

# DENSIDAD DE POBLACIÓN Y FERTILIZACIÓN EN HÍBRIDOS DE MAÍZ ANDROESTÉRILES Y FÉRTILES

## Plant Density and Fertilization in Hybrid Maize Androesterile and Fertile Versions

Margarita Tadeo-Robledo<sup>1</sup>, Alejandro Espinosa-Calderon<sup>2\*</sup>, Noelia Chimal<sup>1</sup>, Israel Arteaga-Escamilla<sup>1</sup>, Viridiana Trejo-Pastor<sup>1</sup>, Enrique Canales-Islas<sup>1</sup>, Mauro Sierra-Macías<sup>3</sup>, Roberto Valdivia-Bernal<sup>4</sup>, Noel Orlando Gómez-Montiel<sup>5</sup>, Artemio Palafox-Caballero<sup>3</sup> y Benjamin Zamudio-González<sup>2</sup>

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue definir la influencia de densidades de población y tratamiento con fertilización sobre la producción de semilla de las cruzas simples progenitoras de los híbridos H-47 AE, H-50 AE y H-51 AE en sus variantes androestéril y fértil. Esta investigación se llevó a cabo durante el ciclo primavera - verano 2007, en el Rancho Almaraz de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Los factores estudiados fueron: las cruzas simples progenitoras de los híbridos H-47, H-50 y H-51, en versiones andro-estéril y fértil, bajo el tratamiento fertilizante 150-70-40 y sin fertilizar, utilizándose dos densidades de población: (50 000 y 70 000 plantas ha<sup>-1</sup>). Se concluyó que existe efecto estadístico significativo favorable al manejar los híbridos, bajo 70 000 plantas por hectárea con respecto a 50 000; el mayor rendimiento se obtuvo con la cruz simple del híbrido H-47, con 10 302 kg ha<sup>-1</sup> y la menor producción fue con la cruz simple de H-50 (8974 kg ha<sup>-1</sup>). Se encontró que la versión andro-estéril tuvo un rendimiento de 9864 kg ha<sup>-1</sup>, el cual no fue diferente estadísticamente al rendimiento de la versión fértil que rindió 9282 kg ha<sup>-1</sup>. Se determinó que bajo

el manejo con aplicación de fertilizante se obtuvo mayor rendimiento (10 377 kg ha<sup>-1</sup>), que sin fertilizar (8769 kg ha<sup>-1</sup>).

**Palabras clave:** *Zea mays L. ssp. mays*, producción de semillas, variedades mejoradas, desespigamiento, Valles Altos.

### SUMMARY

The maize hybrids H-47AE, H-50 AE, AE H-51 have been developed by the National Institute for Research of Forestry, Agricultural and Livestock (INIFAP) at the Experimental Station Valley of Mexico (CEVAMEX). These hybrids have both the andro-esterile and fertile versions. To optimize the technology of seed production, a research was conducted to know the adequate plant density and fertilization. This research was carried out throughout the spring summer season 2007, at the ranch Almaraz of the Faculty of Superior Studies in Cuautitlan (UNAM). Treatments that were considered in the study were: the single cross parents of H-47, H-50 and H-51 in both versions male sterile and fertile. The fertilization treatments were 150-70-40 and no fertilization; using two population densities, 50 000 and 70 000 plants ha<sup>-1</sup>). The best performance was obtained with plant density of 70 000 plants ha<sup>-1</sup> and the hybrid H-47 (10 302 kg ha<sup>-1</sup>); in contrast, the lower production was obtained by H-50 (8974 kg ha<sup>-1</sup>). Moreover, it was found that, on the average, hybrid andro-esterile version yielded 9864 kg ha<sup>-1</sup>, which was not statistically different to the fertile version and the treatment with the fertilization yielded 10 377 kg ha<sup>-1</sup>, significantly different to the one without fertilization (8769 kg ha<sup>-1</sup>).

**Index words:** *Zea mays L. ssp. mays*, seed production, improved varieties, de-tasseling, High Valleys.

<sup>1</sup> Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán. UNAM. Carr. Cuautitlán-Teoloyucan km 2.5. 54700 Cuautitlán, estado de México.

<sup>2</sup> Campo Experimental Valle de México, INIFAP. Carr. Los Reyes- Texcoco km 13.5. 56250 Coatlinchan, Texcoco, estado de México.

\* Autor responsable (espinoale@yahoo.com.mx)

<sup>3</sup> Campo Experimental Cotaxtla, INIFAP. Carr. Federal Veracruz-Cordoba km 34.5. Apartado Postal 429. 91700 Medellin de Bravo, Veracruz.

<sup>4</sup> Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la Cultura "Amado Nervo". 63155 Tepic, Nayarit, México.

<sup>5</sup> Campo Experimental Iguala, INIFAP. Carretera Iguala-Tuxpan km 2.5, Col. Centro Tuxpan. 40000 Iguala de La Independencia, Guerrero, México.

## INTRODUCCIÓN

En México se siembran anualmente 8.5 millones de hectáreas de maíz, las cuales producen un poco más de 22 millones de toneladas de grano de maíz; sin embargo, cada año se importan siete y tres millones de toneladas de grano entero y quebrado de maíz respectivamente. Este nivel de importación se explica, en parte, por el rendimiento medio que se obtiene en el país, que es de 2.8 Mg ha<sup>-1</sup>. Una alternativa para elevar este nivel de producción es el uso de semillas mejoradas de maíz, tales como los híbridos (Ortiz *et al.*, 2007), puesto que a través de ellas se puede aprovechar al máximo las condiciones ambientales disponibles y eficientar el uso de insumos usados en el proceso de producción de una región dada. Se ha señalado que una semilla mejorada contribuye hasta con un 60% del rendimiento final, lo cual indica que es un insumo fundamental para lograr una buena producción (Espinosa *et al.*, 2008a).

Las grandes empresas que multiplican semillas, generan su propia tecnología de producción, la cual incluye el manejo agronómico, definiendo densidades de población y fertilización por la importancia que tienen estos factores en el rendimiento de semilla. Por tanto, instituciones públicas, tales como el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y las universidades, también deben desarrollar tecnología de producción para las variedades mejoradas que generan y liberan comercialmente (Ortiz-Trejo *et al.*, 2005; Tadeo-Robledo *et al.*, 2007). Esta información es útil para el productor de semilla, que, entre otros aspectos debe elegir el fertilizante y el método de aplicación que más se adapte a sus posibilidades, procurando apegarse a las recomendaciones regionales.

En el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), del INIFAP, en los últimos años se han validado los híbridos H-47AE, H-50 AE, H-51 AE, en su versión y androestéril, los nombres de estos híbridos tienen las letras AE, para señalar que contienen esterilidad masculina en sus progenitores, estos híbridos están listos para su comercialización. En consecuencia es necesario definir su manejo agronómico en cuanto a densidad de población y fórmula de fertilización, como parte de la tecnología de producción de semilla híbrida que permita su producción en forma accesible y redituable por parte de microempresas, ante la ausencia de la Productora Nacional de Semillas (Espinosa *et al.*, 2003a). La información anterior se debe generar para las cruza simples, androestériles o fértiles, que son

los progenitores hembras de híbridos trilineales y dobles, de los cuales se obtiene la semilla comercial que emplean en el siguiente ciclo los agricultores; por ello, en cruza simples, es necesario disponer de con información sobre tecnología de producción de semilla cuando se cuenta con materiales próximos a liberarse. En forma general, la densidad de población utilizada en cruza simples, cuando se produce semilla en Valles Altos, es de 50 000 plantas por hectárea, obteniéndose buena producción y calidad física de semilla y facilitándose la eliminación de espigas; cuando se emplea la versión androestéril que no requiere desespigue, es posible utilizar una densidad de población superior (70 000 plantas por hectárea). El objetivo de este trabajo fue definir el efecto de la densidad de población y la fórmula de fertilización sobre el rendimiento de grano de cruza simples androestériles y fértiles de maíz. La hipótesis de trabajo fue que el rendimiento de grano de las cruza simples de maíz en versión androestéril y fértil en condiciones del Altiplano de México bajo riego, es afectado por la densidad de población y la fórmula de fertilización.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo durante el ciclo primavera verano 2007, en el Rancho Almaraz de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campo 4, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ubicado en los 99° 11' 42" O y 19° 41' 35" N, a una altitud de 2274 m. De acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (1981), el clima de Cuautitlán se clasifica como C<sub>(w<sub>0</sub>)</sub>(<sub>w</sub>)b (i"). Con una precipitación anual promedio histórico de 609.2 mm (García, 2004).

La parcela experimental se estableció en un suelo vertisol pélico, de textura fina, arcilloso, considerado suelo pesado y duro cuando se seca. Su pH es de 6.5. La preparación del terreno se realizó de forma mecánica y consistió en barbecho, rastreo, cruza y surcado a 80 cm. La siembra se realizó la primera semana de junio de 2007, a tapa pie depositando 3 semillas por mata cada 50 cm, con raleo posterior para obtener las densidades de población que correspondían a los tratamientos, es decir 50 000 y 70 000 plantas por hectárea, dejando 20 plantas y 28 plantas en un surco de cinco metros de largo, para 50 000 y 70 000 plantas por hectárea respectivamente. El criterio para elegir estas densidades de población se basó en que la densidad de población utilizada en cruza simples, cuando se produce semilla

en Valles Altos es de 50 000 plantas por hectárea, ya que se obtiene buena producción y calidad física de semilla y se facilita la eliminación de espigas, por lo que en este caso al emplearse la versión androestéril que no requiere desespigue, se planteó el uso de una densidad de población superior (70 000 plantas por hectárea). Para el control de malezas se efectuaron aplicaciones de herbicida en dos ocasiones: la primera, un día después de la siembra, utilizando una mezcla de 3 L de Hierbamina® y 3 kg de Gesaprim® calibre 90, por hectárea; la segunda aplicación fue 20 días después de la siembra, con una mezcla de 3 L de Sansón® 4 SC, 3 L de Hierbamina® y 3 kg de Gesaprim® calibre 90, por hectárea.

El experimento se estableció en punta de riego y posteriormente a los 35 días se dio un riego de auxilio. En el resto del ciclo, el maíz creció bajo condiciones de temporal. El tamaño de la parcela experimental para cada tratamiento fue de tres surcos de cinco metros de longitud, con una anchura de 0.8 m cada uno, y la parcela útil fue el surco central.

La cosecha se realizó de forma manual en la segunda quincena de noviembre de 2007, colectando todas las mazorcas sanas y dañadas. Al final, se seleccionaron solamente las mayores que tenían más del 60% de grano para semilla comercial. En una muestra representativa de cinco mazorcas, se determinó el contenido de humedad del grano mediante un medidor de humedad eléctrico tipo Stenlite; y la relación grano/olote, se obtuvo al dividir el peso del grano de cinco mazorcas recién cosechadas entre el peso del grano más olotes. También se registró la longitud de la mazorca, el número de hileras por mazorca y el número de granos por hilera de mazorca, para lo cual se tomaron cinco mazorcas al azar. Previamente, en cinco plantas que liberaban polen; se determinó días a floración femenina, cuando el 50% de las plantas, habían expuesto los estigmas, en por lo menos tres centímetros; altura de planta, tomada en cinco plantas de la base del tallo al nudo de inserción de la espiga; y altura de mazorca, determinada de la base del tallo al nudo de inserción de la mazorca superior. El rendimiento de grano se calculó con la fórmula:

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

donde:

P.C. = peso en campo del total de mazorcas cosechadas por parcela expresado en kilogramos.

% MS = porcentaje de materia seca; calculado con base en la muestra de grano de cinco mazorcas recién cosechadas.

% G = porcentaje de grano, que es la relación peso de grano/peso de mazorca.

F.C. = Factor de conversión para obtener rendimiento por ha, se obtiene al dividir 10 000 m<sup>2</sup> /entre el tamaño de la parcela útil que fue de 4 m<sup>2</sup>.

8600 = es un valor constante, que permite estimar el rendimiento del grano con un contenido de humedad del 14%, que es con el que se manejan las semilla en forma comercial.

Se estudiaron cuatro factores. El primero fue genotipo, los niveles fueron, las cruza simples progenitoras de los híbridos H-47, H-50 y H-51, es decir tres cruza simples; el segundo, fue la versión del genotipo con dos niveles androestéril y fértil, por lo cual se tuvieron seis niveles; el tercero la fórmula de fertilización con dos niveles, 150-70-40 y 0-0-0, y el último densidad de población, también con dos niveles, 50 000 y 70 000 plantas ha<sup>-1</sup>. La parcela experimental constó de tres surcos de 5 metros de largo por 0.8 metros de ancho y la parcela útil fue el surco central. En el Cuadro 1 se presentan las combinaciones generadas y el total de tratamientos bajo estudio. El diseño experimental empleado fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

La fertilización se realizó en dos fechas. La primera en la siembra aplicando un tercio del nitrógeno, todo el fósforo y todo el potasio; y la segunda después del aclareo, aplicando los dos tercios restantes de nitrógeno. Las fuentes empleadas fueron: urea para el nitrógeno, superfosfato de calcio triple para el fósforo y cloruro de potasio para el potasio.

El análisis estadístico del experimento se realizó considerando los factores genotipos (3), versión del genotipo (2), densidad de población (2), y fórmula de fertilización (2), y sus interacciones entre estos factores, es decir genotipos × androesterilidad/fertilidad; genotipos × densidades de población; genotipos × fertilización; densidades de población × androesterilidad/fertilidad; androesterilidad/fertilidad × fertilización; densidades de población × fertilización; genotipos × densidades de población × fertilización; genotipos por androesterilidad/fertilidad × densidades de población; genotipos × androesterilidad/fertilidad × fertilización; androesterilidad/fertilidad × densidades de población × fertilización; genotipos × androesterilidad/fertilidad × densidades de población × fertilización.

**Cuadro 1. Tratamientos evaluados en El Rancho Almaraz, FESC, UNAM. Ciclo primavera-verano 2007.**

Tratamiento	Cruza simple hembra	Tipo de la cruza simple	Densidad de población	Fórmula de fertilización
			plantas ha <sup>-1</sup>	
1	CSH H 47	AE	70 000	150 - 70 - 40
2	CSH H 47	AE	70 000	00 - 00 - 00
3	CSH H 47	AE	50 000	150 - 70 - 40
4	CSH H 47	AE	50 000	00 - 00 - 00
5	CSH H 47	F	70 000	150 - 70 - 40
6	CSH H 47	F	70 000	00 - 00 - 00
7	CSH H 47	F	50 000	150 - 70 - 40
8	CSH H 47	F	50 000	00 - 00 - 00
9	CSH H-50	AE	70 000	150 - 70 - 40
10	CSH H-50	AE	70 000	00 - 00 - 00
11	CSH H-50	AE	50 000	150 - 70 - 40
12	CSH H-50	AE	50 000	00 - 00 - 00
13	CSH H-50	F	70 000	150 - 70 - 40
14	CSH H 50	F	70 000	00 - 00 - 00
15	CSH H 50	F	50 000	150 - 70 - 40
16	CSH H 50	F	50 000	00 - 00 - 00
17	CSH H 51	AE	70 000	150 - 70 - 40
18	CSH H 51	AE	70 000	00 - 00 - 00
19	CSH H 51	AE	50 000	150 - 70 - 40
20	CSH H 51	AE	50 000	00 - 00 - 00
21	CSH H 51	F	70 000	150 - 70 - 40
22	CSH H 51	F	70 000	00 - 00 - 00
23	CSH H 51	F	50 000	150 - 70 - 40
24	CSH H 51	F	50 000	00 - 00 - 00

CSH = cruza simple hembra; AE = androestéril; F = fértil.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para los factores de variación genotipos y densidades de población, en la variable rendimiento de grano se detectaron diferencias significativas, para el factor fórmula de fertilización fue altamente significativo, en cambio para ninguna de las interacciones estudiadas resultó significativa (Cuadro 2). Para la fuente de variación genotipos, se detectaron diferencias altamente significativas para altura de planta y diferencias significativas para longitud de mazorca y granos por hilera, no así para el resto de las variables cuantificadas. En el caso del factor de variación androesterilidad/fertilidad en ninguna variable se detectaron diferencias significativas. En densidades de población, salvo el caso de rendimiento, en las demás variables no se detectaron

diferencias estadísticas significativas. En el caso de variación fertilización, hubo diferencias altamente significativas en rendimiento, y diferencias significativas en peso de 200 granos (Cuadro 2).

De todas las variables e interacciones evaluadas, solamente se detectaron diferencias estadísticas significativas para peso de 200 gramos en la interacción genotipos × androesterilidad/fertilidad y floración femenina en la interacción genotipos × fertilizante; lo anterior podría deberse a que el número de repeticiones resultó insuficiente para detectar las diferencias en las variables y las interacciones entre factores, ya que los valores fueron un tanto similares (Cuadro 2).

La comparación entre genotipos, mostró que el mayor rendimiento se obtuvo con el híbrido H-47 y el menor con el híbrido de cruza doble H-50, (Cuadro 3); lo que confirma resultados previos reportados para H-47 (Espinosa *et al.*, 2010). H-50 es el híbrido de mayor difusión y siembra comercial en los Valles Altos (González-Estrada *et al.*, 2007), y H-51 es el primer híbrido con androesterilidad, desarrollado por el INIFAP, inscrito ante el Catalogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV), que esta multiplicándose por microempresas de semillas para abastecimiento de productores de maíz, es explicable que H-47 haya expresado mayor rendimiento que H-50, ya que es un material de más reciente creación.

Las medias de rendimiento para el efecto principal androesterilidad/fertilidad mostraron valores similares entre la versión androestéril y la versión fértil (Cuadro 4). El resultado anterior contrasta con otros trabajos, donde se ha encontrado que las versiones androestériles alcanzan rendimientos estadísticamente superiores respecto a las versiones fértiles (Espinosa-Calderón, *et al.*, 2003b; Martínez-Lazaro *et al.*, 2005; Tadeo-Robledo *et al.*, 2007). La comparación de medias para las demás variables evaluadas señalan que no hubo diferencias significativas, entre versiones, esta situación es atribuible al hecho de que son isogénicas, es decir, son genéticamente similares, excepto para los genes génico-citoplásmicos relacionados con la esterilidad masculina Tipo C, que causan que en la versión androestéril no haya producción de polen, mientras que en la fértil sí exista (Tadeo-Robledo *et al.*, 2007; Tadeo-Robledo *et al.*, 2010).

En la comparación de medias de rendimiento para el efecto principal densidad de población, se encontró que el mayor valor correspondió al nivel con

**Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia estadística obtenidos en diferentes tratamientos de densidades de población y fertilización en híbridos de maíz androestériles y fértiles de Valles Altos. Ciclo primavera-verano 2007.**

Factor de variación	Gl	Rendimiento	Floración masculina	Altura de planta	Peso 200 granos	Longitud de mazorca	Hilera mazorca	Granos por hilera
		kg ha <sup>-1</sup>	Días	cm	g	cm		
Bloque (B)	3	8770268.1	20.15*	480.95*	96.28	0.500	0.820	8.916
Genotipo (G)	2	14518101.2*	11.900	2256.32*	10.71	11.688*	0.381	34.635*
Versión genotipo (VG)	1	8118306.7	5.040	11.34	31.51	0.001	1.926	6.000
Densidad de población (DP)	1	32005340.1*	4.160	110.51	0.84	1.550	0.0001	0.0416
Fórmula de fertilización (FF)	1	62094845.2**	0.040	333.76	536.76*	1.401	3.526	32.667
G × VG	2	348149.1	12.190	37.40	339.38*	2.596	2.681	15.281
G × DP	2	4153533.3	3.380	162.26	78.46	2.763	6.695	7.635
G × FF	2	940368.9	13.26*	187.20	75.46	1.803	0.432	3.135
VG × DP	1	381691.2	0.167	27.09	25.01	0.426	0.0001	2.041
VG × FF	1	97537.9	2.041*	23.01	256.70	1.0004	1.926	10.667
DP × FF	1	854673.7	1.500	412.50	19.26	4.001	0.6667	12.041
G × VG × DP	2	11667480.4	3.406	12.76	0.51	0.196	2.6116	3.0104
G × VG × FF	2	2606898.4	3.760	1.96	47.38	2.270	0.195	0.322
G × DP × FF	2	6304110.2	0.760	342.19	63.51	0.025	0.431	2.322
VG × DP × FF	1	7210275.7	0.167	12.76	575.26*	7.593	0.0001	3.375
G × VG × DP × FF	2	703535.0	2.073	24.88	42.01	1.954	0.945	5.65
Error	69	3851355.1	4.123	3.900	61.346	1.963	1.197	6.931
Total	95							
CV (%)		20.3	2.5	4.5	10.6	9.3	7.3	9.4
Media		9573	81	240	74.1	15.2	16.5	28

\*, \*\* Significancia estadística al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente. Gl = grados de libertad; CV = coeficiente de variación.

70 000 plantas por hectárea (Cuadro 5), superando significativamente al rendimiento con 50 000 plantas por hectárea. Este tipo de respuesta ya se había reportado y representa una ventaja cuando se produce semilla (Espinosa-Calderón *et al.*, 2004a; Virgen-Vargas *et al.*, 2010), aún cuando implique tener que eliminar espigas de un mayor número de plantas. Sin embargo, este aspecto queda superado en el caso de los híbridos cuyos progenitores poseen androesterilidad (como son las tres cruza simples que se manejan en este estudio),

los cuales fueron desarrollados precisamente para evitar en un alto porcentaje el desespigue (Espinosa-Calderón *et al.*, 2009; Espinosa-Calderón *et al.*, 2010b; Tadeo-Robledo *et al.*, 2007; Tadeo-Robledo *et al.*, 2010).

Para las demás variables no se encontraron diferencias significativas entre niveles de densidad de población, evidenciando con ello que no fueron afectadas por el incremento en el número de plantas por hectárea, lo anterior podría deberse a la propia naturaleza de los genotipos utilizados en el estudio, así como

**Cuadro 3. Efecto del genotipo sobre el rendimiento de grano, altura de planta, longitud de mazorca, hileras por mazorca y número de granos por hilera. Ciclo primavera-verano 2007.**

Genotipo	Rendimiento	Floración masculina	Altura de planta	Peso 200 granos	Longitud de mazorca	Hilera por mazorca	Granos por hilera
	kg ha <sup>-1</sup>	Días	cm	g	cm		
H-47	10 302 a	80 a	249 a	73.5 a	15.6 a	17 a	29 a
H-51	9443 ab	81 a	239 b	74.4 a	15.5 a	16 a	28 ab
H-50	8974 b	81 a	232 b	74.6 a	14.5 b	16 a	27 b
DSH (0.05)	1168	1.1	6	4.9	0.8	1	1.5

Medias con letras iguales en el sentido de las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

**Cuadro 4. Medias obtenidas para las variables evaluadas; efecto principal versión de la cruza simple. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. Ciclo primavera-verano 2007.**

Versión androestéril/fértil	Rendimiento	Floración masculina	Altura de palanta	Peso 200 granos	Longitud de mazorca	Hilera por mazorca	Granos por hilera
	kg ha <sup>-1</sup>	Días	cm	g	cm		
Androestéril	9864 a	81 a	240 a	73.6 a	15.2 a	16 a	28 a
Fértil	9282 a	81 a	240 a	74.7 a	15.2 a	16 a	28 a
DSH (0.05)	794	0.8	4	3	0.5	0.4	1

Medias con letras iguales en el sentido de las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

a las condiciones favorables en el trabajo, ya que se sembró en punta de riego y posteriormente se aplicó un riego de auxilio, lo que permitió una expresión positiva de las variables analizadas (Cuadro 5).

La comparación de medias para los niveles del factor fertilización (Cuadro 6) mostró que bajo el manejo con fertilizante se obtuvo un rendimiento significativamente mayor (10 377 kg ha<sup>-1</sup>) que sin fertilizar (8769 kg ha<sup>-1</sup>). Lo anterior concuerda con la recomendación que se hace generalmente de fertilizar siempre que se produce semilla por la influencia que tiene este factor en la calidad de la misma, reportada en otros trabajos (Espinosa-Calderón *et al.*, 2004a; Ortiz-Trejo *et al.*, 2005; Tadeo-Robledo *et al.*, 2010).

En las demás variables (Cuadro 6) se encontró que en peso de 200 granos y granos por hilera, los valores obtenidos bajo fertilización fueron superiores a los obtenidos sin fertilizar. La aplicación de fertilizantes, permite que el peso de semillas sea significativamente mayor, lo cual está relacionado con la calidad de las semillas, es decir con su vigor, así como con otras características favorables de éstas (Espinosa-Calderón *et al.*, 2004a; Virgen-Vargas *et al.*, 2010).

En el Cuadro 7, se presentan las medias para rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>), y otras variables evaluadas para la interacción genotipo × androesterilidad/fertilidad, como ya se señaló, no se definieron diferencias significativas,

lo que es similar a otros trabajos (Tadeo-Robledo *et al.*, 2007; Tadeo-Robledo *et al.*, 2010).

En el Cuadro 8 se observan los resultados obtenidos para rendimiento y variables evaluadas, para cada uno de los híbridos bajo las dos densidades de población utilizadas, en las tres cruza simples, la densidad de población de 70 000 plantas ha<sup>-1</sup> presentó los rendimientos numéricamente superiores en comparación con la densidad de 50 000 plantas ha<sup>-1</sup> (Virgen-Vargas *et al.*, 2010).

## CONCLUSIONES

- El cotejo de la hipótesis definió para rendimiento que no hubo efecto general de la comparación de la versión androestéril respecto a la versión fértil de las cruza simples empleadas en el estudio, en forma similar no se encontraron efectos en ninguna de las interacciones con los otros efectos generales, es decir densidad de población y fertilización.
- Con base en los objetivos se definió que la densidad de población de 70 000 plantas por hectárea influye positivamente en el rendimiento (10 150 kg ha<sup>-1</sup>) de las cruza simples progenitoras de los híbridos H-47, H-50 y H-51, con respecto a 50 000 plantas por hectárea (8995 kg ha<sup>-1</sup>).

**Cuadro 5. Comparación de medias para las variables evaluadas; efecto principal densidad de población. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. Ciclo primavera-verano 2008.**

Densidad de población	Rendimiento	Floración masculina	Altura de planta	Peso 200 granos	Longitud de mazorca	Hilera por mazorca	Granos por hilera
plantas ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	Días	cm	g	cm		
70 000	10 150 a	81 a	241 a	74.1 a	15.3 a	16 a	28 a
50 000	8995 b	81 a	239 a	74.2 a	15.1 a	16 a	28 a
DSH (0.05)	794	0.8	4	3.3	0.5	0.5	1

Medias con letras iguales en el sentido de las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

**Cuadro 6. Comparación de medias para las variables evaluadas; efecto principal fertilización. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. Ciclo primavera-verano 2007.**

Tratamiento con fertilizante y sin fertilizar	Rendimiento	Floración masculina	Altura de planta	Peso 200 granos	Longitud de mazorca	Hilera por mazorca	Granos por hilera
	kg ha <sup>-1</sup>	Días	cm	g	cm		
150-70-40	10 377 a	81 a	238 a	76.5 a	15.3 a	16 a	29 a
00-00-00	8769 b	81 a	242 a	71.9 b	15.0 a	16 a	27 b
DSH (0.05)	794	0.8	4	3.3	0.5	0.4	1

Medias con letras iguales en el sentido de las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

**Cuadro 7. Comparación de medias para la interacción genotipos × versión androestéril o fértil de híbridos de maíz. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. Ciclo primavera-verano 2007.**

Genotipo	Versión genotipo	Rendimiento	Floración masculina	Altura de planta	Peso 200 granos	Longitud por mazorca	Hilera por mazorca	Granos por hilera
		kg ha <sup>-1</sup>	Días	cm	g	cm		
H-47	AE	10 593	81	248	70.1	15.8	16	29
H-47	F	10 009	80	250	76.8	15.3	17	28
H-50	AE	9159	81	233	73.2	14.2	17	26
H-50	F	8787	82	231	75.9	14.8	16	27
H-51	AE	9837	80	239	77.4	15.5	16	28
H-51	F	9048	82	239	71.4	15.4	16	27

AE = androestéril; F = fértil.

**Cuadro 8. Medias de diversas variables evaluadas para la interacción genotipos × densidad de población. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. Ciclo primavera-verano 2007.**

Genotipo	Densidad de población	Rendimiento	Floración masculina	Altura de planta	Peso 200 granos	Longitud por mazorca	Hilera por mazorca	Granos por hilera
		kg ha <sup>-1</sup>	Días	cm	g	cm		
H-47	70 000	10 467	80	248	72.3	15.6	17	28
H-47	50 000	10 136	81	250	75.0	15.6	16	29
H-50	70 000	9706	82	233	76.1	14.9	16	27
H-50	50 000	8242	81	231	73.0	14.0	17	26
H-51	70 000	10 278	80	242	74.0	15.4	16	28
H-51	50 000	8607	81	235	74.7	15.5	17	27

- La fertilización influyo en forma positiva y significativamente en mayor rendimiento (10 377 kg ha<sup>-1</sup>), con respecto al manejo sin fertilizar (8769 kg ha<sup>-1</sup>)

- El mayor rendimiento se obtuvo con el híbrido H-47 (10 302 kg ha<sup>-1</sup>), la menor producción fue el híbrido de cruza doble H-50. La versión androestéril tuvo un rendimiento de 9864 kg ha<sup>-1</sup>, el cual no fue diferente estadísticamente al rendimiento de la versión fértil que rindió 9282 kg ha<sup>-1</sup>.

## LITERATURA CITADA

- Espinosa-Calderón A., M. Sierra-Macías y N. Gómez-Montiel. 2003a. Producción y tecnología de semillas mejoradas de maíz por el INIFAP en el escenario sin la PRONASE. Agron. Mesoam. 14: 117-121.
- Espinosa-Calderón A., M. Sierra Macías, N. Gómez-Montiel, C. Reyes-Méndez, F. Caballero-Hernández, M. Tadeo-Robledo, A. Palafox-Caballero, O. Cano, F. Rodríguez-Montalvo, E. Betanzos-Mendoza y B. Coutiño-Estrada. 2003b. Seed production and andro-sterility in normal and quality protein maize. pp. 238-239. In: Book of Abstracts: Hallauer International Symposium on Plant Breeding. CIMMYT. 17-22 august 2003. Mexico City, Mexico.

- Espinosa-Calderón, A. M. Tadeo-Robledo, J. J. Castellón-González, J. I. Cortés-Flores y A. Turrent-Fernández. 2004a. Fertilización y densidad de población en la producción de semilla de progenitores de híbridos de maíz. *Rev. FESC Div. Cient. Multidis.* 11: 13-20.
- Espinosa-Calderón, A. M. Tadeo-Robledo, A. Turrent-Fernández, N. Gómez-Montiel, M. Sierra-Macias, A. Palafox-Caballero, F. Caballero-Hernández, R. Valdivia-Bernal y F. Rodríguez-Motalvo. 2008a. El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias* 92-93: 118-125.
- Espinosa-Calderón, A. M. Tadeo-Robledo, M. Sierra-Macias, A. Turrent-Fernández, R. Valdivia-Bernal y B. Zamudio-González. 2009. Rendimiento de híbridos de maíz bajo diferentes combinaciones de semilla androestéril y fértil en México. *Agron. Mesoamer.* 20: 211-216.
- Espinosa-Calderón, A. M. Tadeo-Robledo, L. D. Meza-Guzmán, I. Arteaga-Escamilla, D. Matías-Bautista, R. Valdivia-Bernal, M. Sierra-Macias, N. Gómez-Montiel, A. Palafox-Caballero y B. Zamudio-González. 2010 c. Eliminación de espiga y hojas en un híbrido de maíz androestéril y fértil. *Univ. Cien.* 26: 1-7.
- García E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. Serie Libros No. 6, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- González-Estrada, A., J. Islas-Gutiérrez, A. Espinosa-Calderón, J. A. Vázquez-Carrillo y S. Wood. 2007. Impacto económico del mejoramiento genético del maíz en México: híbrido H-50. *Publicación Especial No. 24.* INIFAP. México, D. F.
- Martínez-Lazaro, C., L. E. Mendoza-Onofre, G. García-De Los Santos, M. C. Mendoza-Castillo y A. Martínez-Garza. 2005. Producción de semilla híbrida de maíz con líneas androfértiles y androestériles isogénicas y su respuesta a la fertilización y densidad de población. *Rev. Fitot. Mex.* 28: 127-133.
- Ortiz-Cereceres, J., R. Ortega-Paczka, J. Molina-Galan, M. Mendoza-Rodríguez, M. C. Mendoza-Castillo, F. Castillo-González, A. Muñoz-Orozco, A. Turrent-Fernández y T. A. Kato-Yamakake. 2007. Análisis de la problemática de la producción nacional de maíz y propuestas de acción. Grupo Xilonen, Universidad Autónoma Chapingo, Colegio de Postgraduados e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Chapingo, México.
- Ortiz-Trejo, C., A. Espinosa-Calderón, H. S. Azpiroz-Rivero y S. Sahagún-Castellanos. 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. Libro Técnico Número 3. Zinacantepec, estado de México.
- Tadeo-Robledo, M., A. Espinosa-Calderón, D. Beck-Lewis, y J. L. Torres. 2007. Rendimiento de semilla de cruas simples fértiles y androestériles progenitoras de híbridos de maíz. *Agric. Téc. Méx.* 33: 175-180.
- Tadeo-Robledo, M. A. Espinosa-Calderón, J. Serrano-Reyes, M. Sierra-Macias, F. Caballero-Hernández, R. Valdivia-Bernal, N. O. Gómez-Montiel, A. Palafox-Caballero, F. A. Rodríguez-Montalvo y B. Zamudio-González. 2010. Productividad de diferentes combinaciones de semilla androestéril y fértil en dos híbridos de maíz. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1: 273-287.
- Virgen-Vargas, J., J. L. Arellano-Vázquez, I. Rojas-Martínez, M. A. Ávila-Perches y G. F. Gutiérrez-Hernández. 2010. Producción de semilla de cruas simples de híbridos de maíz en Tlaxcala, México. *Rev. Fitot. Mex.* 33: 107-110.