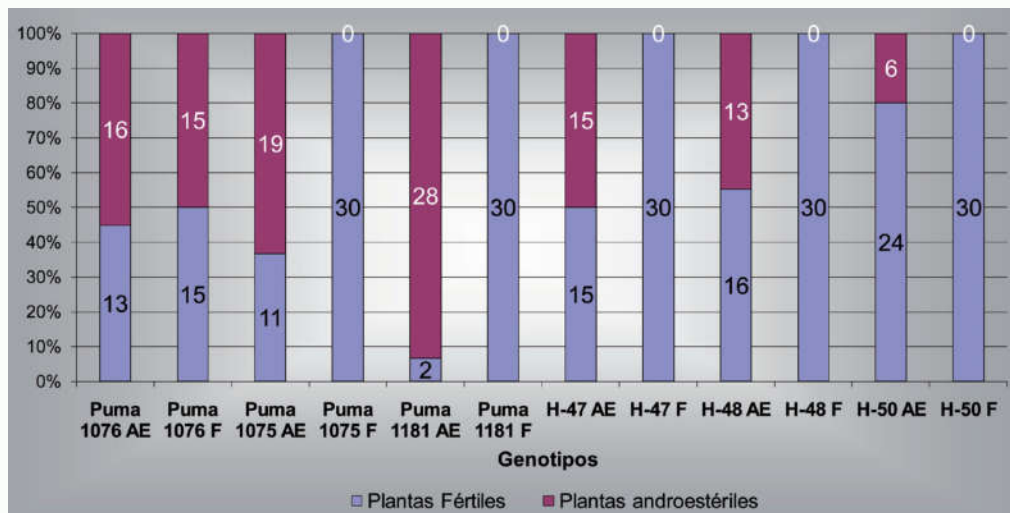


Figura 2. Resultados obtenidos en la interacción híbridos x androesterilidad / fertilidad, para las variables plantas fértiles y plantas androestériles. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –Verano 2008.

BIBLIOGRAFÍA

- Espinosa C. A.; Tadeo R. M. 2002. Tecnología de producción de semillas de los híbridos H-48, H-50 y H-153 con esquema de androesterilidad. En: Memoria del Día de Campo CEVAMEX. Memoria Técnica No. 2. CEVAMEX, CIRCE, INIFAP. Chapingo, México. P. 13-15.
- Espinosa C. A.; Sierra M., M.; Gómez M., N. 2003. Producción y tecnología de semillas mejoradas de maíz por el INIFAP en el escenario sin la PRO-NASE. *Agron. Mesoamericana* 14 (2): 117-121.
- Espinosa C., A.; J. Piña R.; A. Caetano de O.; M. Mora V. 2004. Listado de variedades liberadas por el INIFAP de 1980 a 2003. Publicación Especial No. 2, INIFAP, CIRCE, CEVAMEX, Chapingo, México. 30 p.
- Espinosa C. A.; Tadeo R. M.; Turrent F., A.; Gómez M. N.; Sierra M. M.; Palafox C., A.; Caballero H., F.; Valdivia B., R.; Rodríguez M., F. 2008 a. El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias* 92-93: 118-125.
- Espinosa C. A.; Tadeo R. M.; Turrent F., A.; Sierra M. M.; Gómez M. N.; Palafox C. A.; Rodríguez M., F.; Caballero H. F.; Valdivia B., R.; Zamudio G., B. 2008 b. Las semillas insumo fundamental para avanzar hacia suficiencia alimentaria y reserva estratégica de granos. *In: Reserva Estratégica de Alimentos: Una alternativa para el desarrollo del campo Mexicano y la Soberanía alimentaria*. Coordinadores Alfonso Ramírez Cuellar, Benito Ramírez Valverde, Beatriz A. Cavallo Vázquez, Carlos F. Marcof Álvarez, Alfredo Cesín Vargas. CEDRSSA-SAGARPA-CP-UACH. Pp. 77-89.
- Espinosa C. A.; Turrent F., A.; Tadeo R. M.; Gómez M. N.; Sierra M. M.; Caballero H. F. 2008 c. Importancia del uso de semilla de variedades mejoradas y nativas de maíz en México. *In: Desde los Colores del maíz, Una agenda para el campo mexicano*. Coordinador J. Luis Seefoó Luján. El Colegio de Michoacán. Volumen I: 233-255.
- Espinosa C. A.; Tadeo R. M.; Sierra M. M.; Turrent F., A.; Valdivia B., R.; Zamudio G., B. 2009 a. Híbridos de maíz bajo diferentes combinaciones de semilla androestéril y fértil en México. *Agron. Mesoamericana*. 20 (2): 211-216.
- Espinosa C. A.; Tadeo R. M.; Gómez M. N.; Sierra M. M.; Martínez M. R.; Virgen V. J.; Palafox C. A.; Caballero H. F.; Vázquez C. G.; Salinas M. Y. 2009 b. H-47, híbrido de maíz para Valles Altos con androesterilidad para la producción de semilla. Memoria Técnica Número 10. 9 Expo Nacional de Maquinaria Agrícola. INIFAP, CEVAMEX, Chapingo, México.
- Espinosa C. A.; Tadeo R. M.; Meza G. L.; González-Rojo I.; Arteaga E. I.; Matías B. D.; Sierra M. M.; Valdivia B. R.; Gómez M. N.; Palafox C. A.; Zamudio G.; B.; Farías O.; M.; Caballero H.; F. 2009 c. Eliminación de panoja en híbridos de maíz de fertilidad normal en comparación con genotipos androestériles. Memoria 55 Reunión Anual de la Sociedad del PC-CMCA. Campeche, México. P. 61.
- Espinosa C. A.; Tadeo R. M.; Gómez M.; N.; Sierra M.; M.; Martínez M., R.; Virgen V., J.; Palafox C., A.; Caballero H., F.; Vázquez C., G.; Salinas M., Y. Septiembre, 2009 d. H-49, híbrido de maíz para Valles Altos con androesterilidad para la producción de semilla. Memoria Técnica Número 10. 9a Expo Nacional de Maquinaria Agrícola. INIFAP, CEVAMEX.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana). Cuarta edición. UNAM. México. 217 p.
- González E., A.; Islas G., J.; Espinosa C., A.; Vázquez C., J. A.; Wood, S. 2008. Impacto económico del mejoramiento genético del maíz en México: Híbrido H-48. Publicación Técnica No. 25. Serie: Estudios de Evaluación del Impacto Económico de Productos del INIFAP. SAGARPA. INIFAP.
- Hernández H. E. 2000. Capacidad productiva de semillas de cruces simples de maíz androestéril en comparación con la versión normal. Tesis de licenciatura. FESC-UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.

- Martínez L. C.; Mendoza O., L. E.; García De Los S. G.; Mendoza C., M. C.; Martínez G., Á. 2005. Producción de semilla híbrida de maíz con líneas androfértiles y androestériles isogénicas y su respuesta a la fertilización y densidad de población. *Rev. Fitotecnia Mex.* 28 (2): 127-133.
- Matías B. D. 2009. Productividad de híbridos de maíz para Valles Altos de semilla obtenida con progenitores fértiles y androestériles. Tesis de licenciatura. FESC-UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.
- Ortiz T., C.; Espinosa C., A.; Azpíroz R., H. S.; Sahagún C., S. 2005. Producción y tecnología de semillas de maíz del INIFAP para los Valles Altos y zonas de transición. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Valle de Toluca. 122 p. Libro Técnico Número 3. Zinacantepec, Estado de México.
- Salazar D., H. 2008. Evaluación productiva de híbridos fértiles, normales de fertilidad restaurada y androestériles de maíz (*Zea mays* L.) de Valles Altos. Tesis de licenciatura FESC-UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.
- Serrano R., J. 2008. Productividad de diferentes mezclas de semilla androestéril y fértil de híbridos puma de maíz en dos fechas de siembra. Tesis de Licenciatura de la Carrera de Ingeniería Agrícola. FES – UNAM. Cuautitlán Izcalli. México.
- Statistical Analysis Systems Institute (SAS Institute). 1990. SAS/STAT. User's guide. Ver. 6. Ed. SAS Institute, Inc. Cary, NC. 243 p.
- Tadeo R., M.; Espinosa C., A.; Solano, A. M.; Martínez M., R. 2001. Esterilidad masculina para producir semilla híbrida de maíz. *Ciencia y Desarrollo* 157.
- Tadeo R., M.; Espinosa C., A.; Solano A., M.; Martínez M., R. 2003. Androesterilidad en líneas e híbridos de maíz de Valles Altos de México. *Agron. Mesoamericana* 14 (1): 15-19.
- Tadeo R. M.; Espinosa C. A.; Martínez M. R.; Srinivasan G.; Beck D.; Lothrop J.; Torres J. L.; Azpiroz R., S. 2004. "Puma 1075 y Puma 1076, híbridos de maíz de temporal para los Valles Altos de México (2200 a 2600 msnm)". *Rev. Fitotecnia Mex.* 27 (2): 211-212.
- Tadeo R., M.; Espinosa C., A.; Beck D.; Torres J. L. 2007. Rendimiento de semilla de cruza simples fértiles y androestériles progenitoras de híbridos de maíz. *Agricultura Téc. Mex.* 33 (2): 175-180.
- Tadeo R. M.; Espinosa C., A.; Serrano R., J.; Arteaga E., I.; Meza G., L.; Matías B., D.; Sierra M., M.; Valdivia B., R.; Gómez M., N.; Zamudio G., B. 2009. Productividad de diferentes combinaciones de semilla androestéril y fértil en dos híbridos de maíz. Memoria 55 Reunión Anual de la Sociedad del PCCMCA 2009. Campeche, México. P.43.

Forma correcta de citar este trabajo:

Tadeo-Robledo, M.; Espinosa-Calderón, A.; Canales-Islas, E. I.; Arteaga-Escamilla, I.; Trejo-Pastor, V.; Sierra-Macías, M.; Turrent-Fernández, A.; Valdivia-Bernal, R.; Gómez-Montiel, N. y Zamudio-González, B. 2010. Productividad de híbridos trilineales de maíz de valles altos en versión androestéril y fértil. *U. Tecnociencia* 4 (2) 19 - 31.