

## ANDROESTERILIDAD EN LÍNEAS E HÍBRIDOS DE MAÍZ DE VALLES ALTOS DE MÉXICO<sup>1</sup>

*Margarita Tadeo<sup>2</sup>, Alejandro Espinosa<sup>3</sup>, Ana María Solano<sup>4</sup>, Rafael Martínez<sup>4</sup>*

### RESUMEN

**Androesterilidad en líneas e híbridos de maíz de Valles Altos de México.** En los años 1995 a 1997 se evaluaron combinaciones de líneas con progenitores androesteriles para encontrar genotipos con capacidad restauradora. Siete líneas restauraron la fertilidad masculina. También se han ubicado algunos híbridos con progenitores con androesterilidad de excelente rendimiento (12.230 kg/ha), con posibilidades de uso comercial (UHS95E0123 X P2-1). La capacidad restauradora de la fertilidad masculina (100%) de las líneas P2-1, IA49-1, IA49-2, EHT-29-1, EHT-49-3, se confirmó en evaluaciones de progenies, además en 1997 y 1998, se obtuvieron las versiones isogénicas con la tercera y hasta cuarta retrocruza, de las líneas élite de la UNAM, de las líneas hembras de los híbridos PUMAS, en uso comercial como es PUMA 1157 y PUMA 1075, también se cuenta con la versión androesteril de los progenitores del INIFAP denominados H-50 y H-48, recomendados para los Valles Altos, así como algunas líneas del CIMMYT, con lo cual podría favorecerse la producción de semilla de los híbridos que se generan con estos materiales.

### ABSTRACT

**Andro-sterility of corn lines and hybrids in Valles Altos of Mexico.** Lines combinations of andro-sterile progenitors were evaluated to find genotypes with restoring capacity during the years 1995 to 1997. Seven lines were defined and verified to restore the male fertility. Also, some hybrids with andro-sterile progenitors of excellent yield (12230 kg/ha) and possibilities of commercial use (UH-S95E0123 X P2-1) were located. The male fertility restoring capacity (100%) of the lines P2-1, IA49-1, IA49-2, EHT-29-1, EHT-49-3 were confirmed in progeny testing. Besides in 1997 and 1998, the isogenic versions were obtained with the third and up to the fourth back-crosses, from the elite lines from UNAM and the PUMAS female hybrids (in commercial use as the PUMA 1157 and PUMA 1075). Also, there is a version of the andro-sterile progenitors from INIFAP, denominated as H-50 and H-48, recommended for the Valles Altos; as well as some lines from CIMMYT, which could favor the seed production of the hybrids that are generated from these materials.



### INTRODUCCIÓN

En la producción de semilla de híbridos de maíz, el despanojamiento oportuno y adecuado es fundamental para obtener la calidad e identidad genética correspon-

diente, este proceso implica además costos por uso de jornales, el empleo de la androesterilidad es un mecanismo que puede facilitar la producción de semilla híbrida, por ello en el programa de mejoramiento genético de maíz de la Facultad de Estudios Superiores

<sup>1</sup> Presentado en la XLV Reunión Anual del PCCMCA en Guatemala, Guatemala. 1999.

<sup>2</sup> Coordinadora de Cátedra de Investigación en Semillas y Profesora de Asignatura, Ingeniería Agrícola, FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, México. E-mail: tadeorobledo@yahoo.com y tarm@servidor.unam.mx

<sup>3</sup> Investigador Titular de Producción y Tecnología de Semillas, INIFAP-SAGARPA. Campo Experimental Valle de México, Km. 18.5 Carretera México – Lechería, Apartado Postal 10, C.P. 56230, Chapingo, México. E-mail: espinoal@inifap2.inifap.conacyt.mx y espinoale@yahoo.com.mx

<sup>4</sup> Colaboradores de la Cátedra "Semillas", Ingeniería Agrícola, FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, México.

Cuautitlán - Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), se han realizado diversos trabajos con la finalidad de incorporar la esterilidad masculina, a las líneas de los híbridos comerciales desarrollados en la Universidad, con fuentes diversificadas del carácter, así como el manejo racional del esquema. Desde 1992 se realizan trabajos para incorporar el carácter de androsterilidad a las líneas básicas de la UNAM, así como definir las líneas con capacidad restauradora. En los años 1995 a 1997 se evaluaron combinaciones de líneas con progenitores androesteriles para tratar de detectar genotipos con capacidad restauradora, encontrándose y verificándose que siete líneas restauran la fertilidad masculina. En los dos ciclos señalados se evaluaron 32 híbridos experimentales simples, obtenidos del cruzamiento de líneas androestériles con líneas posibles restauradoras de la fertilidad, de estos materiales 9 resultaron fértiles en un 100% y 3 con fertilidad parcial, lo que indica que las líneas EHT-29-2, EHT-49-3, IA49-1, IA49-2 y P2-1 son restauradoras de la fertilidad y que los genes de la restauración están en condición homocigótica dominante, en cambio las líneas 43-1, EHT-30-5 y EHT-9-6 tienen los genes restauradores en forma heterocigótica, y el resto de las líneas paternas tienen los genes de la restauración en condición homocigótica recesiva. Las líneas restauradoras de la fertilidad en un 100% generaron híbridos con buenas características agronómicas y las no restauradoras generaron híbridos, que por sus excelentes características agronómicas, se pueden utilizar para formar híbridos trilineales con alguna de las líneas que se identificaron como restauradoras de la fertilidad. El uso de la androsterilidad y la capacidad restauradora de la fertilidad masculina en la producción de semilla híbrida de maíz, limita los problemas que ocurren en la eliminación de la panoja en progenitores hembra, reduciendo las dificultades en esta etapa facilitando el control de la calidad e identidad genética de los híbridos producidos además de una reducción en los costos de producción por labor de despanojado de 25 hasta 50 jornales por hectárea.

La androsterilidad dejó de utilizarse durante en la década de los 70's, debido a la susceptibilidad a la enfermedad del tizón foliar causada por el hongo *Helminthosporium maydis* raza T, que ocasionó una epifitía en gran parte de la faja maicera en E.U., con el descubrimiento de nuevas fuentes de esterilidad masculina, esta práctica se ha retomado con las nuevas fuentes, para no depender de una sola y limitar de esta manera los problemas generados con la raza T. Por otra parte en los Valles Altos las condiciones agro climáticas podrían limitar el desarrollo del hongo responsable del tizón foliar. En este trabajo se plantearon como objetivos: Identificar líneas de maíz de Valles Altos con capacidad restauradora de la fertilidad masculina a través de su

progenie, Verificar la capacidad restauradora de la fertilidad masculina de las líneas de maíz identificadas, en híbridos androestériles de Valles Altos. Así como evaluar el rendimiento y las características agronómicas de estos híbridos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En 1992 se iniciaron los trabajos para incorporar la androsterilidad a las líneas endogámicas de maíz que se manejan en la UNAM, estas actividades se efectuaron en las parcelas de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, ubicada dentro del municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México a una altitud de 2252 msnm. La temperatura media anual es de 15,7 °C, el mes más frío es enero con 11,8 °C en promedio, con 2,3 °C de temperatura mínima y máxima de 26,5°C. La precipitación media anual es de 605 mm. Después de contarse con las líneas en su versión de esterilidad, además de verificarse que las fuentes fueran estables en localidades y condiciones climáticas, los genotipos androesteriles con tres y cuatro retrocruzas hacia la líneas que fueron convertidas a esterilidad masculina, se manejaron experimentos en el ciclo P-V de 1995, en donde se sembraron 32 híbridos simples obtenidos a través del cruzamiento de líneas androestériles con líneas que se consideraba que podrían poseer capacidad restauradora de la fertilidad masculina, las cuales también fueron sembradas en lotes contiguos. Cuando los híbridos llegaron a floración se efectuaron diariamente revisiones para verificar si los órganos masculinos, producían anteras y a su vez estas liberaban polen, con lo cual se identificó su capacidad restauradora de la fertilidad masculina, las líneas restauradoras se cruzaron con los híbridos androestériles, nuevamente y estas combinaciones fueron evaluadas en 1996, en donde se verificó la presencia o no de la fertilidad masculina de los 41 híbridos que contenían la combinación de androsterilidad por una línea restauradora, identificada así el ciclo anterior; además se evaluó su rendimiento comparándolos con nueve híbridos fértiles experimentales y dos híbridos comerciales como testigos. Las variables evaluadas fueron: floración masculina y femenina, porcentaje de plantas fértiles y estériles (relación del número total de plantas por parcela y el número de plantas fértiles).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos por los restauradores indican que se clasificaron en las siguientes opciones: 1) Cuando todas las plantas de la parcela son fértiles, tie-

nen genes de restauración en condición homocigótica. 2) Si todas las plantas son estériles quiere decir que la línea es homocigótica recesiva. 3) Cuando la mitad de las plantas es fértil y la otra mitad es estéril, quiere decir que la línea fértil usada es heterocigótica.

Los híbridos (CxP4PL7)X P7-1 y (CxP10PL4)X P7-1, resultaron 100% estériles, por lo que la línea macho P7-1 es no restauradora de la fertilidad masculina. El híbrido (CxP4PL7)X P7-1 supera al (CxP10PL4)X P7-1 en características agronómicas y en rendimiento, siendo dos días más precoz el híbrido (CxP4PL7)X P7-1. Otro de los híbridos que resultaron androestériles es el híbrido (CxP7PL7)X 242-4, por lo que la línea 242-4 no posee capacidad restauradora de la fertilidad masculina y expresó un rendimiento bueno con 9 384

kg/ha. (Cuadro 1). La línea EHS-3-6 no es restauradora de la fertilidad masculina debido a que el híbrido (CxP4PL7)X EHS-3-6 resultó androestéril. Otra línea no restauradora de la fertilidad masculina fue la 242-3, que es progenitor para los híbridos (CxP4PL7) X242-3 y (CxP4PL7)X 242-3.

La línea EHT-9-6, la cual fue progenitora para los híbridos (CxP4PL7) X EHT-9-6 y (CxP10PL4) X EHT-9-6, produjo híbridos parcialmente estériles en un 20 y 48% respectivamente. El híbrido (CxP4PL7) X EHT-9-6 fue de los más precoces de los híbridos evaluados, con 73 días a floración masculina y 76 días a floración femenina. Otra línea parcialmente restauradora de la fertilidad masculina fue la EHT-30-5, la misma que es progenitora del híbrido (CxP5PL3) X EHT-30-5, el

**Cuadro 1.** Resultados del ciclo P-V 1995 para las variables porcentaje de plantas fértiles y estériles, número de días a floración masculina y femenina y rendimiento en el ensayo de androesterilidad en híbridos de maíz para Valles Altos. Cuautitlán, México.

Genealogía	Rendimiento (kg/ha)	Porcentaje de plantas		Días a floración	
		Fértiles	Estéril	Masc.	Fem.
(CxP7PL7) EHT-1-5	14 119	0	100	77	80
(CxP7PL7) P2-1	13 383	100	0	82	83
(CxP10PL4) P2-1	13 256	100	0	77	85
(CxP7PL4) EHT-29-2	13 186	0	100	83	83
(CxP7PL7) EHT-29-2	12 160	0	100	82	83
(CxP10PL4) 43-1	12 604	0	100	77	82
(CxP10PL4) 43-1	10 513	0	100	80	80
(CxP4PL7) EHT-21-4	12 337	0	100	80	85
(CxP4PL7) EHT-21-4	8 684	0	100	80	83
(CxP4PL7) 241-4	12 295	0	100	75	80
(CxP5PL3) 241-4	10 224	0	100	80	82
(CxP7PL7) EHT-11-4	12 236	0	100	82	83
(CxP3PL3) EHT-50-8	12 100	0	100	75	82
(CxP4PL7) EHT-9-6	12 061	80	20	73	76
(CxP10PL4) EHT-9-6	11 231	52	48	73	76
(CxP10PL4) 43-3	11 541	0	100	80	83
(CxP5PL3) IA49-2	11 499	100	0	91	95
(CxP4PL7) IA49-2	7 810	100	0	89	94
(CxP3PL3) 64-2	11 479	0	100	82	82
(CxP4PL7) P7-1	11 029	0	100	77	80
(CxP10PL4) P7-1	10 452	0	100	77	82
(CxP3PL3) EHT-29-1	10 844	100	0	77	83
(CxP4PL7) IA49-1	10 704	100	0	89	95
(CxP5PL3) 243-3	10 273	0	100	80	82
(CxP5PL3) EHT-30-5	9 789	52	48	76	82
(CxP7PL7) 242-4	9 384	0	100	76	82
(CxP4PL7) EHS-3-6	9 242	0	100	73	80
(CxP4PL7) EHT-49-3	8 985	100	0	80	85
(CxP7PL4) EHT-49-3	6 802	100	0	80	83
(CxP4PL7) 242-3	8 975	0	100	73	80
(CxP4PL7) 242-3	8 099	0	100	77	80
(CxP10PL4) 42-5	8 688	0	100	75	80

cual tuvo un 52% de fertilidad, un rendimiento de 9789 kg/ha, 82 días a floración femenina y 76 días a masculina, la altura de planta fue de 235 cm y la de mazorca 136 cm. Cuando los híbridos son 100% fértiles, como: (CxP7PL7) X P2-1 y (CxP10PL4) X P2-1, al tener como progenitor masculino a la línea P2-1, con capacidad restauradora de la fertilidad masculina. Para la variable rendimiento los híbridos (CxP7PL7) X P2-1 y (CxP10PL4) X P2-1 alcanzan los más altos valores (13383 kg/ha y 13256 kg/ha respectivamente), superados tan solo por el híbrido androestéril (CxP7PL7) X EHT-1-5 que rindió 141199 kg/ha, esto es natural debido a que, parte de la energía destinada a producir polen en híbridos androestériles se va hacia la producción de grano. Es importante resaltar que éstos híbridos superan numéricamente en rendimiento a 20 híbridos androestériles (Cuadro 1).

La línea IA49-2 generó los híbridos (CxP5PL3) x IA49-2 y (CxP4PL7) x IA49-2, 100% fértiles, lo que indica que posee capacidad restauradora de la fertilidad masculina, esto reviste gran importancia debido a que es progenitora del híbrido PUMA 1157, el cual fue liberado junto con Puma 1159 y compite con los maíces comerciales de la zona de transición (1800-2200 msnm) de diversas empresas semilleras (Solano *et al.* 1996).

El híbrido (CxP3PL3) X EHT-29-1 resultó 100% fértil, por lo que su línea progenitora EHT-29-1 es restauradora de la fertilidad masculina, La línea IA49-1, hermana de la IA49-2, como se esperaba también es restauradora de la fertilidad masculina, ya que el híbrido (CxP4PL7) x IA49-1 para el cual es progenitor masculino resultó 100% fértil y con un rendimiento de 10704 kg/ha. Los resultados señalados se confirmaron con la evaluación hecha en 1996, donde los materiales con fertilidad restaurada volvieron a mostrar esta característica (Cuadro 2). De esta manera, las líneas P2-1 y EHT-49-3, que en el ciclo anterior se habían identificado como restauradoras de la fertilidad, confirmaron su capacidad restauradora, ya que generaron híbridos 100% fértiles en todos los casos en que participaron como progenitores masculinos, además presentan los más altos rendimientos, como el híbrido UHS95E0123 X P2-1, el cual superó a todos los híbridos evaluados, presentando un rendimiento de 12230 kg/ha, lo cual indica que además de ser restauradora de la fertilidad masculina, genera híbridos con excelentes rendimientos (Phoelman 1990, Jugenheimer 1990). La línea EHT-49-3, también generó híbridos con excelente rendimientos.

En general los híbridos evaluados fueron precoces (característica muy deseable en Valles Altos) y presentan sincronía a floración. El testigo comercial H-135 resulta ser el más tardío, por presentar el mayor número

**Cuadro 2.** Condición de fertilidad y comparación de medias (Tukey 0,05 de probabilidad) de rendimiento, floración masculina y femenina, del ensayo de androesterilidad en Valles Altos, Primavera-verano, 1996. Cuautitlán, México.

Híbrido	Rendimiento (kg/ha)	Condición de fertilidad
UHS95E0123 X P2-1	12 230 a	Fértil
UHS95E0131 X EHT-49-3	11 645 ab	Fértil
UHS95E0108 X EHT-49-3	11 593 ab	Fértil
UHS95E0115 X EHT-49-3	11 354 abc	Fértil
UHS95E0126 X EHT-49-3	10 521 abcd	Fértil
UHS95E0132 X EHT-49-3	10 380 abcd	Fértil
UHS95E0107 X EHT-49-3	10 283 abcd	Fértil
UHS95E0111 X EHT-49-3	10 143 abcd	Fértil
UHS96E0247 (TESTIGO)	10 116 abcd	Fértil
UHS95E0101 X EHT-49-3	10 049 abcd	Fértil
UHS95E0115 X EHT-11-1	9 914 abcd	Parcialmente
UHS95E0109 X EHT-11-1	9 872 abcd	Estéril
PUMA 1157 (TESTIGO)	9 863 abcd	Fértil
UHS95E0129 X EHT-49-3	9 861 abcd	Fértil
UHS95E0115 X EHT-9-6	9 717 abcd	Fértil
UHS95E0113 X EHT-11-1	9 545 abcd	Fértil
UHS95E0123 X EHT-49-3	9 539 abcd	Fértil
UHS95E0108 X EHT-11-1	9 445 abcd	Estéril
UHT96E0246 (TESTIGO)	9 321 abcd	Fértil
UHS95E0119 X EHT-49-3	9 177 abcde	Fértil
UHS95E0101 X EHT-11-1	9 057 abcde	Parcialmente
UHS95E0105 X EHT-49-3	9 057 abcde	Fértil
UHS95E0104 X EHT-9-6	9 055abcde	Parcialmente
UHS95E0122 X EHT-49-3	9 032 abcde	Fértil
UHS95E0104 X EHT-11-1	9 009 abcde	Estéril
UHS95E0101 X P2-1	8 931 abcde	Fértil
UHS95E0110 X EHT-11-1	8 785 abcde	Estéril
UHS95E0118 X EHT-11-1	8 731 abcde	Fértil
UHS95E0117 X EHT-49-3	8 672 abcde	Fértil
UHS95E0108 X EHT-30-5	8 639 abcde	Fértil
UHS95E0125 X EHT-9-6	8 612 abcde	Fértil
UHT96E0242 (TESTIGO)	8 510 abcde	Fértil
UHT96E0245 (TESTIGO)	8 449 abcde	Fértil
UHS95E0107 X EHT-9-6	8 332 abcde	Fértil
UHS95E0119 X EHT-9-6	8 244 abcde	Parcialmente
UHS95E0109 X EHT-30-5	8 200 abcde	Fértil
UHS95E0110 X EHT-49-3	8 199 abcde	Fértil
UHT96E0244 (TESTIGO)	8 190abcde	Fértil
UHS95E0130 X EHT-30-5	8 149 abcde	Fértil
UHS95E0130 X EHT-49-3	8 131 abcde	Fértil
UHS95E0131 X EHT-30-5	8 094 abcde	Parcialmente
UHT96E0243 (TESTIGO)	8 029 bcde	Fértil
UHS95E0125 X EHT-49-3	7 650 bcde	Fértil
UHS95E0132 X EHT-30-5	7 644 bcde	Parcialmente
UHS95E0111 X EHT-30-5	7 532 bcde	Fértil
H-135 (TESTIGO)	7 498 bcde	Fértil
UHS95E0130 X EHT-9-6	7 287 cde	Fértil
UHS96E0248 (TESTIGO)	6 580 de	Fértil
UHS95E0101 X EHT-30-5	6 501 de	Fértil
UHS95E0117 X EHT-30-5	5 019 e	Fértil
DHS	4149	

de días a floración masculina con 89 días y femenina 94 días, lo cual lo hace estadísticamente diferente a todos los híbridos evaluados.

Los híbridos que le siguen en precocidad al H-135 son el testigo comercial PUMA 1157, con 84 días a floración masculina y 85 días a floración femenina, compartiendo valores iguales con el testigo experimental UHT96E0242 en floración femenina y con el testigo experimental UHT96E0245 en floración masculina, a su vez estos híbridos son superados en precocidad por 43 híbridos experimentales que se encuentran distribuidos entre los 74 a 82 días a floración masculina y los 75 y 82 días a floración femenina.

## CONCLUSIONES

Se encontraron varias líneas restauradoras de la fertilidad, como P2-1, IA49-2, IA49-1, EHT-29-1 y EHT-49-3, las cuales contienen los genes de la restauración en estado homocigótico, ya que generaron híbridos 100% fértiles. Las líneas EHT-11-1, EHT-30-5 y EHT-9-6, tienen capacidad que restaura la fertilidad masculina, sin embargo ésta probablemente está en situación heterocigótica, ya que generaron híbridos parcialmente fértiles. Los híbridos que resultaron androesteriles, y que presentaron buenas características agronómicas, podrían ser utilizados para formar híbridos trilineales con las líneas que se identificaron con capacidad restauradora de la fertilidad masculina. Las líneas EHT-49-3 y P2-1, confirmaron su capacidad restauradora de la fertilidad masculina, infiriéndose que se encuentran en condición homocigótica. Además estas líneas generan híbridos con buen potencial agronómico, por los altos rendimientos alcanzados de 8 a 12 ton/ha que superan numéricamente a los testigos comerciales PUMA 1157 y H-135. Las líneas EHT-11-1, EHT-30-5 y EHT-9-6, confirmaron su capacidad restauradora de la fertilidad masculina al generar híbridos parcialmente fértiles, lo cual podría significar que posee esta capacidad de restauración, pero en estado heterocigótico, por lo que presentan segregación, y deben ser utilizadas bajo un esquema especial, sin embargo debido a que producen híbridos con buen potencial agronómico deben ser aprovechadas. Las líneas IA49-

2, IA49-1, EHT-49-3 y P2-1, al mostrar en ambos ciclos la capacidad restauradora de la fertilidad masculina al 100%, resultan de importancia, ya que no requieren de un esquema especial de producción para ser utilizadas como restauradoras, además algunas de estas líneas fueron progenitoras de híbridos con buenas características agronómicas dentro de los cuales se incluye al PUMA 1157. El uso de líneas con la característica esterilidad masculina así como otras con capacidad restauradora, son una buena alternativa para la producción de semilla híbrida de maíz, se incrementan los rendimientos, se disminuyen los costos y lo más importante se mantiene la calidad genética de los híbridos

## LITERATURA CITADA

- AIRY, J. M.; TATUM, L. A.; SORENSON, J. W. 1978. La producción de semillas, producción de semilla híbrida de maíz y sorgo para grano. *In*: Anuario Estadístico de Semillas. Traducido por Antonio Marino y Pánfilo Rodríguez. Editorial C.E.C.S.A. México. pp. 274-285.
- CURTIS, D. L. 1983. Algunos aspectos de la producción de semilla de *Zea mays* L. (Maíz) en E.U.A. *In*: Producción Moderna de Semilla. Tomo II. (Trad. Federico Stanham). Ed. Agropecuaria Hemisferio Sur S. R. L. Uruguay. pp. 467-479.
- FEISTRITZER, W.P.; BRADLEY, R.; OGADA, F. 1983. Producción y recolección de semillas. *In*: Colección FAO. Tecnología de la Semilla de Cereales. FAO. Italia. p.63.
- JUGENHEIMER, R. W. 1990. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semilla. Noriega Limusa. México. pp. 150, 489-502, 591-601.
- PÉREZ, A. R. 1964. Restauración de la fertilidad por maíces mexicanos en la fuente T de esterilidad citoplasmática masculina. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados Chapingo. México pp. 5-7
- PHOELMAN, J. M. 1987. Mejoramiento genético de las cosechas. Limusa. México. pp. 278-280.
- SÁNCHEZ E., A. 1988. Producción de semillas de maíz híbrido. *In*: Producción y manejo de semillas. SARH. Tamaulipas-Norte. pp. 57-61.