

## Rendimiento de híbridos androestériles y fértiles de maíz en dos localidades en Valles Altos de México\*

### Yielding of male-sterile and fertile on maize hybrids at two locations in High Valley of Mexico

Margarita Tadeo-Robledo<sup>1</sup>, Alejandro Espinosa-Calderón<sup>2§</sup>, Antonio Turrent-Fernández<sup>2</sup>, Benjamín Zamudio-González<sup>3</sup>, Mauro Sierra-Macias<sup>4</sup>, Noel Gómez-Montiel<sup>5</sup>, Roberto Valdivia-Bernal<sup>6</sup> y Juan Virgen-Vargas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. Carretera Cuautitlán- Teoloyucán, km 2.5. Cuautitlán Izcalli, Estado de México. C. P. 54714. A. P. 25. Tel: 01 55 56231971. <sup>2</sup>Campo Experimental Valle de México- INIFAP. Carretera Los Reyes- Texcoco, km 13.5. C. P. 56250, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, México. Tel: 01 595 9212657. Ext. 184 y 204. (aturrent37@yahoo.com.mx, bzamudiog@yahoo.com.mx). <sup>3</sup>Campo Experimental Cotaxtla, CECOT-INIFAP. Tel: 01 229 9348354. mauro\_s55@hotmail.com. <sup>5</sup>CEIGUA-INIFAP. (noelorlando19@hotmail.com). <sup>6</sup>Universidad Autónoma Nayarit (beto49\_2000@yahoo.com.mx). Tel: 01 311 2110128. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: espinoale@yahoo.com.mx.

#### Resumen

En este trabajo se evaluaron cinco híbridos trilineales de maíz (H-53AE1, H-53AE2, H-47AER1, H-47AER2, H-48AE1), en sus versiones androestéril y fértil, en dos localidades de Valles Altos. El objetivo fue definir la capacidad productiva de cada uno. La investigación se llevó a cabo en el ciclo primavera verano 2010, en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX) y en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC). Los tratamientos en el estudio fueron: los híbridos trilineales, las versiones androestéril y fértil y las dos localidades. El análisis estadístico se efectuó en forma factorial considerando los factores híbridos, androesterilidad/fertilidad, localidades y las interacciones. Para rendimiento se observaron diferencias significativas para localidades, así como para híbridos, pero no para el factor androesterilidad/fertilidad. Se concluyó que la localidad FESC (9 340 kg ha<sup>-1</sup>), fue superior a la media del CEVAMEX (7 141 kg ha<sup>-1</sup>). El mayor rendimiento se obtuvo con el híbrido H-53AE1, con 9 226 y el menor fue H-48 AE1 (7 617 kg ha<sup>-1</sup>). Se encontró que la media de la versión androesteril, considerando todos los genotipos y las dos localidades, exhibió un rendimiento de 8 498 kg ha<sup>-1</sup>, similar estadísticamente al rendimiento de la versión fértil (7 983 kg ha<sup>-1</sup>).

#### Abstract

In this paper five trilinear maize hybrids (H-53 AE1, AE2 H-53, H-47 AER1, Aer2 H-47, H-48 AE1) were evaluated in male-sterile and fertile in two locations of Valles Altos. The aim was to define the productive capacity of each. The research was conducted in the spring 2010 cycle, in the Experimental Field Valle de Mexico (CEVAMEX) and the Faculty of Higher Cuautitlán (FESC). The treatments in the study were: the trilinear hybrids, the male sterile and fertile versions and two locations. Statistical analysis was carried out as factorial factors considering hybrids, male sterility/fertility, locations and interactions. To yield significant differences were observed for locations as well as hybrids, but not for the male sterility/fertility factor. It was concluded that the town FESC (9 340 kg ha<sup>-1</sup>) was higher than the average of CEVAMEX (7 141 kg ha<sup>-1</sup>). The highest yield was obtained with the hybrid H-53AE1 with 9226 and the lowest was AE1 H-48 (7 617 kg ha<sup>-1</sup>). It was found that the mean of the male sterile version, considering all genotypes and both localities exhibited a yield of 8 498 kg ha<sup>-1</sup>, statistically similar to the performance of the fertile version (7 983 kg ha<sup>-1</sup>).

\* Recibido: noviembre de 2013  
Aceptado: febrero de 2014

**Palabras clave:** androesterilidad, híbridos, maíz, productividad.

**Keywords:** male sterility, hybrid maize productivity.

## Introducción

Para obtener semilla de calidad en híbridos de maíz, se requiere desespigar en forma oportuna y adecuada para lograr que se combine el progenitor masculino con el progenitor femenino y evitar que este último se contamine con su propio polen. En la actividad de desespigue se utilizan de 24 a 50 jornales por hectárea, para obtener semilla de alta calidad y con buena identidad genética. Además del alto costo económico, el desespigue representa riesgos de perder calidad al efectuarse en forma incorrecta. Ante ello, el empleo de la androesterilidad puede ser una opción viable que favorece la obtención de semilla de adecuada calidad genética y disminuye los costos de producción (Ramírez, 2006; Tadeo *et al.*, 2007).

A partir de 1970, en EE. UU la esterilidad citoplasmática denominada cms-T se dejó de usar por las empresas productoras de semillas debido a los problemas con susceptibilidad al tizón foliar causado por el hongo *Helminthosporium maydis* raza T. La enfermedad ocasionó una epifitía que afectó 90% de las siembras en la faja maicera de ese país (Grogan *et al.*, 1971; Airy *et al.*, 1978; Tadeo *et al.*, 1997).

A partir de 1980 se retomó la investigación con esterilidad masculina, con base en el descubrimiento y desarrollo de nuevas fuentes de esterilidad masculina. Esta nueva estrategia, combinó la forma génico citoplasmica, principalmente para los tipos C y S. Actualmente estos tipos utilizan cerca de 25% de la superficie dedicada a la producción de semilla en EE. UU (Liu *et al.*, 2002; Beck y Torres, 2005). En todos los casos se cuenta con diversas fuentes dentro de cada tipo de esterilidad para no depender de una sola (Partas, 1997; Tadeo *et al.*, 1997; Thomson, 1979; Liu *et al.*, 2002; Torres y Rodríguez, 2002; Tadeo *et al.*, 2007).

En la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México (FESC-UNAM) y en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), se han realizado trabajos de mejoramiento genético para incorporar la esterilidad masculina a las líneas hembras de los híbridos comerciales y experimentales desarrollados por la UNAM y el INIFAP,

## Introduction

For quality hybrid seed maize required Break the tassels in a timely and appropriate manner to ensure that the male parent is combined with the female parent and prevent the latter from becoming contaminated with their own pollen. In desespigue activity are used in 24 to 50 days per hectare, to obtain high quality seed with good genetic identity. Besides the high cost, and the risk of losing desespigue represents quality made incorrectly. In response, the use of male sterility may be a viable option that favors obtaining adequate genetic seed quality and reduces production costs (Ramírez, 2006; Tadeo *et al.*, 2007).

Since 1970 in EE. UU cytoplasmic sterility called cms-T was allowed to use by seed companies due to problems with susceptibility to leaf blight caused by the fungus *Helminthosporium maydis* race T. The disease caused an epidemic that affected 90% of the plantings in the maize belt of the country (Grogan *et al.*, 1971; Airy *et al.*, 1978; Tadeo *et al.*, 1997).

Since 1980 the investigation was resumed with male infertility, based on the discovery and development of new sources of male sterility. This new strategy combined cytoplasmic gene form, primarily for types C and S. Currently this uses about 25% of the area used for seed production in EE. UU (Liu *et al.*, 2002; Beck and Torres, 2005). In all cases, there are various sources within each type of sterility to not depend on a single (Partas, 1997; Tadeo *et al.*, 1997; Thomson, 1979; Liu *et al.*, 2002; Torres and Rodríguez, 2002; Thaddeus *et al.*, 2007).

In the Faculty of Graduate Studies Cuautitlán of the National Autonomous University of Mexico (UNAM FESC) and Campo Experimental Valle de Mexico (CEVAMEX), the National Research Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP), there have been jobs to incorporate genetic male sterility in females of commercial and experimental hybrids developed by UNAM and INIFAP, with emphasis on the "C" source of hereditary interaction of cytoplasm and nuclear (Tadeo *et al.*, 2007; Espinosa *et al.*, 2009; Tadeo *et al.*, 2010).

con énfasis en la fuente “C”, de interacción hereditaria de citoplasma y nuclear (Tadeo *et al.*, 2007; Espinosa *et al.*, 2009; Tadeo *et al.*, 2010). A partir de 1992, se incorporó el carácter de esterilidad a las líneas básicas, posteriormente (1995-1997) se identificaron líneas con capacidad restauradora.

La estabilidad de la fuente de androesterilidad y la capacidad restauradora de las líneas desarrolladas, permitieron vislumbrar el uso potencial del esquema de androesterilidad, con lo cual se podrían limitar, en cierta medida, algunos problemas relacionados con el desespigue, así como reducir los costos que implica esta actividad (Tadeo *et al.*, 2007; Espinosa *et al.*, 2009; Tadeo *et al.*, 2010). Producto de los trabajos en androesterilidad, en el año 2011, se logró la inscripción ante el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV), del híbrido de maíz H-51 AE. Otros maíces están en la última etapa de investigación, validación y transferencia antes de ser liberados comercialmente (Espinosa *et al.*, 2008; Espinosa *et al.*, 2009; Espinosa *et al.*, 2010).

En este trabajo se evaluó, en dos experimentos uniformes, uno en el CEVAMEX y otro en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC-UNAM), la productividad de los híbridos trilineales H-53 AE1, H-53 AE2, H-47 AER1, H-47 AER2, H-48 AE1. Cada uno en las versiones androestériles y fértiles. El objetivo de este trabajo fue determinar la capacidad productiva de los híbridos, considerando las versiones androestéril y fértil, así como la media de las dos localidades de evaluación. Se cotejó la hipótesis de que la introducción del carácter de androesterilidad a cinco híbridos trilineales del Altiplano de México, no altera su potencialidad productiva, ni su fenología y/o morfología, ni interacciona con la localidad.

La presente investigación se llevó a cabo estableciendo dos experimentos en el ciclo primavera verano 2010, uno de ellos en el predio Santa Lucía de Prías, del CEVAMEX- INIFAP, ubicado en el Municipio de Texcoco, Estado de México, y el otro experimento en el Campo Experimental “Rancho Almaraz”, de la Facultad de Estudios Cuautitlán (FESC), de la UNAM, ubicado en Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

Los dos experimentos se sembraron usando el diseño experimental bloques completos al azar, con cinco repeticiones, el análisis se efectuó en forma combinada, calculando las interacciones, para probar el efecto de localidad se tomaron los efectos de la interacción repeticiones x localidad y se combinaron con el efecto de repeticiones para integrar el error que se usó para el cotejo de hipótesis del efecto de localidad. Los factores y niveles integran un factorial completo  $2 \times 5 \times$

Since 1992, the character of sterility to the basic lines, then (1995-1997) joined with restorative capacity lines were identified.

The stability of the source of male sterility and restorer lines developed capacity, allowed a glimpse of the potential use of male sterility scheme, which could be limited to some extent, some problems regarding despike and reduce costs this activity involves (Tadeo *et al.*, 2007; Espinosa *et al.*, 2009; Tadeo *et al.*, 2010). Product of work in male sterility, in 2011, enrollment was achieved before the National Catalogue of Plant Varieties (CNVV) of maize hybrid H-51 AE. Other maize are in the last stage of research, validation and transfer before being commercially released (Espinosa *et al.*, 2008; Espinosa *et al.*, 2009; Espinosa *et al.*, 2010).

This study evaluated two uniform experiments, one in the CEVAMEX and one in the Faculty of Higher Cuautitlán (FESC-UNAM), the productivity of the trilinear hybrid H-53 AE1, AE2 H-53, H-47 AER1, Aer2 H-47, H-48 AE1. Everyone in male-sterile and fertile versions. The aim of this study was to determine the production capacity of hybrids, whereas the male sterile and fertile versions as well as the average of the two locations of evaluation. The hypothesis that the introduction of the character of five trilinear hybrid male sterility Altiplano of Mexico, does not alter its productive potential or its phenology and / or morphology, or interact with the site is collated.

This research was carried out two experiments in establishing cycle spring 2010, one of them on the grounds of St. Lucía Prías of CEVAMEX-INIFAP, located in the municipality of Texcoco, State of Mexico, and another experiment in Experimental “Rancho Almaraz” School of Cuautitlán (FESC), UNAM, located in Cuautitlán Izcalli, State of Mexico.

Both experiments were planted were using the experimental design complete the lift, with five repetitions, blocks the analysis was performed in combination by calculating the interactions, to test the effect of locality of interaction effects repetitions x locality were taken and combined with the effect of repetitions to integrate the error that was used for the collation of local effect hypothesis. The factors and levels up a full factorial  $2 \times 5 \times 2$ , whose factors are: two locations (A= 2), five trilinear hybrid (B= 5), the male sterile

2, cuyos factores son los siguientes: dos localidades (A= 2), cinco híbridos trilineales (B= 5), la versión androestéril o fértil (C= 2), lo que genera 10 tratamientos en cada una de las localidades. Cada unidad experimental consistió en un surco de 5 metros de largo por 0.8 metros de ancho.

Lo cinco híbridos trilineales de maíz del INIFAP evaluados, identificados en el presente estudio fueron H-53 AE1, H-53 AE2, H-47 AER1, H-47 AER2, H-48 AE1, cuya semilla fue obtenida utilizando cruza simples en versión androestéril (AE) y fértil (F), combinadas con su progenitor masculino, durante el ciclo primavera - verano 2009.

La estructura de tratamientos estuvo conformada, como se señala, por su evaluación en las dos localidades (Factor A), los cinco híbridos trilineales mencionados (Factor B), en sus versiones fértil y androestéril (Factor C).

La preparación mecánica del terreno consistió en un barbecho, una cruz y un paso de rastra. El surcado se hizo a 0.80 m. La siembra a pala en el CEVAMEX-INIFAP se efectuó el 17 de junio, con auxilio de riego de siembra, en la FESC-UNAM, la siembra fue el 23 de junio, bajo humedad de temporal, en este último la siembra fue a "tapa pie". En todos los casos se depositaron cuatro semillas por mata cada 0.50 m. Después de la emergencia de las plántulas, se aclareo para dejar 24 plantas en cinco metros de largo, para lograr densidades de población uniformes a 60 000 plantas ha<sup>-1</sup>, que es la densidad de población recomendada en Valles Altos del Centro de México, para materiales similares a los que se emplearon en este estudio.

Para el control de malezas se efectuaron dos aplicaciones: la primera, un día después de la siembra, utilizando por ha 1 L de Hierbamina<sup>®</sup> y 2 kg de Gesaprim<sup>®</sup> calibre 90; la segunda se hizo 40 días después de la siembra, con 1 L de Sansón<sup>®</sup> 4 SC, 1 L de Hierbamina<sup>®</sup> y 2 kg de Gesaprim<sup>®</sup> calibre 90. La cosecha fue manual y se realizó en la primera quincena de diciembre de 2010, colectando todas las mazorcas aunque sólo se consideraron las que contenían grano sano que cubre las características para su comercialización, es decir grano sano en más de 60% de la mazorca.

En campo se registraron los datos: floración masculina (cuando 50% de las plantas liberaron polen), floración femenina (cuando 50% de las plantas habían expuesto los estigmas, en por lo menos tres cm), altura de planta (de la base del tallo al nudo de inserción de la espiga) y altura de mazorca (de la base del tallo al nudo de inserción de la mazorca superior). Se tomaron datos de otras variables como son: en

or fertile version (C= 2), which generates 10 treatments in each of the localities. Each experimental unit consisted of a row of 5 meters long and 0.8 meters wide.

The trilinear hybrid five maize INIFAP evaluated, identified in this study were H-53 AE1, H-53 AE2, H-47 AER1, H-47 Aer2, H-48 AE1, whose seed was obtained using single crosses in version male sterile (AE) and fertile (F), combined with their male parent during the spring-summer 2009.

The treatment structure consisted, as indicated by their assessment in the two locations (Factor A), the five mentioned trilinear hybrid (Factor B), in their fertile and male-sterile versions (Factor C).

Mechanical site preparation consisted of a fallow, a cross and a pitch of drag. Trenching was 0.80 m. Planting a shovel in the CEVAMEX-INIFAP took place on June 17 with the aid of irrigation planting in FESC-UNAM, planting was June 23, under temporary moisture in the latter planting was to "cover up". In all cases, four seeds were deposited by killing each 0.50 m. After seedling emergence, is thinning to leave 24 plants in five meters long, to achieve densities of uniform population of 60 000 plants ha<sup>-1</sup>, which is the recommended High Valley Center Mexico population density, for materials similar to those used in this study.

For weed control two applications were performed: first, one day after sowing, using for Hierbamina has 1 L<sup>®</sup> and 2 kg of Gesaprim<sup>®</sup> 90 gauge; the second was made 40 days after planting, with 1 L of Sansón<sup>®</sup> 4 SC, 1 L of Hierbamina<sup>®</sup> and 2 kg of Gesaprim<sup>®</sup> 90 caliber. Harvesting was done manually and was held in the first fortnight of December 2010 collecting all ears but only considered those containing healthy grain that covers the features for marketing, healthy grain that is more than 60% of the cob.

Field data were recorded: tasseling (when 50% of plants liberated pollen) silking (when 50% of the plants were exposed stigmas at least three inches), plant height (from the base of stem knot insertion shank) and ear height (from the base of the stem to knot insertion upper ear). Data from other variables such as were taken: in five pods seed moisture was recorded with an electric moisture determiner Stenlite type, percentage of grain/

cinco mazorcas se registró humedad en la semilla, con un determinador de humedad eléctrico tipo Stenlite, porcentaje de grano/olote (cociente del peso de grano con el peso de grano más olotes); también se midieron longitud de mazorca, hileras por mazorca y granos por hilera.

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

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

Donde: PC es el peso de campo del total de las mazorcas cosechadas en la parcela, expresado en kg, % MS es el porcentaje de materia seca calculado con base en la muestra de grano de cinco mazorcas recién cosechadas, % G es el porcentaje de grano obtenido como el cociente entre el peso de grano y el peso de mazorca, F. C. es el factor de conversión a rendimiento por ha, que se obtiene de dividir 10 000 m<sup>2</sup> entre el tamaño de la parcela útil determinado en m<sup>2</sup> (4 m<sup>2</sup>), 8 600 es una constante empleada para estimar el rendimiento con una humedad del grano de 14%.

Para el análisis estadístico, los datos registrados en cada una de las variables agronómicas fueron sometidos al análisis de varianza, el cual se realizó considerando los tres factores: localidades (2), híbridos (5), versión del genotipo androestéril o fértil (2), y sus interacciones entre estos factores; es decir, híbridos x androesterilidad/fertilidad; híbridos x localidades; androesterilidad/fertilidad x localidades, híbridos por androesterilidad/fertilidad x localidades. Cuando los valores de F fueron significativos se aplicó la prueba de Tukey para comparar las medias de localidades, genotipos de maíz, versión del genotipo androestéril o fértil, a un nivel de significancia de 5%.

Para rendimiento de grano se detectaron diferencias altamente significativas para ambientes ( $p \geq 0.01$ ) y para híbridos ( $p \geq 0.05$ ). El coeficiente de variación para rendimiento fue 21.2% y la media aritmética fue de 8 240 kg ha<sup>-1</sup>. Para floración masculina también hubo diferencias altamente significativas ( $p \geq 0.01$ ) entre ambientes (A), híbridos (B) y versión del genotipo androestéril o fértil (C), y significativas ( $p = 0.05$ ), para la interacción ambientes x androesterilidad/fertilidad (AxC).

Para floración femenina y altura de planta hubo diferencias altamente significativas ( $p \geq 0.01$ ) entre ambientes (A), en las otras variables no se presentó significancia. En altura de mazorca, en ninguna variable se detectó significancia estadística. En longitud de mazorca, granos por hilera y granos por mazorca hubo diferencias altamente significativas

cob (ratio of grain weight with the weight of more grain cobs); ear length, rows per ear and kernels per row were also measured.

For grain yield (GY) per plot formula was applied:

$$RG = (PC \times \% MS \times \% G) \times FC / 8600$$

Where: PC is the weight of half of the total harvested ears in the plot, expressed in kg, % DM is the dry matter percentage calculated based on the grain sample five ears freshly harvested, % G is the percentage of grains obtained by dividing the weight of grain and cob weight, FC is the conversion factor to yield per ha, which is obtained by dividing 10 000 m<sup>2</sup> between the size of the useful plot given in m<sup>2</sup> (4 m<sup>2</sup>), 8600 is a constant used to estimate the yield with grain moisture of 14%.

For statistical analysis, the data recorded in each of the agronomic variables were subjected to analysis of variance, which was carried out considering three factors: locations (2) hybrid (5) version of the male sterile or fertile genotype (2), and interactions among these factors; ie x hybrid male sterility / fertility hybrid x locations; male sterility / fertility x locations, hybrids male sterility/fertility x locations. When F values were significant Tukey's test was applied to compare the means of locations, genotypes of maize male sterile or fertile version of genotype at a significance level of 5%.

For grain yield environments highly significant differences ( $p \geq 0.01$ ) and hybrids ( $p \geq 0.05$ ) were detected. The coefficient of variation for yield was 21.2% and the average was 8 240 kg ha<sup>-1</sup>. For male flowering was also significant, highly significant differences ( $p \geq 0.01$ ) between environments (A), hybrid (B) and version of male sterile or fertile genotype (C) and ( $p = 0.05$ ) for the environments interaction x male sterility/fertility (AxC).

For silking and plant height were highly significant differences ( $p \geq 0.01$ ) between environments (A), in the other variables presented no significance. In ear height, in any variable statistical significance was detected. In ear length, kernels per row and kernels per ear were highly significant differences for hybrid factor variation. For the variable kernels per ear differences were observed at the level of 5%, for the environment x male sterility/fertility (AxC) and the hybrid interaction x male sterility/fertility (BxC) (Table 1) interaction.

para el factor de variación híbridos. Para la variable granos por mazorca las diferencias se observaron al nivel de 5%, para la interacción ambiente x androesterilidad/fertilidad (AxC) y para la interacción híbridos x androesterilidad/fertilidad (BxC), (Cuadro 1).

Comparing hybrids showed differences in yields, three groups were defined significance, the highest yield corresponded to H-53 AE1 (92 27 kg ha<sup>-1</sup>) and the lowest was the hybrid H-48 AE1, with 7 617 kg ha<sup>-1</sup> (Table 2). Two of the five hybrids evaluated, higher performance

**Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística de los valores de F para rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>) y otras variables evaluadas en dos ambientes (A), cinco híbridos de maíz (B) en sus versiones fértiles y androestériles (C) de Valles Altos. Primavera- verano 2010. FESC-UNAM y CEVAMEX.**

**Table 1. Mean squares and statistical significance of the F values for grain yield (kg ha<sup>-1</sup>) and other variables evaluated in two environments (A), five maize hybrids; (B) in fertile and male-sterile versions; and (C) High Valleys. Spring-Summer 2010. FESC-UNAM and CEVAMEX.**

Factor de variación	G.l.	Variables									
		RG	FM	FF	AP	AM	LM	HM	GH	GM	
A	1	120919539**	125.4**	497.2**	103105.2**	243.36	20.8	1.69	46.24	2450.2	
B	4	10523423*	12.91**	7.51	81.38	898.78	40.22**	4.23	152.38**	24042.6**	
C	1	6623658	51.84**	3.61	272.2	4.00	0.53	2.25	17.64	1513.2	
A X B	4	3147904	4.01	0.59	1330.4	228.48	6.00	1.21	31.36*	3757.12	
A X C	1	1582118	25.00*	0.25	4290.25	538.24	5.42	0.81	1.96	515.2	
B X C	4	661224	3.41	2.61	3025.82	531.07	20.79	0.72	30.76*	5463.2	
A X B X C	4	4881773	4.47	1.35	1994.87	531.71	6.35	0.78	1.38	1091.96	
C.V. (%)		21.2	1.7	1.9	17.1	13.4	21.2	7.3	10.5	14.6	
Media		8240	79	80	249	123	12.6	15	27	397	

\*, \*\*Valores significativos y altamente significativos al 0.05 y 0.01 de probabilidad; CV= coeficiente de variación. RG= rendimiento de grano; FM= floración masculina; FF= floración femenina; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; LM= longitud de mazorca; HM= hileras de la mazorca; GH= granos por hilera; GM= granos por mazorca.

La comparación entre híbridos, mostró diferencias en los rendimientos, se definieron tres grupos de significancia, el mayor rendimiento correspondió a H-53 AE1 (9 227 kg ha<sup>-1</sup>) y el menor fue el del híbrido H-48 AE1, con 7 617 kg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 2). Dos de los cinco híbridos evaluados, con mayor rendimiento, se obtienen con el esquema de androesterilidad utilizando mezclas de semilla androestéril y fértil, que es la manera como se emplea la esterilidad masculina en otros materiales (Espinosa *et al.*, 2009, Tadeo *et al.*, 2010). El rendimiento similar de los híbridos H-53 AE1 y H-53 AE2, puede deberse a que entre los dos materiales hay coincidencia en una o dos de las líneas que integran su estructura como híbridos, estos materiales que se han venido evaluando por varios años y en diferentes trabajos han sobresalido, por lo cual se pretende inscribir uno de ellos en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV), lo que sería el primer híbrido con esterilidad masculina que libera comercialmente la UNAM (Espinosa *et al.*, 2008; Espinosa *et al.*, 2010).

is obtained with the scheme of male sterility using mixtures of male-sterile and fertile seed, which is how male sterility is used in other materials (Espinosa *et al.*, 2009; Tadeo *et al.*, 2010). The similar performance of hybrid H-53 H-53 AE1 and AE2 may be that between the two materials is no match on one or two of the lines that make up its structure as hybrid, these materials have been evaluated for many years and different jobs have excelled, so it is intended to register one in the National Catalogue of Plant Varieties (CNVV), which would be the first hybrid male sterile commercially released UNAM (Espinosa *et al.*, 2008; Espinosa *et al.*, 2010).

Comparison of means for grain yield showed that the male sterile version was statistically similar to the fertile (Table 3) production. This result is understandable because the male-sterile versions are isogenic fertile; differ only in the production or pollen grains, as noted in several studies (Martínez *et al.*, 2005; Ramírez, 2006; Tadeo *et al.*, 2007).

**Cuadro 2. Comparación de medias para cinco híbridos de maíz en sus versiones fértiles y androestériles, considerando la media de dos ambientes, para rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) y otras variables evaluadas. Primavera- verano 2010. FESC-UNAM y CEVAMEX.**

**Table 2. Comparison of means five maize hybrids fertile and male-sterile versions, considering the average of two environments for yield (kg ha<sup>-1</sup>) and other variables evaluated. Spring-Summer 2010. FESC-UNAM and CEVAMEX.**

Genotipo	RG (kg ha <sup>-1</sup> )	FM (días)	FF (días)	AP (cm)	AM (cm)	LM (cm)	HM	GH	GM
H-53 AE1	9227 a	79 a	80 a	251 a	126 ab	13.7 a	15 ab	29 a	435 a
H-53 AE2	8800 ab	79 a	80 a	247 a	121 ab	13.8 a	14.5 b	30 a	418 a
H-47 AER1	7727 ab	79 a	80 ab	247 a	132 a	13.2 a	15.3 a	26 b	388 ab
H-47 AER2	7832 ab	78 ab	79 ab	250 a	115 b	10.4 b	14.9 ab	23 c	344 b
H-48 AE1	7617 b	77 b	79 ab	250 a	121 ab	12.2 ab	15.2 a	26 b	404 a
DMSH (0.05)	1545	1	1	38	15	2.3	1	2	51

\*Las medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey,  $p \geq 0.05$ ). RG=rendimiento de grano; FM= floración masculina; FF= floración femenina; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; LM= longitud de mazorca; HM= hileras por mazorca; GH= granos por hilera; GM= granos por mazorca.

La comparación de medias para rendimiento de grano mostró que la versión androestéril presentó una producción estadísticamente similar a la fértil (Cuadro 3). El resultado anterior es explicable ya que las versiones androestériles son isogénicas de las fértiles; sólo difieren en la producción o no de granos de polen, como se señala en diversos trabajos (Martínez *et al.*, 2005; Ramírez, 2006; Tadeo *et al.*, 2007). No obstante, éstos resultados contrastan lo anterior con los observados en otros estudios, donde se ha encontrado que las versiones androestériles alcanzan rendimientos estadísticamente superiores al de las fértiles (Martínez *et al.*, 2005; Tadeo *et al.*, 2007). La comparación de medias para floración masculina definió que la versión androestéril es más tardía, con respecto a la versión fértil, en cambio para las demás variables: floración femenina, altura de planta y mazorca, longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera, granos por mazorca, señala que no hubo diferencias significativas entre las versiones androestéril y fértil, situación atribuible al hecho, como se indicó previamente, de que son genéticamente similares, excepto para los genes génico-citoplásmicos relacionados con la esterilidad masculina tipo C, que causan que en la versión androestéril no haya producción de polen, mientras que en la fértil sí (Tadeo *et al.*, 2007; Tadeo *et al.*, 2010).

En la comparación de medias entre ambientes, el ambiente FESC-UNAM 2010, exhibió el mayor rendimiento promedio de grano (9 340 kg ha<sup>-1</sup>), diferente significativamente al rendimiento medio del ambiente CEVAMEX 2010, lo que posiblemente se debió a que la fecha de siembra en CEVAMEX 2010 fue efectuada dos semanas después que la fecha en la FESC-UNAM 2010, lo que probablemente repercutió en el rendimiento (Cuadro 4).

Nevertheless, these results contrast with those observed in other studies, which found that male-sterile versions reach statistically higher than the yields of fertile (Martínez *et al.*, 2005; Tadeo *et al.*, 2007). Comparison of means for male flowering defined the male sterile version is later, in respect of the fertile version, while for the other variables: female flowering, plant and ear height, ear length, rows per ear, kernels per row grains per ear, said that there were no significant differences between male sterile and fertile versions, a situation attributable to the fact, as except for the gene-cytoplasmic male sterility associated with type C genes previously indicated, that are genetically similar, which cause the version Androsterile no pollen production, while the fertile if (Thaddeus *et al.*, 2007; Thaddeus *et al.*, 2010).

In the comparison of means between environments, FESC-UNAM 2010, environment exhibited the highest average grain yield (9 340 kg ha<sup>-1</sup>), the average performance significantly different environmental CEVAMEX 2010, possibly due to the date CEVAMEX planting in 2010 was made two weeks after the date FESC-UNAM 2010, which probably affected the yield (Table 4).

## Conclusions

The FESC-UNAM 2010 environment, with an average grain yield of 9 340 kg ha<sup>-1</sup>, was statistically superior with respect to the environment CEVAMEX 2010, which averaged 7 141 kg ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 3. Comparación de medias para las versiones androestéril o fértil considerando la media de cinco híbridos y dos ambientes de evaluación, para rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) y otras variables evaluadas. Primavera- verano 2010. FESC-UNAM y CEVAMEX.**

**Table 3. Comparison of means for fertile or male-sterile versions considering the mean of five hybrids and two assessment environments for yield (kg ha<sup>-1</sup>) and other variables evaluated. Spring-Summer 2010. FESC-UNAM and CEVAMEX.**

Tipo fertilidad	RG(kg ha <sup>-1</sup> )	FM(días)	FF (días)	AP (cm)	AM (cm)	LM (cm)	HM	GH	GM
Androestéril	8498	79 a	80a	250	122a	12.7a	15 a	26	394
Fértil	7983	78 b	79	247	123	12.5	15 a	27	402
DMSH (0.05)	696	0.5	0.6	16	6	1	0.4	1.1	23

\*Las medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey,  $p \geq 0.05$ ). RG=rendimiento de grano; FM= floración masculina; FF= floración femenina; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; LM= longitud de mazorca; HM= hileras por mazorca; GH= granos por hilera; GM= granos por mazorca.

**Cuadro 4. Comparación de medias para dos ambientes de evaluación, considerando la media de cinco híbridos y sus versiones androestériles y fértiles, para rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) y otras variables evaluadas. Primavera- verano 2010. FESC-UNAM y CEVAMEX.**

**Table 4. Comparison of means for two assessment environments, considering the average of five hybrids and male sterile and fertile versions for yield (kg ha<sup>-1</sup>) and other variables evaluated. Spring-Summer 2010. FESC-UNAM and CEVAMEX.**

Fechas de Siembra	RG(kg ha <sup>-1</sup> )	FM(días)	FF (días)	AP (cm)	AM (cm)	LM (cm)	HM	GH	GM
CEVAMEX 2010	7141 b	80 a	82 a	281 a	121 a	12.2 a	15 a	27 a	403 a
FESC-UNAM 2010	9340 a	78 b	77 b	217 b	125 a	13.1 a	15 a	26 b	393 a
DMSH (0.05)	696	0.5	0.6	16	6.5	1.0	0.4	1.1	23

\*Las medias con la misma letra, en el sentido de las columnas, son iguales estadísticamente (Tukey,  $p \geq 0.05$ ). RG=rendimiento de grano; FM= floración masculina; DFF= floración femenina; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; LM= longitud de mazorca; HM= hileras por mazorca; GH= granos por hilera; GM= granos por mazorca.

## Conclusiones

El ambiente FESC-UNAM 2010, con una media de rendimiento de grano de 9 340 kg ha<sup>-1</sup>, fue superior estadísticamente y con respecto al ambiente CEVAMEX 2010, cuya media fue 7 141 kg ha<sup>-1</sup>.

La media de rendimiento de los cinco híbridos, considerando los dos ambientes de evaluación y la versión androestéril y fértil, la producción más alta correspondió a H-53 AE1, con 9 227 kg ha<sup>-1</sup>, seguido de H-53 AE2, que produjo 8 800 kg ha<sup>-1</sup>.

La versión androestéril, considerando la media de los híbridos y las dos localidades, presentó un rendimiento similar estadísticamente (8 498 kg ha<sup>-1</sup>) con respecto a la versión fértil (7 983 kg ha<sup>-1</sup>).

The mean yields of the five hybrids, considering the two evaluation environments fertile and male sterile version, the highest yield corresponded to H-53 AE1, with 9 227 kg ha<sup>-1</sup>, followed by H-53 AE2, which produced 8 800 kg ha<sup>-1</sup>.

The male-sterile version, considering the average of the hybrids and the two locations, provided statistically similar yield (8 498 kg ha<sup>-1</sup>) compared to fertile version (7 983 kg ha<sup>-1</sup>).

Statistical significance was found in the hybrid interaction x environments, indicating the desirability of evaluating genotypes in more environments.

*End of the English version*





Se encontró significancia estadística en la interacción híbridos x ambientes, lo que indica la conveniencia de evaluar a los genotipos en mayor número de ambientes.

## Agradecimiento

La autora principal y coautores agradecen al proyecto de investigación: PAPIIT- IT201312-3, de la Universidad Autónoma de México (UNAM), parte de su financiamiento.

## Literatura citada

- Airy, J. M.; Tatum, A. L. y Sorenson, J. W. 1978. La Producción de semillas, producción de semilla híbrida de maíz y sorgo para grano. *In: Anuario estadístico de semillas*. Trad. de la 4ª ed. en inglés por Marino, A. y Rodríguez, P. Ed. CECSA. México. 274-285 p.
- Beck, L. D. y Torres, F. J. L. 2005. Desespigamiento. 2005. *In: producción y tecnología de semillas de maíz del INIFAP para los Valles Altos y zona de transición*. Ortiz, T. C.; Espinosa, C. A. Azpíroz, R. H. S.; Sahagún, C. S. (Comp.). INIFAP-CIRCE. Campo Experimental Valle de Toluca. Zinacantepec, Estado de México, México. Libro técnico Núm. 3. 44-55 p.
- 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. y Salinas, M. Y. 2008. H-49 AE híbrido de maíz para Valles Altos con androesterilidad para producción de semilla. *In: Memoria técnica Núm. 9, Día de Campo CEVAMEX*. Chapingo, Estado de México. 13-14 pp.
- Espinosa, C. A.; Tadeo, R. M.; Sierra, M. M.; Turrent, F. A.; Valdivia, B. R. y Zamudio, G. B. 2009. Rendimiento de híbridos de maíz bajo diferentes combinaciones de semilla androesteril y fértil en México. *Agron. Mesoam.* 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.; Arteaga, E. I.; Canales, I. E. I.; Vázquez, C. G. y Salinas, M. Y. 2010. H-47 AE híbrido de maíz con esterilidad masculina para producción de semilla en Valles Altos. *In: Memoria técnica Núm. 11, Día de Campo: CEVAMEX 2010*. Chapingo, México. 15-16 pp.
- Grogan, C. O.; Francis, C. A. and Sarvella, P. A. 1971. Influence of cytoplasmic male sterility on dry matter accumulation in maize. *Crop Sci.* 5:365-367.
- Liu, Z. P.; Long, S. O.; Weingartner, M.; Stamp, U. and Kaeser, O. P. 2002. A PCR assay for rapid discrimination of sterile cytoplasm types in maize. *Crop Sci.* 42:566-569.
- Martínez, L. C.; Mendoza, O. L. E.; García, D. L. S.; Mendoza, G. C. M. C. y 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. *Rev. Fitotec. Mex.* 28(2):127-133.
- Partas, E. K. 1997. Male sterility as an efficient method of exploiting heterosis in maize. *In: the genetics an exploitation of heterosis in crops. An International Symposium. CIMMYT, Mexico city, Mexico.* 244-245 pp.
- Ramírez, L. 2006. Utilización de la androesterilidad para la producción de semilla híbrida. Cátedra de producción vegetal genética y mejora vegetal. Departamento de producción agraria. Universidad Pública de Navarra, España. 7 p.
- Tadeo, R. M.; Espinosa, C. A.; Martínez, M. R.; Solano, A. M. and Piña, D. V. A. 1997. Use of CIMMYT germplasm to develop maize hybrids at the UNAM. *In: the genetics and exploitation of heterosis in crops. An International Symposium. CIMMYT, Mexico city, Mexico.* 240-241 pp.
- Tadeo, R. M.; Espinosa, C. A.; Beck, L. D. y Torres, J. L. 2007. Rendimiento de semilla de cruza simples fértiles y androestériles progenitoras de híbridos de maíz. *Agric. Téc. Méx.* 33(2):175-180.
- Tadeo, R. M.; Espinosa, C. A.; Serrano, R. J.; Sierra, M. M.; Caballero, H. F.; Valdivia, B. R.; Gómez, M. N.; Palafox, C. A.; Rodríguez, M. F. A. y Zamudio, G. B. 2010. Productividad de diferentes combinaciones de semilla androestéril y fértil en dos híbridos de maíz. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1(2):273-287.
- Torres, C. y Rodríguez, E. 2002. Incorporación de la androesterilidad citoplásmica a línea cubana de maíz (*Zeamays L.*). *In: Resúmenes de XLVIII reunión anual PCCMCA 2002*. Boca Chica, República Dominicana. 49 p.
- Thomson, J. R. 1979. Introducción a la tecnología de las semillas. Trad. de la primera ed. en inglés por Melgarejo, de N. P. Ed. Acribia. España. 68 p.