

ELIMINACIÓN DE ESPIGA Y HOJAS EN UN HÍBRIDO DE MAÍZ ANDROESTÉRIL Y FÉRTIL

Detasseling and leaves removal on an androsterile and fertile maize hybrid

A Espinosa-Calderón, M Tadeo-Robledo✉, LD Meza-Guzmán, I Arteaga-Escamilla, D Matías-Bautista, R Valdivia-Bernal, M Sierra-Macías, N Gómez-Montiel, A Palafox-Caballero, B Zamudio-González

(AEC) Campo Experimental Valle de México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Km. 18.5 Carr. México - Lechería, Apartado Postal 10. 56230, Chapingo, México

(MTR) Ingeniería Agrícola, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. Carretera Cuautitlán - Teoloyucán, Km 2.5, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. C.P. 54714. tadeorobledo@yahoo.com

(LDMG)(IAE)(DMB) Ingeniería Agrícola, FESC-UNAM

(RVB) Universidad Autónoma de Nayarit

(MSM)(APC) Campo Experimental Cotaxtla, INIFAP

(NGM) Campo Experimental Iguala, INIFAP

(BZG) Campo Experimental Valle de México, INIFAP

Artículo recibido: 1 de septiembre de 2009, **aceptado:** 17 de julio de 2010

RESUMEN. La presente investigación, tuvo como objetivo principal estudiar el efecto del desespigue sin o con la eliminación de diferente número de hojas (1 a 8) en el híbrido de maíz H-49 (fértil y androesteril). Se evaluaron 10 tratamientos, bajo un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones. Las variables medidas fueron: rendimiento de grano, altura de planta, altura de mazorca, peso de 200 granos y longitud de mazorca, a las que se aplicaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias (Tukey 0.05). Los resultados obtenidos señalan que: los dos híbridos evaluados mostraron diferencias estadísticas para rendimiento, la versión androestéril H-49 AE, rindió 6077 kg ha⁻¹, vs 5162 kg ha⁻¹, de la versión fértil, lo cual representa 17.7 % más de rendimiento. En otras variables la comparación de medias confirmó la similitud estadística al no existir diferencia entre la versión androestéril y fértil; Entre ambientes, el mayor rendimiento fue para Santa Lucia b, con 7429 kg ha⁻¹ y la menor producción ocurrió en la FESC-UNAM, con un rendimiento de 3265 kg ha⁻¹; La eliminación de espiga afectó positivamente el rendimiento de grano con respecto al testigo sin desespigue, presentándose un mayor efecto en la versión fértil; por otra parte, la eliminación de más de tres hojas (5, 6, 7 y 8 hojas) afectó el rendimiento de grano.

Palabras clave: *Zea mays* L., híbridos, desespigue, esterilidad masculina, producción de semillas.

ABSTRACT. The main purpose of this project was to study the effect of detasseling, with and without eliminating different numbers of leaves (1 to 8), on the H-49 maize hybrid (fertile and andro-sterile). A randomised complete block design with three replicates was used to evaluate 10 treatments. The variables recorded included: grain yield, plant height, ear height, weight of 200 grains and ear length, to which were applied analyses of variance and mean comparisons tests (Tukey 0.05). The results indicate that the two hybrids were statistically different with respect to yield. The H-49 AE andro-sterile type yielded 6077 kg ha⁻¹ vs 5162 kg ha⁻¹ of the fertile type, representing a 17.7 % greater yield. No statistical differences were found for the other variables. Among environments, the greatest yield was that of Santa Lucia b with 7429 kg ha⁻¹, and the smallest production was that obtained at FESC-UNAM with a yield of 3265 kg ha⁻¹. Detasseling positively affected grain yield in comparison with the non-detasseled control, and the effect was greater in the fertile type. Additionally, the elimination of more than three leaves (5, 6, 7 and 8 leaves) affected the yield of the grain.

Key words: *Zea mays* L., hybrids, detasseling, male sterility, seed production.

INTRODUCCIÓN

En México el uso de semillas mejoradas de híbridos y variedades de maíz es de 25 % de la superficie sembrada con este cultivo, por lo que sería deseable que esta proporción se elevara (Espinosa-Calderón *et al.* 2002). Se considera que además de contar con variedades mejoradas para uso comercial por parte de los agricultores, también es importante conocer la respuesta de esos genotipos, ante la aplicación de diferentes prácticas o bien bajo ciertos manejos, como es el caso de la remoción de la espiga y hojas, aspecto que es importante en la producción de semilla, lo anterior podría ser similar a lo que ocurre cuando se presenta una granizada que afecta la estructura y las hojas de la planta, con repercusión en el rendimiento de grano (Espinosa-Calderón *et al.* 1998; Espinosa-Calderón *et al.* 1999; Espinosa-Calderón *et al.* 2004; Martínez *et al.* 2005; 2006; Tadeo-Robledo *et al.* 2005).

En México, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), cuenta con híbridos de maíz, con esterilidad masculina (Espinosa-Calderón *et al.* 2008), en los cuales al no producir polen en una proporción de las plantas de una parcela, esta característica podría propiciar una condición particular, por la que se considera interesante conocer la respuesta de híbridos ante la eliminación de hojas y de espiga, ya que pudiese ser diferente a la respuesta de materiales con fertilidad normal. Para facilitar la producción de semilla, así como favorecer el mantenimiento de la calidad genética, diversos materiales han sido convertidos a la versión androesteril (Tadeo-Robledo *et al.* 2003; Tadeo-Robledo *et al.* 2007; Martínez *et al.* 2005; Martínez *et al.* 2006; Espinosa-Calderón *et al.* 2008), con lo cual disminuyen los costos de producción porque se omite el desespigue, que representa una actividad fundamental para lograr la calidad e identidad genética del híbrido correspondiente, lo que implica elevados costos por uso de jornales, la eficiencia para eliminar espigas depende de la uniformidad del progenitor femenino, presencia de hijos, facilidad para retirar la espiga (Jugenheimer 1990; Tadeo-Robledo *et al.* 2003; Martínez *et al.* 2005). Como alternativa a esta elevada inver-

sión, el empleo de la androesterilidad, favorece un menor precio de semilla, ya que se prescinde de esta práctica (Tadeo-Robledo *et al.* 2003).

En este trabajo se establecieron como objetivos: 1) Determinar el efecto que produce la eliminación de espiga, junto con hojas en el rendimiento de un híbrido de maíz en su versión fértil y androesteril; 2) Determinar la capacidad de rendimiento de las versiones fértil y androesteril de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecieron tres experimentos uniformes, en el ciclo primavera verano 2007, uno en la parcela experimental Número 7 de las instalaciones de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la Universidad Nacional Autónoma de México (FESC, UNAM), a una altitud de 2 252 msnm. Los otros dos experimentos se establecieron en el Campo Experimental Valle de México del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias en Santa Lucia de Prias, a una altitud de 2 240 msnm.

Como material genético se utilizó el híbrido trilineal H-49 fértil y el H-49 androesteril, desarrollados por el INIFAP, híbridos adaptados a los Valles Altos de México (2 200 a 2 600 msnm). Actualmente en proceso de validación comercial (Espinosa-Calderón *et al.* 2008). Los tres experimentos se establecieron bajo un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones y 20 tratamientos (Tabla 1), teniendo un total de 60 unidades experimentales por localidad. Cada unidad experimental consistió de un surco de 5 m de largo por 0.8 m de ancho.

En el experimento de la FESC-UNAM, la preparación del terreno se realizó de forma mecánica y consistió en barbecho, rastra, cruza y surcado a 80 cm. Se empleó la fórmula 80-40-00, en una sola aplicación. La fuente de N fue Urea (46 % de N) y de P fue Fosfato Diamónico (18-46-00 de P).

La siembra se realizó el día 19 de junio de 2007, a tapa pie depositando 3 semillas por sitio cada 50 cm. En este experimento no se dio primera escarda y tampoco la segunda escarda, por lo cual no se aplicó una segunda fertilización. En los experimentos de Santa Lucia de Prias se preparó en forma similar el terreno, empleándose la misma

Tabla 1. Tratamientos de eliminación de espiga y diferente número de hojas en comparación con el testigo sin desespigue, evaluados en el híbrido H-149 en las versiones fértil y androesteril. Ciclo primavera - verano 2007.

Table 1. Treatments for the detasseling and removal of different numbers of leaves, compared with the non-detasseled control, evaluated in the fertile and andro-sterile types of the H-49 hybrid. Spring-summer 2007 cycle.

Tratamiento	Genealogía	No. de hojas	Tratamiento	Genealogía	No. de hojas
1	H-49 F	Testigo	11	H-49 AE	Testigo
2	H-49 F	Espiga	12	H-49 AE	Espiga
3	H-49 F	E + 1	13	H-49 AE	E + 1
4	H-49 F	E + 2	14	H-49 AE	E + 2
5	H-49 F	E + 3	15	H-49 AE	E + 3
6	H-49 F	E + 4	16	H-49 AE	E + 4
7	H-49 F	E + 5	17	H-49 AE	E + 5
8	H-49 F	E + 6	18	H-49 AE	E + 6
9	H-49 F	E + 7	19	H-49 AE	E + 7
10	H-49 F	E + 8	20	H-49 AE	E + 8

H-49F: versión fértil; H-49AE: versión androestéril; E+1: = eliminación de espiga + una hoja; E+2: eliminación de espiga + dos hojas; 1-8= número de hojas eliminadas.

fórmula 80-40-00, en aplicación a la siembra y una segunda aplicación con la fórmula 40-00-00, en la segunda escarda, en ambas aplicaciones la fuente de N fue Urea (46 % de N) y de P fue Superfosfato de Calcio Triple (46 % de P). En ambos experimentos de Santa Lucía de Prías, la siembra se realizó a tapa pie depositando 3 semillas por sitio cada 50 cm, la siembra se efectuó en la segunda quincena de mayo, en uno de los experimentos y el otro en la primera semana de junio.

El control de malezas se realizó con productos químicos haciendo dos aplicaciones durante el ciclo, la primera en preemergencia, un día después de la siembra, utilizando una mezcla de 3 L de Hierbamina más 3 kg de Gesaprim por hectárea, la segunda aplicación fue 20 d después de la siembra en el caso de la FESC-UNAM y un día después de la segunda escarda en los dos experimentos de Santa Lucía de Prías, utilizando una mezcla de 3 L de Sansón más 3 L de Hierbamina más 3 kg de Gesaprim, por hectárea.

Los tratamientos en donde se realizó desespigue, al momento de la aparición de la espiga, se eliminó manualmente, tirando ligeramente hacia arriba con el puño cerrado, cuidando de no dañar la planta así como las hojas adyacentes a la panoja; en los tratamientos donde se eliminó la espiga más 1, 2, 3 y 4 hojas, respectivamente, se hizo un corte diagonal

eliminándolas conjuntamente con el tallo. Para los tratamientos de eliminación de espiga más 5 y hasta 8 hojas respectivamente, se eliminó el tallo con la espiga y 4 hojas superiores y a partir de la quinta hoja se cortó la hoja hasta la lígula, dejándose el tallo, el cual contenía el jilote. En el tratamiento testigo sin desespigue, se dejó intacta la espiga, en la versión androesteril y fértil, en ambos casos, así como los otros tratamientos de eliminación de espiga y hojas se verificó la presencia o ausencia de granos de polen en las diferentes parcelas.

La cosecha se realizó de forma manual en la segunda quincena de noviembre de 2007, en los tres experimentos, colectando todas las mazorcas incluidas las dañadas, para tomar de ellas los datos correspondientes a humedad, porcentaje de grano/olote, así como las variables previamente: altura de planta, altura de mazorca, longitud de mazorca, número de granos por hilera, número de hileras por mazorca, peso de 200 granos y rendimiento de grano con la fórmula:

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

donde:

P.C. = peso de campo de la totalidad de las mazorcas cosechadas por parcela expresada en kilogramos.

% MS = por ciento de materia seca de la muestra

Tabla 2. Cuadrados medios y significancia estadística obtenidos en diferentes tratamientos de eliminación de espiga y hojas en la versión androestéril y fértil del híbrido de maíz H-49 evaluados en tres ambientes. Ciclo Primavera verano 2007.
Table 2. Mean squares and statistical significance obtained for different treatments of detasseling and removal of leaves in the andro-sterile and fertile types of the H-49 maize hybrid evaluated in three environments. Spring-summer 2007 cycle.

Factor de variación	GL	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Altura Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)	Peso 200 Granos (g)	Longitud Mazorca (cm)	Hilera/ Mazorca	Granos/ Hilera
Amb	2	273452584**	2640.5	9231.6**	1459.7**	59.6**	1.06	168.7**
Rep	2	567955.8	736.4	1058.1	18.4	3.6	0.95	63.6*
Gen	1	37706554.6**	2.45	929.3	128.3	1.5	4.35	16.2
Trat D/EH	9	57624853.0**	8379.2**	507.1	107.3*	44.9**	3.62	198.6**
Amb x Gen	2	8533237.0**	7082.3**	1390.2*	42.3	1.7	1.48	11.7
AmbxTrat	18	5958419.3**	608.4	312	53.5	2.6	1.2	21.5
GenxTrat	9	5142573.5**	688.8	226.9	17.6	1.08	1.78	11
AmbxGenxTrat	18	4494933.9**	1087.5	157.2	29.9	3.6	1.43	14.9
C.V. (%)		12.3	15.3	14.2	15.9	12.8	10.9	13.8
Media		5620	198	125	36.6	12	15.3	25.6

*, ** Significancia estadística al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente. G.L. = Grados de libertad; Amb = ambientes; Rep= repeticiones; Gen= genotipos; Trat D/EH= tratamiento desespigue/eliminación hojas; Amb x Gen= ambiente x genotipos; AmbxTrat= ambiente x tratamiento desespigue/eliminación hojas; GenxTrat= genotipo x tratamiento desespigue/eliminación hojas; AmbxGenxTrat= ambiente x genotipo x tratamiento desespigue/eliminación hojas; C.V. = Coeficiente de variación.

de grano de 5 mazorcas recién cosechadas.

% G = por ciento de grano

F.C.= Factor de conversión para obtener rendimiento por ha, se obtiene al dividir 10000 / el tamaño de la parcela útil.

8600 = es un valor constante, que permite estimar el rendimiento con una humedad del 14 %, a la cual se maneja el grano en forma comercial.

El análisis se llevó a cabo en forma factorial, considerando los factores ambientes, genotipos (Versión fértil y androesteril), tratamientos de desespigue/eliminación de hojas, así como las interacciones ambientes x genotipos, ambientes x tratamiento de desespigue/eliminación de hojas, genotipos x tratamiento de desespigue/eliminación de hojas, ambientes x genotipos x tratamiento de desespigue/eliminación de hojas, se realizó la comparación de medias por el método del Tukey a una probabilidad de error del 0.05 de significancia, para cada una de las variables registradas.

RESULTADOS

Para la variable rendimiento de grano se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas para las fuentes de variación, ambientes, ge-

notipos, tratamientos de desespigue/eliminación de hojas, así como en las interacciones, ambientes x genotipos, ambientes por tratamiento de desespigue/eliminación de hojas, ambientes x genotipos x tratamientos de desespigue/eliminación de hojas. El coeficiente de variación osciló entre 12.3% y 15.9, presentando el mayor coeficiente de variación el peso de 200 granos, mientras que el menor coeficiente de variación fue para el rendimiento de grano. El rendimiento de grano promedio fue de 5620 kg ha⁻¹ (Tabla 2).

Para la fuente de variación ambiente, se detectaron diferencias altamente significativas para las variables altura de mazorca, peso de 200 granos, longitud de mazorca, número de granos por hilera; en cambio para la altura de planta y número de hileras por mazorca, no se detectaron diferencias significativas. En el factor de variación tratamientos de desespigue/eliminación de hojas, se detectó diferencia altamente significativa en las variables altura de planta, longitud de mazorca y número de granos por hilera (Tabla 2). La comparación entre ambientes, mostró que el mayor rendimiento de grano se obtuvo en Santa Lucia b, con 7 429 kg ha⁻¹ y la menor producción fue para la localidad FESC-UNAM, con rendimiento promedio de 3 265 kg ha⁻¹ (Tabla 3).

Tabla 3. Comparación de ambientes para diferentes variables evaluadas considerando la media de tratamientos de eliminación de espiga y hojas en la versión androestéril y fértil del híbrido de maíz H-49. Ciclo Primavera verano 2007.

Table 3. Comparison of environments for different variables evaluated considering the mean of the treatments for detasseling and removal of leaves in the andro-sterile and fertile types of the H-49 maize hybrid. Spring-summer 2007 cycle.

Ambiente	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Altura Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)	Peso 200 Granos (g)	Longitud Mazorca (cm)	Hilera/ Mazorca	Granos/ Hilera
Santa Lucia b	7429 a	197 ab	119 b	33.2 b	11.2 b	15.1 a	25 b
Santa Lucia a	6165 b	205 a	139 a	34.3 b	11.8 b	14.4 a	24 b
FESC-UNAM	3265 c	191 b	117 b	42.2 a	13.7 a	15.2 a	27 a
D.S.H. (0.05)	302	13	8	2.5	6	3.3	1

En la comparación de medias para rendimiento de grano en las versiones fértil y androestéril del híbrido H-49, se encontró que la versión androesteril tuvo un rendimiento de 6 077 kg ha⁻¹, que es diferente estadísticamente al rendimiento de la versión fértil que rindió 5 162 kg ha⁻¹, del híbrido fértil, lo que indica que rindió un 17.7 % más que el híbrido androestéril (Tabla 4).

La comparación de medias para los tratamientos de desespigue/eliminación de hojas, mostró siete grupos de significancia, correspondiendo el mayor valor al tratamiento de desespigue (7 709 kg ha⁻¹), que superó en 10.7 % al testigo sin desespigue, que rindió 6 962 kg ha⁻¹, aún en el caso del desespigue combinado con eliminación de una hoja, la diferencia fue del 8 % (Tabla 5).

Los resultados señalan que a partir de la eliminación de la espiga más 2 hojas, el rendimiento de grano decreció paulatinamente respecto al tratamiento testigo sin desespigar en 18 %, 22 %, 51 % y 64 % al eliminar junto con la espiga 3, 4, 5 y 6 hojas, respectivamente (Tabla 5).

En la variable peso de 200 granos, se encontró que el tratamiento de desespigue con 40.4 g y el tratamiento eliminación de espiga más una hoja con 39.5 g mostraron los valores con los mayores pesos, en cambio el tratamiento desespigue más 7 hojas con 32.2 g y desespigue más 8 hojas con 34.6 g presentaron los valores más bajos (Tabla 5), a medida que se eliminaron más hojas. La versión androestéril en los ambientes de evaluación, mostró un rendimiento superior con respecto a la versión fértil (Tabla 6).

En la Tabla 7, se presentan los rendimientos

y valores de las variables altura de planta, altura de mazorca, peso de 200 granos, longitud de mazorca, número de hileras por mazorca y número de granos por hilera, para los diferentes tratamientos de desespigue y eliminación de hojas, aplicados a las versiones fértil y androestéril del híbrido H-49, considerando la media de los tres ambientes de evaluación.

DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias estadísticas entre las versiones fértil y androestéril del híbrido H-49, teniendo la versión androestéril un 17.7 % más de rendimiento. El mayor rendimiento de la versión androestéril, se puede deber a que al no haber fabricación de granos de polen, los fotosintátos se canalizan a la producción de grano (Espinosa-Calderón *et al.* 2004; Martínez *et al.* 2005; 2006).

A diferencia de lo que ocurrió en rendimiento, en las variables evaluadas altura de planta, altura de mazorca, peso de 200 granos, longitud de mazorca, número de hileras por mazorca y número de granos por hilera, la comparación de medias confirmó la similitud estadística al no existir diferencia significativa entre la versión androestéril y fértil del híbrido de maíz H-49, lo anterior se debe a que la producción de polen en la versión fértil y la incapacidad para producción de granos de polen en la versión androesteril es la única diferencia entre ambos materiales, ya que H-49 AE y H-49 F son isogénicos, lo cual fue confirmado al revisar las espigas de los diferentes tratamientos, confirmándose la fertilidad,

Tabla 4. Comparación de medias de la versión androestéril y fértil del híbrido de maíz H-49, para diferentes variables evaluadas considerando la media de tratamientos de eliminación de espiga y hojas en tres ambientes. Ciclo Primavera verano 2007.

Table 4. Comparison of means of the andro-sterile and fertile types of the H-49 hybrid maize, for different variables evaluated considering the mean of the treatments for detasseling and removal of leaves in three environments. Spring-summer 2007 cycle.

Genotipo	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Altura Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)	Peso 200 Granos (g)	Longitud Mazorca (cm)	Hilera/ Mazorca	Granos/ Hilera
H-49 Fértil	5162 b	198 a	127 a	35.8 a	12.2 a	15.4 a	25.9 a
H-49 Androésteril	6077 a	197 a	123 a	37.5 a	11.9 a	15.1 a	25.3 a
D.S.H. (0.05)	206	9	5	1.7	0.5	0.5	1

presencia de granos de polen, o ausencia de granos de polen, como se señala en diversos trabajos (Tadeo-Robledo *et al.* 2003; Espinosa-Calderón *et al.* 2004; Tadeo-Robledo *et al.* 2005; Tadeo-Robledo *et al.* 2007; Espinosa-Calderón *et al.* 2008).

La respuesta observada en la comparación de medias para tratamientos de desespigue/eliminación de hojas, donde se presentaron siete grupos de significancia, mostró efecto favorable en el tratamiento de desespigue (7 709 kg ha⁻¹), el cual fue superior al testigo sin desespigue, que rindió 6962 kg ha⁻¹, este tipo de respuesta ha sido reportada en otros trabajos (Reyes *et al.* 1998; Espinosa-Calderón & Tadeo-Robledo, 1998; Espinosa-Calderón *et al.* 1999; Espinosa-Calderón *et al.* 2004). Se ha observado en trabajos previos, reducción en el rendimiento con la eliminación de 1 a 3 hojas, lo que se atribuye a que las hojas superiores son esenciales durante la formación y maduración de la semilla (Espinosa-Calderón & Tadeo-Robledo, 1998).

Con respecto al menor rendimiento y su decrecimiento paulatino al eliminar 3, 4, 5 y 6 hojas, junto con la espiga, y 6 hojas, respectivamente (Padilla, 2002), sugieren que la explicación de la reducción en rendimiento de grano se debe a la pérdida de capacidad fotosintética como consecuencia de no disponer de suficientes hojas para interceptar luz, así como de la asimilación de compuestos nitrogenados

En los tratamientos de eliminación de espiga más 5 hojas con 5 256 kg ha⁻¹, espiga más 6 hojas con 4 182 kg ha⁻¹, espiga más 7 hojas con 3 197 kg ha⁻¹ y espiga más 8 hojas con 2 481 kg ha⁻¹, el rendimiento de grano se vio severamente afectado

por la defoliación, como respuesta a la deficiencia de nutrientes aportados por la actividad fotosintética. Esto coincide con lo reportado por Besnier (1989) y Tanaka & Yamaguchi (1984) quienes opinan que el desespigue abate el rendimiento, ya que al ocasionar daño foliar severo no sólo se remueve la fuente, sino también los nutrimentos contenidos en las hojas separadas.

En la variable altura de planta se definieron diferencias estadísticas en la comparación de medias, estableciéndose cuatro grupos de significancia, en la parte superior se ubicaron el tratamiento testigo sin desespigue, desespigue, desespigue + eliminación de una hoja y desespigue + eliminación de 2 hojas, a partir de la eliminación de mayor número de hojas, en forma lógica, la altura fue menor, ya que se eliminó la hoja y la parte correspondiente de la planta (Tabla 5), la altura de mazorca no mostró diferencia estadística, en este sentido Padilla (2002) indica que la altura de mazorca no es afectada por el desespigue y/o defoliación.

En la variable peso de 200 granos, se establecieron dos grupos de significancia, en el grupo de mayor peso de 200 granos, se ubicó el tratamiento de desespigue, así como desespigue + eliminación de una hoja, en cambio en el grupo de menor peso de 200 granos se ubicó el tratamiento de desespigue + eliminación de 7 hojas (Tabla 5), lo que señala que esta variable puede ser afectada por la defoliación, habiendo deficiencia de nutrientes aportados por la actividad fotosintética, como lo reporta Besnier (1989) y Tanaka & Yamaguchi (1984).

La diferencia positiva en rendimiento de la

Tabla 5. Comparación de medias para tratamientos de eliminación de espiga y hojas para diferentes variables considerando la media de la versión androestéril y fértil del híbrido de maíz H-49 en tres ambientes. Ciclo Primavera verano 2007.

Table 5. Comparison of means for treatments for the detasseling and removal of leaves, for different variables, considering the mean of the andro-sterile and fertile H-49 maize hybrids in three environments. Spring-summer 2007 cycle.

Tratamiento Desespigue/ Eliminación de hojas	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Altura Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)	Peso 200 Granos (g)	Longitud Mazorca (cm)	Hilera/ Mazorca	Granos/ Hilera
Testigo sin D	6962 ab	237 a	123 a	36.5 a	12.7 a	15.2 a	28 a
Desespigue	7709 a	217 ab	119 a	40.4 a	13.5 a	15.7 a	28 a
Des + 1 hoja	7193 ab	214 ab	134 a	39.5 a	13.4 a	15.4 a	27 a
Des + 2 hoja	6899 bc	206 abc	121 a	35.3 ab	13.3 a	15.8 a	28 a
Des + 3 hoja	6288 cd	199 bcd	118 a	38.8 ab	12.9 a	15.4 a	28 a
Des + 4 hoja	6032 d	199 bcd	126 a	36.5 ab	12.6 a	14.9 a	27 a
Des + 5 hoja	5256 e	190 bcd	129 a	38.6 a	12.3 ab	15.5 a	27 a
Des + 6 hoja	4182 f	171 d	123 a	35.5 ab	10.8 bc	15.0 a	23 a
Des + 7 hoja	3197 g	169 d	129 a	32.2 b	10.0 cd	14.8 a	21 a
Des + 8 hoja	2481 g	180 cd	130 a	34.6 ab	8.9 d	14.5 a	19 a
D.S.H. (0.05)	749	33	19	6.2	1.6	1.7	4

Tabla 6. Comparación de medias para la interacción ambientes x genotipos en versión androesteril y fértil del híbrido de maíz H-49 para diferentes variables evaluadas considerando la media de tratamientos de eliminación de espiga y hojas. Primavera verano 2007.

Table 6. Comparison of means for the interaction environment x genotypes in the andro-sterile and fertile types of the H-49 maize hybrid for different variables evaluated, considering the mean of the detasseling and removal of leaves treatments. Spring-summer 2007.

Ambiente	Genotipo	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Altura Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)	Peso 200 Granos (g)	Longitud Mazorca (cm)	Hilera/ Mazorca	Granos/ Hilera
Santa Lucía a	H-49 F	5795	216	143	34.1	12.1	15	25
Santa Lucía a	H-49AE	6535	192	135	34.5	11.6	15	23
Santa Lucía b	H-49 F	3132	189	113	40.5	13.2	16	28
Santa Lucía b	H-49AE	3397	193	119	44	13.1	15	27
FESC-UNAM	H-49 F	6558	187	125	32.6	11.1	15	25
FESC-UNAM	H-49AE	8300	207	113	33.8	11.3	15	25

AE= Androesteril. F = Fértil.

versión androesteril con respecto a la versión fértil, que se explica con base en la ausencia en la formación de granos de polen, lo cual fue verificado en cada una de las parcelas al examinar la espigas y con mayor detalle en las espigas del tratamiento testigo, donde se confirmó que no hubo presencia de granos de polen, con lo anterior, pudo propiciarse movilización hacia las estructuras del grano, en la versión androestéril, a diferencia de la respuesta que representa la producción de granos de polen en la versión fértil, este comportamiento se ha reportado en otros trabajos (Martínez *et al.* 2005; Tadeo-Robledo *et al.* 2005; Martínez *et al.* 2006; Tadeo-Robledo *et al.* 2007; Espinosa-Calderón *et al.* 2008).

En ambas versiones el tratamiento de desespigue expuso mayor rendimiento con respecto al testigo sin desespigue, respuesta similar observada en trabajos previos (Reyes *et al.* 1998; Espinosa-Calderón & Tadeo-Robledo, 1998; Espinosa-Calderón *et al.* 1998), en este caso, para H-49 en la versión fértil el desespigue con un rendimiento 7604 kg ha⁻¹, representó 114.3% con respecto al testigo sin desespigar, en cambio en H-49 AE; es decir, la versión androesteril que rindió 7812 kg ha⁻¹, este valor representó 107.4% con respecto al testigo sin desespigue, lo anterior es interesante, ya que indica que en la versión androesteril la diferencia fue menor, lo que podría explicarse con base

Tabla 7. Comparación de medias para la interacción genotipos en versión androesteril y fértil del híbrido de maíz H-49 x tratamientos de eliminación de espiga y hojas para diferentes variables evaluadas, tres ambientes. Primavera Verano, 2007.

Table 7. Comparison of means for the interaction genotypes in the andro-sterile and fertile types of the H-49 maize hybrid x treatments for the detasseling and removal of leaves, for different studied variables, three environments. Spring-summer 2007.

Genotipos	Desespigue Eliminación de hojas	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Altura Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)	Peso 200 Granos (g)	Longitud Mazorca (cm)	Hilera/ Mazorca	Granos/ Hilera
H-49 Fértil	Testigo sin D	6653	241	118	35	12.6	15	28
H-49 Fértil	Desespigue	7604	222	124	40	13.6	16	30
H-49 Fértil	Des + 1 hoja	7955	223	140	39	13.7	16	29
H-49 Fértil	Des + 2 hoja	6145	212	124	34	13.5	16	28
H-49 Fértil	Des + 3 hoja	5629	193	120	35	13.1	16	28
H-49 Fértil	Des + 4 hoja	5674	193	127	36	12.6	15	27
H-49 Fértil	Des + 5 hoja	4892	186	131	36	12.4	16	28
H-49 Fértil	Des + 6 hoja	3401	164	123	34	10.4	15	23
H-49 Fértil	Des + 7 hoja	1988	160	129	32	10.3	15	20
H-49 Fértil	Des + 8 hoja	1676	179	135	34	9	15	18
H-49 AE	Testigo sin D	7270	232	129	38	13.5	15	27
H-49 AE	Desespigue	7812	211	113	40	13	15	27
H-49 AE	Des + 1 hoja	6430	205	127	39	13	15	26
H-49 AE	Des + 2 hoja	7652	199	117	36	12.7	16	28
H-49 AE	Des + 3 hoja	6946	192	115	38	12.6	15	28
H-49 AE	Des + 4 hoja	6389	204	124	36	12.6	15	26
H-49 AE	Des + 5 hoja	5620	194	125	41	12.2	15	26
H-49 AE	Des + 6 hoja	4962	177	121	36	11.3	15	24
H-49 AE	Des + 7 hoja	4405	178	129	31	9.6	15	21
H-49 AE	Des + 8 hoja	3285	179	125	35	8.9	14	20

AE= Androesteril. F = Fértil.

a una menor influencia cuando es androestéril, ya que no produce polen, por lo que no habría desvío de fotosintatos como es el caso de la versión fértil (Tadeo-Robledo *et al.* 2003; Tadeo-Robledo *et al.* 2005; Martínez *et al.* 2005; 2006; Tadeo-Robledo *et al.* 2007; Espinosa-Calderón *et al.* 2008). Lo anterior podría dar información en el sentido de que es diferente desespigar un material androestéril, que no produce polen, con relación a un material fértil, ya que evita se gasten fotosintatos los cuales se canalizan a otro punto de demanda, como sería la formación de grano. Este tipo de respuesta es un tanto similar al analizar la interacción ambientes x genotipos en versión androesteril y fértil x tratamientos de eliminación de panoja y hojas.

Algunos autores (Espinosa-Calderón *et al.* 1998; Espinosa-Calderón *et al.* 1999) mencionan que el desespigue favorece la traslocación de los fotosintatos de la espiga así como la energía que requiere la espiga para su emergencia, hacia la mazor-

ca; lo cual, no se midió en este trabajo, pero señala la conveniencia de revisarse en siguientes trabajos, por el contrario cuando se eliminan las hojas superiores se tienen efectos negativos como pérdida de capacidad fotosintética, la habilidad para interceptar luz y el contenido de nitrógeno en la planta que contribuyen a una disminución en el rendimiento de semilla.

Los resultados obtenidos mostraron que el tratamiento sometido al desespigue tuvo un aumento en rendimiento y los tratamientos donde se eliminaron hojas con el desespigue tuvieron una reducción en rendimiento, respecto al tratamiento testigo. Desde el punto de vista de tecnología de producción de semillas, el presente estudio cobra importancia ya que se determinó que los tratamientos de desespigue y eliminación de 1 a 3 hojas no influyeron sobre las variables de campo, conservando la calidad y teniendo una mínima reducción en rendimiento de semilla, lo cual permite hacer una planeación adecuada don-

de se asegure la calidad genética de la semilla híbrida producida.

Los resultados obtenidos en el presente estudio y la discusión de los mismos, permitieron llegar a los planteamientos siguientes:

- Los dos genotipos evaluados mostraron diferencias estadísticas para rendimiento de semilla, la versión en condición androestéril H-49 AE, rindió 6 077 kg ha⁻¹, superior estadísticamente a la versión fértil que rindió 5162 kg ha⁻¹, valor que representa 17.7 % más para la versión androesteril.
- En las otras variables evaluadas, la comparación de medias confirmó la similitud estadística al no existir diferencia entre la versión androestéril y fértil del híbrido de maíz H-49, ya que la diferencia entre ambos materiales, precisamente se refiere a la producción de polen en la versión fértil e incapacidad de produc-

ción de polen en la versión androestéril.

La comparación entre ambientes, mostró mayor rendimiento para Santa Lucia b, con 7429 kg ha⁻¹ y la menor producción en la FESC-UNAM, con un rendimiento de 3265 kg ha⁻¹.

La eliminación de espiga afecta positivamente el rendimiento de semilla con respecto al testigo sin desespigue; sin embargo, se presentó un mayor efecto en la versión fértil, con respecto a la versión androestéril.

La eliminación de más de tres hojas afectó severamente el rendimiento de los tratamientos de eliminación de espiga, más 5, 6, 7 y 8 hojas.

En tratamientos de eliminación de espiga y hojas, las características relacionadas con la mazorca mostraron diferencias estadísticas, ya que al aumentar el número de hojas eliminadas la calidad de la mazorca disminuyó. Esto se reflejó principalmente en el tratamiento donde se eliminó la espiga más 6, 7 y 8 hojas.

LITERATURA CITADA

- Besnier R F (1989) Semillas, biología y tecnología. Editorial Mundi- Prensa, Madrid, España. 637 p.
- Espinosa-Calderón A, Tadeo-Robledo M (1998) Evaluación de desespigue mecánico en híbridos dobles de maíz en los valles altos de México. *Agronomía mesoamericana* 9(1): 90-92.
- Espinosa-Calderón A, Ortiz-Cereceres J, Ramírez-Fonseca A, Gómez-Montiel N, Martínez-Garza A (1998) Efecto del desespigue sobre la productividad de semilla de líneas tropicales de maíz (*Zea mays* L.) Memoria. Congreso Nacional de Fitogenética. Acapulco Gro. México. P. 490.
- Espinosa-Calderón A, Ortiz-Cereceres J, Ramírez-Fonseca A, Gómez-Montiel N, Martínez-Garza A (1999) Productividad de semilla de líneas tropicales de maíz (*Zea mays* L.) del CIMMYT e INIFAP. *Agricultura Técnica en México*, 25(1): 53-58.
- Espinosa-Calderón A, Sierra-Macías M, Gómez-Montiel N (2002) Producción y tecnología de semillas mejoradas de maíz por el INIFAP en el escenario sin la PRONASE. *Revista Agronomía Mesoamericana (México)* 14(1): 117-121.
- Espinosa-Calderón A, Cuevas-León A, Tadeo-Robledo M (2004) Desespigamiento, eliminación de hojas y densidad de población en el rendimiento de semilla en una línea de maíz. *Memorias de VII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, B.C.* P 326-331.
- Espinosa-Calderón A, Tadeo-Robledo M, Gómez-Gómez M, Sierra-Macías M, Martínez-Mendoza R, Virgen-Vargas J, Palafox-Caballero A, Caballero-Hernández F, Vázquez-Carrillo G, Salinas Moreno Y (2008) H-49 AE híbrido de maíz para Valles Altos con androesterilidad para producción de semilla. En: Memoria de Día de Campo CEVAMEX 2008, Memoria Técnica No. 9, INIFAP, CIRCE, CEVAMEX, Chapingo, México.

- Jugenheimer R W (1990) Maíz, Variedades Mejoradas, Métodos de Cultivo y Producción de Semillas. Ed. LIMUSA. pp: 489-502.
- Martínez LC, Mendoza O L, García S G, Mendoza C C, Martínez G A (2005) Producción de semilla híbrida de maíz con líneas androfértiles y androestériles isogénicas y su respuesta a la fertilización y densidad de población. *Fitotecnia Mexicana* 28(2): 365-368.
- Martínez LC, Mendoza O L, García S G, Mendoza C C, Martínez G A (2006) Rendimiento de grano de híbridos isogénicos de maíz formados mediante androesterilidad vs. Desespigamiento. *Fitotecnia Mexicana* 29(4): 365-368.
- Padilla VE (2002) Rendimiento y calidad de semilla híbrida de maíz en función del método de desespigamiento y etapa de aplicación. Tesis de Maestría, Colegio de Posgraduados. Montecillo, México.
- Reyes C R; Soriano B M, Nava D A (1998) Efecto Del desespigamiento y despunte en maíz (*Zea mays* L.) en la producción de grano y forraje en Iguala, Guerrero. Memoria XV Congreso Nacional de Fitogenética. Monterrey Nuevo León. México. 427 p.
- Tadeo-Robledo M, Espinosa-Calderón A, Solano A, Martínez-Mendoza R (2003) Androesterilidad en híbridos de maíz de valles altos de México. *Revista Agronomía Mesoamericana* 14(1): 15-19.
- Tadeo-Robledo M, Espinosa-Calderón A, Rodríguez I L, Martínez M R, Salazar H D, Sierra M M, Palafox C A, Caballero H F (2005) Productividad de semillas de cruza simples androesteriles y fértiles de maíz bajo desespigamiento y eliminación de hojas. En *Memorias del VIII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas*. Universidad Autónoma de Baja California. pp 878-883.
- Tadeo-Robledo M, Espinosa-Calderón A, Beck D, Torres J L (2007) Rendimiento de semilla de cruza simples fértiles y androestériles progenitoras de híbridos de maíz. *Agricultura Técnica en México* 33(2): 175-180.
- Tanaka A, Yamaguchi J (1984) Producción de materia seca, componentes del rendimiento del grano de maíz. Traducido del inglés por J. Kohashi S. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 124 pp.