



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**“EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE HÍBRIDOS FÉRTILES,  
NORMALES DE FERTILIDAD RESTAURADA Y  
ANDROESTÉRILES DE MAÍZ (*Zea mays* L.) DE VALLES  
ALTOS”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÍCOLA  
PRESENTA:

DOLORES SALAZAR HERNÁNDEZ

ASESORES: M.C. MARGARITA TADEO ROBLEDO  
DR. ALEJANDRO ESPINOSA CALDERÓN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A los campesinos del mundo.

Los legítimos profesores, los que enseñan sin títulos, pupitres y malicias académicas.

A los campesinos, que sin burocracia y sin hipocresía permiten el aprendizaje y su reproducción del saber sin derechos de autor.

A los campesinos, que sin publicaciones técnicas brindan herramientas prácticas y saben perdonar la deformación académica, la traición y la inexperiencia de las universidades agrarias.

A los campesinos, que sin medir esfuerzos son solidarios en cualquier momento que se necesiten.

A los campesinos, que todavía resisten para no dejarse quitar y expulsar de su tierra.

A los campesinos, que con valor y gallardía todavía no se dejan joder del Estado y de los burócratas del agro.

A ellos, los campesinos, a los que no se les conoce la corrupción, los que construyen patria sin raponerías y sin ser politiqueros.

A los que el silencio los premia con la sabiduría para producir lo más sagrado, los alimentos.

A los que construyen la esperanza de una nación libre y soberana para las generaciones futuras, sin robarles nada, a cambio del olvido.

A los que todavía creen, sueñan y construyen utopías de ojos abiertos desde el campo.

A los que construyen el canto de la libertad cuando siembran y cosechan.

A los que con sus propias manos desde los cultivos, construyen las estrofas del himno de la independencia.

A todos ellos, los campesinos del mundo, fuentes de inspiración y solidaridad en los momentos más difíciles de peregrinación de pueblo en pueblo.

A ellos, los escogidos para reproducir el milagro y la perpetuación de la vida, a través de sus manos y semillas nativas, todavía no mutiladas y secuestradas.

A ellos, que con su silencio y arte, recrean y cuidan la vida, preparando la tierra para regresar a ella.

## **AGRADECIMIENTOS:**

A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán y en particular a la Carrera de Ingeniería Agrícola.

Al Dr. Alejandro Espinosa Calderón y a la M.C. Margarita Tadeo Robledo que me dieron la oportunidad de formar parte de su equipo.

A todos y cada uno de los miembros del jurado por sus acertadas correcciones y así lograr un buen trabajo.

Al Ing. Rafael Martínez Mendoza quien siempre me impulso a seguir con este trabajo y no darme por vencido a pesar de las dificultades que se presentaron.

Al Ing. Gerardo Noriega Canales por estar siempre presentes en los trabajos de campo que aunque era divertido no dejaba de ser cansado.

Al Ing. Cosme Tellez que aunque posteriormente se presentaron algunos problemas en este andar de la vida no deja de ser pieza fundamental en el funcionamiento de este gran equipo de trabajo para llegar a concretar muchos proyectos de investigación a todos ustedes mil gracias por toda la ayuda que me brindaron.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) que a través de Programas de Apoyo a proyectos de investigación logre llevar a cabo esta investigación.

A ti Yazmín que siempre me ayudaste a superar las dificultades que se presentaron durante mi estancia en la Universidad. Gracias por compartir todos estos años de tu vida y tratar de lograr nuestros sueños juntos.

A mis papás que nunca permitieron que me diera por vencido y enseñarme todos los valores del bien y preocuparse por mi educación aunque la situaciones de carencias eran muy difíciles de superar pero ustedes nunca dejaron de luchar hasta ver a toda la familia que pudiera valerse por si mismo.

A mis hermanos que siempre me dieron ánimos para seguir adelante en los momentos más difíciles y a todos aquellos que he omitido involuntariamente, pero que de alguna manera u otra, siempre los tengo presentes.

Y por ultimo, pero no por eso menos importante, al pueblo de México por contribuir a mi formación y hacerme sensible a los problemas del país.

**¡MIL GRACIAS A TODOS!**

## DEDICATORIA

Con gran admiración y respeto a dos seres que más quiero en este mundo: mis Padres, Petra Hernández Segundo y Antonio Salazar Sostenes, por haberme dado la vida y apoyarme de manera incondicional.

A mis hermanos Jesús, Félix, Flor, Guille, Ramiro, Tina, Ángel y Nicolás.

A mi abuelita Maria de Jesús.

A mis amigos de la generación 27, en especial a Gerardo, Oswaldo, Rene, Israel, Noelia, Daniela.

A mi amigo Ing.: Gustavo Huitron

A mi amigo Jerónimo Hernández

Con todo mi amor y cariño a ti Yazmín por compartir tu vida conmigo.

# INDICE

CONTENIDO	PAGINA
Índice	i
Resumen	ii
I introducción	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Hipótesis	3
II Revisión de literatura	4
2.1 Causas de la androesterilidad	6
2.2 Androesterilidad génica	6
2.3 Androesterilidad citoplasmática	7
2.4 Androesterilidad génica-citoplasmática	9
2.5 Métodos de producción de semilla híbrida	10
2.6 Producción de semilla con progenitores de fertilidad normal	10
2.7 Producción de semilla con progenitores androestériles	13
2.8 Mezclas de semilla fértil y androestériles	14
2.9 Genes restauradores de la fertilidad	15
III Materiales y Métodos	20
3.1 Localización	20
3.2 Condiciones ambientales	20
3.3 Material genético	21
3.4 Diseño experimental	22
3.5 Análisis Estadístico	23
3.6 Manejo agronómico	23
3.7 Variables a evaluar	24
IV Resultados y Discusión	29
V Conclusiones	38
VI Bibliografía	40

## RESUMEN

La androestérilidad en la producción de semillas tiene como ventajas mejorar la calidad genética y aumentar los rendimientos, ya que parte de la energía que la planta utiliza para la producción de polen la desvía hacia la producción de semilla. Para la utilización de la androestérilidad en la producción de semillas es necesario contar con tres tipos de líneas A (líneas androestériles), B (líneas mantenedoras) y R (líneas restauradoras de la fertilidad).

El presente trabajo se realizó con el fin de evaluar la productividad de híbridos fértiles normales, de fertilidad restaurada y androestériles de maíz (*Zea mays* L.) De Valles Altos.

El experimento se llevó a cabo en el ciclo primavera verano de 2005 , en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM, en donde se sembraron 20 genotipos de los cuales 10 son híbrido comerciales y 10 híbridos que se están en fase experimental para su posterior liberación.

Las variables evaluadas fueron número de plantas fértiles y androestériles, así como días a floración femenina y masculina, rendimiento por cada genotipo, entre otras.

Se utilizó un diseño bloques completos al azar con tres repeticiones, bajo condiciones de punta de riego, la fecha de siembra fue el 8 de junio de 2005, aplicando un riego de siembra y posteriormente se completó la humedad con la precipitación pluvial, es decir con el temporal.

El tamaño de parcela fue de un surco de cinco metros de longitud. La siembra se hizo en surcos con separación de 0.80 m, depositando tres semillas por sitio cada 0.50 m aclareando posteriormente a dos y tres plantas por mata (62 500 plantas por hectárea).

Se llevo a cabo un análisis de varianza y una comparación de medias por el método de Tukey, al 0.05 de significancia.

En base a los resultados obtenidos en el ensayo se puede concluir lo siguiente.

- 1.- Se detectó que el genotipo con mayor rendimiento es el PUMA 1181 con 13,945 kilogramos por hectárea y que es un material de fertilidad normal.
- 2.- Se determino que la línea de condición androesteril 244AEXIA49 es el material que expreso un rendimiento que supero en 24.2 % a la versión fértil, de la cruza trilineal (244X349) X IA49, sin embargo en este caso, podría explicarse el mayor rendimiento en una cierta influencia por la conformación simple, que generalmente es más productiva que la cruza trilineal, pero otra fracción podría explicarse por la androestérilidad.
3. La cruza simple (244AE X IA19), en condición androestéril, con un rendimiento de 11,198 kg/ha, representó 89.1%, con respecto a la versión fértil de la cruza trilineal (244X349) X IA19, que produjo 12,561 kg/ha.

4. En el caso del híbrido H-48, la versión en condición fértil, con 12,411 kg/ha, fue superior, con respecto a tres versiones de híbridos H-48, en condición de androesterilidad, en uno de estos casos, con androesterilidad y fertilidad restaurada.

5. En los casos de los híbridos H-50, (244 X IA91), H-153 F, las versiones fértiles, en los tres casos, fueron superadas en diferentes porcentajes, por las versiones androesteriles, lo que es un comportamiento que ya se ha reportado.

6. El uso de líneas con la característica de esterilidad masculina, así como materiales de fertilidad restaurada, son una buena alternativa para la producción de semilla híbrida de maíz, se incrementan los rendimientos, se disminuyen los costos de producción y lo más importante se mantiene la calidad genética de los híbridos.

## **I.-INTRODUCCIÓN.**

En Ingeniería Agrícola de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC-UNAM), desde 1992, se trabaja con la incorporación de características de androesterilidad tipo C, a progenitores de híbridos de maíz de Valles Altos, de esta manera se ha logrado contar con versiones androestériles de algunos de los híbridos desarrollados en la propia FESC-UNAM, en este sentido se han obtenido híbridos como Puma 1075, Puma 1076, liberados en 1999, con ventajas agronómicas para condiciones de temporal y punta de riego en los Valles Altos (Tadeo *et al.*, 2003), se han convertido a su versión con esquema de androesterilidad para producción de semillas, con la ventaja de prescindir del desespigamiento en el proceso de producción de semilla (Tadeo *et al.*, 2004).

En forma paralela al desarrollo de nuevos híbridos normales, así como su conversión hacia androesterilidad, mediante cruces de prueba de los materiales androestériles, con líneas sobresalientes, en años anteriores, se lograron identificar algunas líneas progenitoras con capacidad restauradora de la fertilidad (Solano; Tadeo *et al.*, 1999). Después de verificar y confirmar la característica de restauración, esta capacidad restauradora fue incorporada a los progenitores más importantes para no tener que recurrir a la mezcla de semilla fértil y androestéril, para la distribución de semilla comercial con agricultores.

Se considera que las versiones de híbridos androestériles (combinación de semilla fértil y androestéril), así como otros de fertilidad restaurada, podrían ser una alternativa importante para favorecer la producción de semilla, al apoyar la obtención de calidad genética, sin embargo un paso indispensable es verificar la capacidad productiva de

cada uno de estos híbridos, en sus diferentes versiones (fértil, androestériles y fertilidad restaurada).

Los últimos 25 años la necesidad de elevar la productividad los cultivos básicos de mayor importancia en México como son maíz, frijol, trigo, arroz y otros como sorgo, papa, es imperiosa ya que se recurre de manera constante a la importación de grandes volúmenes, se reconoce que cada año se importan más de seis millones de toneladas de maíz, hasta ocho millones de toneladas de grano entero, así como otro volumen de grano quebrado (3 millones de toneladas), cada vez se necesitan mayores cantidades de frijol, arroz, trigo, soya, entre otros granos. Para elevar la producción no hay duda que es fundamental el uso de variedades mejoradas y por consecuencia semilla certificada de excelente calidad, ya que este insumo es altamente estratégico, al incidir de forma positiva en la producción (Espinosa *et al.*, 2003).

El uso por si solo de mejores variedades puede ayudar a elevar la producción en casos donde la limitante fundamental se debe al factor genético. Pero aun así, en la mayoría de los casos se asigna a la semilla el 60% de responsabilidad en el resultado final de la producción de una parcela. Por ello es fundamental promover un mayor uso de semilla certificada de las variedades mejoradas disponibles con lo cual la producción también debe incrementarse.

En este trabajo se evalúa la productividad de algunos materiales de maíz en las diferentes versiones, fértil, androestéril, con los siguientes objetivos:

### **1.1. Objetivos.**

1. Determinar la capacidad productiva de diferentes híbridos simples y trilineales de maíz, por su conformación y expresión genética fértil, androestéril o de fertilidad restaurada.

2. Definir las diferencias en híbridos de maíz trilineales y simples, producto de su característica de fertilidad o androestérilidad.
3. Determinar la productividad de nuevos híbridos de maíz, con respecto a los testigos empleados y recomendados en Valles Altos.

## **1.2. Hipótesis**

1. La capacidad productiva de diferentes híbridos simples y trilineales de maíz, depende de su conformación y expresión genética, fértil, androestéril o de fertilidad restaurada.
2. Las diferencias en híbridos de maíz trilineales y simples, son producto de su característica de fertilidad o androestérilidad, exhibiendo mejor productividad los materiales androestériles con respecto a los fértiles.
- 3.-Los nuevos híbridos de maíz, superan en productividad a los testigos empleados y recomendados en Valles Altos.

## **II.-REVISIÓN DE LITERATURA**

Por la importancia de la androestérilidad en la producción de semilla híbrida en los cultivos de maíz, sorgo, girasol y en los últimos años en especies autógamas como son trigo y arroz, se presenta información relacionada con los trabajos que se iniciaron en 1992 en Ingeniería Agrícola de la FESC, UNAM, posteriormente a partir de las fuentes

de androestérilidad desarrolladas en la cátedra de investigación denominada “Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Cultivos Básicos” se trabaja en algunos híbridos del INIFAP.

El empleo de la androestérilidad en el progenitor femenino facilita la producción de semilla híbrida. Este esquema dejó de utilizarse por las empresas de semillas después de 1970 por el uso único y generalizado de la fuente de esterilidad cms-T debido a la susceptibilidad a la enfermedad del tizón foliar causado por el hongo *Helminthosporium maydis* raza T, que ocasiono una epifitía en 90% del maíz con cms-T en la faja maicera de USA. A fines de los años 70 y comienzo de los 80, con nuevos tipos de cms y fuentes de androestérilidad masculina (principalmente los tipos C y S), fue retomada esta practica.

Actualmente los tipos c y s están siendo usados alrededor de un 20 y 30% del área de producción de semilla en USA, se han diversificado las fuentes de esterilidad para no depender de una sola y evitar la incidencia de enfermedades.

El uso de semilla certificada es escaso en los valles altos de México (6%) en la zona de Transición (45%) requiriéndose híbridos de alto potencial de rendimiento además de facilitar el incremento de semilla de calidad. Para mantener la calidad genética en la producción de semilla es necesario efectuar oportuna y adecuadamente el desespigue en ello se invierten de 24 a 50 jornales por hectárea, una posibilidad para facilitar la producción de semilla híbrida, es el uso de la androestérilidad, lo cual sería una ventaja para promover la producción y uso de semilla, y ayudar al abasto de semillas ante el cierre de la PRONASE, ante ello el INIFAP ofrece el esquema completo de androestérilidad para los híbridos H-48 AE, H-50AE y H-153 AE.

El uso del esquema androestéril disponible, puede ser empleado por empresas de semillas, asociaciones de productores, así como interesados en establecer empresas de semillas en baja escala, para abastecer localmente semilla de estos materiales en localidades del Valle de México, Valle de Puebla, Temascalcingo, Valle de Toluca y otros sitios ubicados entre 1800 a 2600msnm. El INIFAP cuenta con un programa de incremento de semilla registrada para tratar de atender la demanda semilla de empresas y asociaciones de productores interesados en producir semilla certificada de estos materiales.

La semilla registrada androestéril de los híbridos H-48AE, H-50 AE y H-153 AE, tiene un costo similar a la semilla de fertilidad normal, por lo cual semilla certificada deberá mantener su precio para el agricultor, el cual es inferior a otros híbridos. Se estima que el uso extensivo de material androestéril, apoyará la difusión y adopción de semilla, la diferencia de H-48 AE, H-50 AE y H-153 AE, los cuales superan de 800 a 1500 Kg. a las variedades contra las que se comparan, H-33 y H-311 respectivamente. Los productores de semilla pueden esperar rendimientos de 4.5 a 6.0 ton/ha de semilla comercial, con la facilidad de ofrecer con seguridad semilla de calidad genética por la aplicación y uso de la androestérilidad.

## **2.1. Causas de la androestérilidad**

La androestérilidad o también llamada esterilidad masculina según Allard (1978), López (1995) y Chávez (1993), es la incapacidad de las plantas para producir gametos masculinos funcionales y su causa estriba en ciertas aberraciones cromosómicas, acciones génicas o influencias citoplásmicas que producen el aborto o modificación de

estambres, o que impide el desarrollo del polen. Así mismo Besnier (1989), agrega que la androestérilidad es la consecuencia de la interacción entre el citoplasma y unos genes nucleares; esta interacción produce dos tipos de androestérilidad, la génica y la citoplásmica. Aunque existen ejemplos de androestérilidad puramente citoplásmica esporádicamente, tanto en especies alógamas como en autógamias; esto se debe a que la esterilidad masculina es de carácter recesivo en contraste con la fertilidad que es dominante y de herencia simple (Reyes, 1985).

## **2.2. Androestérilidad génica**

Chávez (1993) menciona que este tipo de androestérilidad está controlado por un solo gen localizado en los cromosomas (núcleo) casi siempre es recesivo y de herencia simple; Besnier (1989) agrega que la androestérilidad depende de la presencia de un par de alelos ( $M_s/m_s$ ). El control de la expresión génica es de tipo esporofítico, es decir, que depende del genotipo diploide de la planta; esto implica que en las plantas heterocigóticas ( $M_s/m_s$ ), todos los gametos son funcionales mientras que en las plantas homocigóticas ( $m_s/m_s$ ) el polen es estéril, pero los gametos femeninos son funcionales, por lo tanto Chávez (1993) dice que es necesario que se presente forma homocigótica para que exprese la androestérilidad; de lo contrario tendremos todos los individuos fértiles por efecto de dominancia, ya que siempre se tendrán individuos heterocigotes (Chávez, 1993).

## **2.3. Androestérilidad citoplásmica**

Rhodes (1931, 1933, 1951), citado por Jugenheimer, (1990), describió la esterilidad citoplásmica en maíz. Este tipo de esterilidad evita que las espigas produzcan polen

funcional. Se trasmite a través del citoplasma de las células germinales, y no a través de los cromosomas como ocurre en la mayoría de los caracteres.

Según Reyes (1990) y Gardner (1976), la Androestérilidad citoplasmática, está controlada por plasmagenes que existen en el citoplasma, por lo que es de herencia únicamente materna y solo afecta al polen causando aborto; el resto de la planta es normal.

Los plasmagenes se cree que están localizados en los plastidios o mitocondrias los cuales pasan al gameto femenino durante su formación, pero no al masculino. La existencia de diversos plasmagenes da lugar a la aparición de diferentes plasmátipos, es decir citoplasmas inductores de la androestérilidad, los cuales difieren en algunas características. Esto es una ventaja para efectos de producción de semilla híbrida ya que uno de los graves inconvenientes del uso de este tipo de androestérilidad es la susceptibilidad a enfermedades que puede presentar un plasmatispo, como sucede en el maíz con el plasmatispo Texas (T) que es susceptible a *Helminthosporium maydis* y a *Phyllosticta*; ésto originó una epidemia de graves consecuencias en E.U. en 1970. Lo que provocó un desuso de esta fuente de esterilidad y posteriormente condujo a la utilización de otros plasmatispos como el C y S. L a aparición de plasmatispos inductores de la androesterilidad pueden tener lugar de tres formas distintas: Mutación de plasmagenes y finalmente hibridación interespecífica en la que el citoplasma de una determina especie vegetal, se introduce genéticamente en el núcleo de otra. De este último origen (aloplasma) son: los plasmatispos androestériles en trigo y repollo (Besnier, 1989).

Nakashima y Sadaji (1974), supone que una de las causas de la androestérilidad, es la insuficiencia de translocación de fotosintatos desde el raquis hacia las anteras y en estudios más recientes Grierson y Simon (1991), agrega que el aborto de polen se origina en una de las diferentes fases entre la meiosis y la mitosis de la microspora. En todos los ejemplos examinados hasta ahora, la androestérilidad está determinada por genes presentes en la mitocondria y puede modificarse por genes nucleares restauradores (Rf).

Existen varios conjuntos de pruebas que ligan la androestérilidad en el maíz con las mitocondrias: 1) la microscopía electrónica demuestra que la degeneración de las mitocondrias es uno de los procesos iniciales en el aborto de polen, 2) las mitocondrias en las plantas masculinas estériles sintetizan *in vitro* proteínas diferentes de las sintetizadas por mitocondrias de plantas masculinas fértiles; 3) los ADN mitocondriales de las plantas masculinas estériles y normales son diferentes (Grierson y Simon 1991). Existen variaciones en la organización de la secuencia y el contenido y expresión del ADN mitocondrial de líneas de maíz de machos fértiles y estériles. En algunos casos estas variaciones, se asocian con la expresión del fenotipo de androestérilidad (Grierson y Simon 1991).

#### **2.4. Androestérilidad génica-citoplasmática**

La androestérilidad génica-citoplasmática depende de la interacción de un gen nuclear recesivo con un plasmagén (citogén), de tal manera que el factor recesivo (rf) para androestérilidad produce su efecto en forma homocigota (rfrf), y en presencia del citoplasma que posee el plasmagén para esterilidad masculina (Chávez), 1993).

De tal manera que si:

- N (Citoplasma normal)
- E (Citoplasma estéril)
- RfRf= Restaurador de la fertilidad en un 100%
- N RfRf = Genotipo fértil restaurador de la fertilidad en un 50%
- N rfrf = Genotipo fértil no restaurador de la fertilidad
- E RfRf = Genotipo fértil restaurador de la fertilidad en un 100%
- E Rfrf = Genotipo fértil restaurador de la fertilidad en un 50 %
- E rfrf= Genotipo estéril no restaurador de la fertilidad

## **2.5. Métodos de producción de semilla híbrida**

La semilla híbrida de maíz se obtiene del cruzamiento de dos parentales, uno hace la función de polinizador y el otro de portasemilla, en este último, antes de la floración debe ser cortada la inflorescencia masculina, (Bartolini, 1990).

Es por esto que en la producción de semilla híbrida de maíz el problema fundamental es el control de la polinización, ya que debe colocarse polen funcional de la planta macho sobre los estigmas receptivos de la hembra, en el momento oportuno.

Generalmente, hay que protegerse contra una posible autofecundación y también contra cruzamiento con otra clase de polen no deseado.

Por lo que se han diseñado dos métodos de producción de semilla, mismos que a continuación se describen:

### **2.5.1 Producción de semilla con progenitores de fertilidad normal.**

Cuando se produce semilla con progenitores de fertilidad normal generalmente los campos son sembrados alternando surcos de macho por seis de hembra (Airy, et.,

1975), aunque esto puede variar dependiendo principalmente de la abundancia del polen producido por el progenitor masculino (Jugenheimer, 1990), ya que esto no es productiva, se debe cultivar la menor cantidad de plantas posibles, pero es importante que se produzca el polen suficiente, para asegurar una fertilización completa (Thomson, 1979).

Los campos de producción de semilla deben ser aislados por una distancia mínima de 183 metros de cualquier otra fuente de polen de maíz y 4 surcos marginales del progenitor masculino; si el aislamiento es de 247 metros o más, el número de surcos de bordo puede reducirse, pero si la distancia se acorta el número de surcos puede aumentar hasta 8 (Feistritzer, *et al*, 1993).

Los campos de producción de semilla, también deben ser inspeccionados antes del desespigamiento, unos 30 a 40 días después de la siembra con el fin de descubrir deficiencias de aislamiento corregirlas si es posible o dar de baja el lote de producción (Svensson, *et al*, 1983).

Asegurando el aislamiento, antes de que se produzca la antéesis se procede a la operación de la depuración, que consiste en la eliminación de plantas fuera de tipo, tanto en plantas utilizadas como hembra o como machos. La inflorescencia masculina en el progenitor femenino debe ser eliminada antes de la floración o maduración de polen (Bartolini, 1990). Importa insistir que esto se hace con el interés de conservar la pureza y la estabilidad genética de la semilla (Feistritzer, *et al*, 1993).

Si el arrancado manual de la espiga se hace demasiado pronto, una de las hojas pueden eliminarse con la espiga, o puede romperse la espiga y no ser eliminada por completo, dejando flores que puede abrirse y desprender polen (Thomson, 1979). Esto

deberá evitarse; la pérdida de hojas reducirá el rendimiento de semilla y la eliminación incompleta de la espiga requiere trabajo adicional. Cuando se han arrancado de 90 a 95% de las espigas, probablemente sea más económico eliminarlas de las plantas restantes en una sola vez, aun cuando sea necesario arrancar varias hojas. La pérdida de rendimiento por el arrancamiento de las hojas en un porcentaje tan pequeño de plantas estaría más que compensado por el ahorro de tiempo. Las espigas de los hijos o retoños no deberán pasarse por alto. Pueden arrancarse las puntas, sin importar la pérdida de una o dos hojas. El rendimiento se reducirá un poco si se eliminan los hijos, pero es cuestionable si la reducción del rendimiento es de mayor valor que el tiempo adicional necesario para un desespigamiento más cuidadoso (Jugenheimer, 1990).

En diferentes estudios se ha encontrado que el desespigamiento manual es laborioso y costoso, ya que se requiere de un gran número de personas que trabajen en el desespigamiento durante un tiempo variable que puede ser desde una semana hasta cinco semanas (Jugenheimer, 1990), por lo que se han buscado métodos para el emasculado mecánico los cuales pueden ser bastante eficaces si se les maneja en forma adecuada; sin embargo esto depende de una buena nivelación del terreno (Sánchez, 1988) y de las características que presenten el progenitor femenino como son : la uniformidad de la planta en altura y floración, así como el que la espiga al momento de la emisión del polen no se encuentre envuelta por más de una hoja, ya que el material foliar dañado representa un punto de entrada para enfermedades, además de que diversos estudios señalan que el área foliar que se encuentra por encima de la mazorca tiene un efecto importante sobre la cantidad y calidad de semilla producida (Curtis, 1983;Burris, 1988). El desespigamiento mecánico debe complementarse con el desespigamiento manual para eliminar las espigas omitidas o de maduración tardía. Otra forma de realizar el desespigamiento manual, es utilizando

una plataforma móvil, que empuja sobre los trabajadores realizando la labor (Thomson, 1979).

Independientemente de la forma que se utilice para la labor de desespigue debe hacerse de modo que en un día dado no más de 1% de las espigas del progenitor femenino estén soltando polen. En tres inspecciones cualesquiera la liberación acumulativa del polen no debe exceder del 2% (Airy et al, 1978).

### **2.5.2 Producción de semilla con progenitores androestériles**

La semilla de maíz híbrido puede producirse sin necesidad de realizar la labor de desespigue, mediante la utilización de la androesterilidad (Phoelman, 1990).

Desafortunadamente en México existen muy pocos trabajos para el aprovechamiento de la androesterilidad masculina en la producción de semilla híbrida de maíz, el último de que se tiene reportes es el que realizó Pérez en 1964, donde se clasifican en restauradores y no restauradores de la fertilidad masculina distintas razas mexicanas de maíz y se determinó su probable mecanismo de restauración en la fuente T de esterilidad citoplasmática masculina.

En la producción de semilla híbrida de maíz, con progenitores androestériles por lo que debe convertirse una línea fértil a estéril mediante un programa de cruzamiento, en el cual el progenitor donante es la línea estéril y progenitor recurrente la línea que se desea transformar en estéril, suponiendo que ésta es fértil no restauradora (Márquez, 1988). Esta línea estéril es la que se utiliza como progenitor femenino, donde se produce la semilla (Julén, 1978).

Si una planta de maíz con androesterilidad citoplasmática es polinizada por otra planta fértil normal, pero que no contiene genes restauradores de la fertilidad masculina, la progenie que se produce será androestéril (Phoelman, 1990); por lo que la utilización de la androesterilidad en la producción de semilla, se hace mediante dos métodos (la mezcla y genes restauradores de la fertilidad masculina), para asegurar que en la parcela del productor de grano exista una fuente de polen necesario para asegurar la polinización, fertilización y producción (Phoelman, 1990; Reyes, 1990).

## **2.6. Mezclas de semilla fértil y androestéril.**

La mezcla consiste, como su nombre lo indica, en combinar semilla del híbrido androestéril con el híbrido fértil, esto se logra sembrando parte de la superficie de la producción de semilla con progenitor femenino de fertilidad normal, que requiere de desespigamiento, el cual producirá la semilla fértil y parte con el progenitor androestéril que no requiere desespigue pero la semilla será androestéril; además del progenitor masculino para ambas hembras, el cual no contiene genes de la restauración masculina (Airy, et al, 1978).

Después de realizar la cosecha de los híbridos por separado en donde se hace una clasificación de la semilla por tamaños, para posteriormente llevar a cabo una mezcla satisfactoria de los dos tipos, en una proporción de una parte fértil por dos o tres de estéril (Airy et al, 1978; Phoelman, 1990). La semilla resultante de ésta mezcla es la que se vende a los productores, la que debe asegurar el grado necesario de fertilidad masculina en las plantaciones comerciales (Julén, 1978). Sin embargo la mezcla no sería necesaria mediante la utilización de las líneas masculinas con genes restauradores de la fertilidad (Delorit y Ahlgren, 1986), y en consecuencia ya no sería

necesaria la producción de híbridos con progenitores de la fertilidad normal y la emasculación.

## **2.7. Genes restauradores de la fertilidad**

Una modificación del método de androesterilidad puede hacer innecesaria la mezcla y eliminar así el desespigamiento en la producción de semilla híbrida de maíz (Airy et al, 1978). Sin embargo, se trata de un proceso muy largo y pesado, ya que debe identificarse un gen restaurador de la fertilidad masculina e introducirse al parental masculino por medio de retrocruzas, que solo puede ser controlado por medio de pruebas de descendencia (Phoelman, 1990 y Allard, 1978).

Para manejar la androesterilidad con genes restauradores de la fertilidad en la producción de semilla, debe obtenerse tres tipos de líneas (A, B y R), en donde A y B son líneas genéticamente similares obtenidas a través del retrocruzamiento, a su vez B es línea mantenedora de A, que es estéril. La línea B tiene genes portadores de esterilidad en el núcleo ( $rr$ ), pero su citoplasma es fértil (N); por lo que la planta es fértil y no restaura la fertilidad en líneas androestériles (López, 1988). La tercera línea que se debe obtener, es la que se utiliza para restaurar la fertilidad en líneas androestériles, ya que es portadora de genes restauradores de la fertilidad ( $Rf Rf$ ) (López, 1988). Esta es identificada mediante pruebas de descendencia, las que consiste en cruzar una línea androestéril con una fértil y si la progenie resulta fértil, el genotipo de la planta fértil es restaurador ( $Rf Rf$ ), lo que quiere decir también que los genes de la restauración está en condición homocigótica, por lo que solo se continuara autofecundando para obtener futuras líneas o para mantenerlas e incrementarlas. Pero si la progenie resulta estéril, no sería restaurador ( $rf rf$ ) y los genes de la restauración se encuentran en estado recesivo. Existe un tercer caso en el que la progenie resulta

segregante: la mitad fértiles y la otra mitad estériles, lo cual quiere decir que la planta heterocigótica (Rfrf), y de ellas se puede derivar líneas A y líneas R (Márquez, 1988). Una vez obtenida las líneas A, B y R, se procede a la hibridación, la cual sigue diferentes pasos dependiendo del tipo de híbrido del cual se desea producir semilla. Un híbrido de cruza simple es el que se obtiene del cruzamiento de dos líneas (García, 1960), por lo que el procedimiento que sigue para la producción de semilla híbrida de cruza simple, es muy sencillo y único, ya que solo es necesario cruzar la línea A (androestéril) con la línea R, (restauradora) y se obtiene semilla de un híbrido de cruza simple y fértil, la cual está lista para ser vendida al productor de grano.

Esquemáticamente se presenta así:

Líneas A R Cruza simple AXR (Fértil 100%)
--

Los híbridos trilineales son el resultado de la cruza de un híbrido simple por una línea (García, 1960), por lo que la producción de semilla de éste resulta también sencillo y consiste en cruzar una línea androestéril (A) por una línea fértil (C), pero que no contenga genes de restauración, para así obtener AXC, que es un híbrido simple androestéril que se cruza con R que es restaurador y obtenemos un híbrido trilineal fértil, en un 100%. Se representa en forma esquemática de la siguiente manera:

Líneas A C R Cruza simple AXC (Estéril) Cruza trilineal (AXC) X R (Fértil 100%)
---

A continuación se describen tres de ellos, en dos de los cuales se ha necesitado un desespigamiento en alguna de las etapas de la producción de semilla del híbrido doble. El primero se denomina restaurador simple, el cual consiste en realizar la cruce simple que servirá de progenitor femenino, entre línea androestéril y una línea fértil sin genes de la restauración, el progenitor masculino resulta de la cruce de una línea fértil que requiere de desespigamiento y una línea restauradora de la fertilidad. El híbrido de cruce doble que se obtiene es fértil en un 50%.

Esquema del método restaurador simple:

Líneas A C D R Cruza simple hembra AXC (Androestéril) Cruza simple macho DXR (Fértil) Cruza doble (AXC) X (DXR) 50% Fértil
---

El método restaurador doble de plantas 100% fértiles, al igual que el anterior requiere de desespigamiento en una de las cruces simples. Este método se realiza cruzando A (línea estéril) por C (línea fértil sin genes de la restauración), esta cruce hará la función de hembra en la cruce doble. La cruce simple que se utiliza como macho en el híbrido doble se obtiene de la cruce de dos líneas con genes de la restauración, por lo que se debe realizar el desespigamiento en la hembra de esta cruce simple.

Esquema del método de restaurador doble:

Líneas A C R <sub>1</sub> R <sub>2</sub> Cruza simple hembra AXC (Androestéril) Cruza simple macho R <sub>1</sub> XR <sub>2</sub> (Fértil) Cruza doble (AXC) (R <sub>1</sub> X R <sub>2</sub> ) 100% Fértil
--

Por el último método que no requiere desespigamiento en ninguna de sus etapas, también llamado restaurador simple y de dos líneas androestériles, consiste en cruzar la línea androestéril A por C que es línea fértil, pero sin genes de la restauración, esta cruce tendrá la función de hembra en la cruce doble; para la cruce simple que va a funcionar como macho en el híbrido doble; se cruce D, que es la línea androestéril, con R que es restauradora. Aunque este método es el más eficiente, debido a que elimina completamente el desespigamiento en todas las etapas, se espera tener un 50% de plantas fértiles en el campo del agricultor.

Esquema del método de restaurador simple:

Líneas A C D R
Cruza simple hembra A X C (Androestéril)
Cruza simple macho D X R (Fértil)
Cruza doble (A X C) X (D X R) 50% Fértil

### **III.- MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Localización**

El experimento se desarrollo en la parcela número 7 de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, ubicada dentro del municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México a los 19° 41' 35" de Latitud Norte y 99° 11' 42" de Longitud Oeste, a una altitud de 2252 *msnm* (García, 1973).

#### **3.2 Condiciones ambientales**

En la región se presenta el clima C (wo)(w) b(i') que corresponde al tipo templado, el más seco de lo subhúmedos, con régimen de lluvias de verano, e Invierno seco (menos del 5% de la precipitación anual), con Verano largo y fresco, con temperatura extremosa respecto a su oscilación (García, 1973).

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 t máxima de 26.5 °C. La precipitación media anual es de 605 mm, concentrándose en los meses de mayo a octubre, julio es el mes más lluvioso con 128.9 mm y febrero el mes más seco con 3.8 mm en promedio.

Las probabilidades de lluvia en ésta zona son menores al 50% por lo que es indispensable contar con riego.

El promedio anual de heladas es alto, 64 días, abarcando desde octubre hasta abril, son más frecuentes en diciembre, enero y febrero, las tempranas se pueden presentar entre el 8 y 10 de septiembre y las tardías hasta el mes de mayo.

La frecuencia de granizadas es baja, se observa en verano principalmente (De la Teja, 1982).

De acuerdo al sistema FAO-DETENAL citado por De la Teja (1982), los suelos de la FES-Cuautitlán han sido clasificados como vertisoles pélicos, y presentan textura fina, son arcillosos, son suelos pesados difíciles de manejar por ser plásticos y adhesivos cuando están húmedos y cuando se secan son duros, forman grietas profundas y pueden ser impermeables al agua de riego y/o de la lluvia. Tiene un pH de 6 a 7.

### 3.3 Material genético

El experimento se llevó a cabo en el ciclo primavera verano de 2005 , en donde se sembraron 20 genotipos, de los cuales 10 son híbrido ya liberados es decir, que ya son comerciales y los otros 10 son híbridos que se están probando para su posterior liberación. El trabajo se llevó a cabo en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán en la parcela 7, en la cual se establecieron los materiales que se incluyen en el Cuadro N° 1

Cuadro 1. Genotipos de maíz androestériles, fértiles, androestériles (restaurados), evaluados en la FESC, UNAM.

	<b>Genealogía</b>	<b>Tipo de híbrido</b>	<b>Androestrilidad/Fertilidad</b>
1	PUMA 1181	Trilineal	Fértil
2	244AE X IA49	Simple	Androestéril

3	(244 X 349) X IA49	Trilineal	Fértil
4	H-48 F	Trilineal	Fértil
5	H-49 AE	Trilineal	Androestéril
6	H-50 AE(R)	Trilineal	Fertilidad restaurada
7	244 AE X IA19	Simple	Androestéril
8	H-48 AE (R)	Trilineal	Fertilidad restaurada
9	244AE X IA91	Simple	Androestéril
10	(244 X 349) X IA49	Trilineal	Fértil
11	H-50 F	Trilineal	Fértil
12	H-153 F (R)	Trilineal	Fertilidad restaurada
13	(244 X 349) X IATolsol	Trilineal	Fértil
14	(244 X 246) X IA 19	Trilineal	Fértil
15	244 F X IA91	Simple	Fértil
16	H-153 F	Trilineal	Fértil
17	H-48 AE	Trilineal	Androestéril
18	H-33	Trilineal	Fértil
19	H-48 AE	Trilineal	Androestéril
20	(242 X 246) X IATolsol	Trilineal	Fértil

### 3.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño bloques completos al azar con tres repeticiones, bajo condiciones de punta de riego, la fecha de siembra fue el 8 de junio de 2005, aplicando un riego de siembra y el resto con el temporal.

El tamaño de parcela fue de un surco de cinco metros de longitud. La siembra se hizo en surcos con separación de 0.80 m, depositando tres semillas por sitio cada 0.50 m aclareando posteriormente a dos y tres plantas por mata (62 500 plantas por hectárea).

### **3.5 Análisis Estadístico.**

Se realizó mediante un análisis de varianza y una comparación de medias por el método de Tukey, al 0.05 de significancia.

### **3.6 Manejo agronómico.**

**Preparación del terreno y fertilización.** La preparación del terreno para este ciclo Primavera Verano en el cual se llevó a cabo el experimento consistió en un barbecho, rastra, surcado y fertilización con la dosis de 80 – 40- 00. Se realizó en el mes de mayo, para de esta manera establecer el ensayo en el mes de junio de 2005.

**Siembra.** El tamaño de parcela fue de un surco de cinco metros de longitud. La siembra se hizo en surcos con separación de 0.80 m, depositando tres semillas por sitio cada 0.50 m aclareando posteriormente a dos y tres plantas por mata (62 500 plantas por hectárea).

**Control de malezas:** El control se realizó de forma química haciendo dos aplicaciones, en cada una de ellas se aplicó 2 kilogramos de Gesaprim y 1 litro de Hierbamina

**Cosecha.** La cosecha se realizó de forma manual en el mes de Noviembre de 2005.

### 0. 3.7 Variables evaluadas

**Días a floración masculina y femenina.** Se contaron los días transcurridos desde la siembra hasta la aparición del 50% de las espigas y el 50% de plantas que presentaran estigmas de un largo de 2 a 3 cm.

**Altura de planta y mazorca.** Estas dos variables se tomaron de acuerdo a la metodología propuesta por el CIMMYT (1988). Se tomaron 5 plantas al azar de la parcela experimental, a las cuales se les midió la altura de planta y mazorca. Para la altura de planta se toma en cuenta desde la base de la misma hasta el punto donde la panoja empieza a dividirse. La altura de la mazorca se midió desde la base de la planta hasta el nudo donde se inserta la mazorca más alta.

**Acame de tallo.** El acame de tallo se tomó dándole un valor del 1 al 10, en el que 10 corresponde a las parcelas que no presentaron acame y 1 a las plantas totalmente acamadas.

**Calificación de mazorca.** La calificación de mazorca se dio en base a una escala de valores de 1 al 10, en donde el 10 representa las mejores características para mazorca.

**Altura de planta:** Se tomaron 5 plantas al azar, se midió la longitud desde la base de la planta hasta el punto donde comienza a dividirse la espiga (panoja), tomándose el promedio de ellas como dato final.

**Altura de mazorca:** Se eligieron 5 plantas al azar, se determino la longitud en centímetros desde la base de la planta hasta el nudo con la mazorca más alta, tomándose el promedio de ellas como dato final

**Sanidad de planta:** Se utilizó una escala de 1 a 10, dependiendo de los daños en relación a enfermedades que presento cada planta; siendo uno para las más afectadas y diez a las plantas sanas.

**Plantas cuatas:** se tomo el número de plantas por parcela que tenían dos mazorcas.

**Número de plantas cosechadas:** se consideró todas las plantas de la parcela sin importar si tengan una o dos mazorcas.

**Peso de campo:** después de cosechar todas las plantas de cada parcela se registro en kilogramos el peso de la mazorca.

**Mazorcas buenas y mazorcas malas:** se realizó la separación de mazorcas sanas y enfermas, y se prosiguió al conteo de cada una de ellas registrando el dato.

**Sanidad de mazorca:** se utilizó una escala de 1 a 10, dependiendo de los daños en cuanto a enfermedades que presente cada mazorca; siendo uno para las más afectadas y diez a las más sanas.

**Longitud de mazorca:** se midió desde la base hasta la punta 5 mazorcas obtenidas por cada parcela en centímetros, obteniéndose de esta forma un promedio como dato final.

**Número de hileras / mazorca:** se obtuvo de una muestra de 5 mazorcas, contando las hileras y se utilizó un promedio.

**Número de granos / hilera:** se contó el número de granos por hilera de cada una de las cinco mazorcas desde la base hasta la punta.

**Diámetro de mazorca:** este dato se toma en la parte media de la mazorca a cada una de la muestra.

**Diámetro de olote:** una vez desgranada las cinco mazorcas se midió la parte media de este en centímetros con un vernier.

**Granos/ mazorca:** se obtuvo de la multiplicación del número de granos/ hileras por el número de hileras/ mazorca.

**Peso de 200 granos:** de una muestra de desgranada de 5 mazorcas se contaran 200 granos y se pesaran.

**% de materia seca:** de una muestra de 250 gramos de grano por parcela de las mazorcas buenas, se obtuvo su humedad en porcentaje(%) por medio de un determinador de esta misma, para posteriormente restarle el 100% y así determinar el porcentaje de materia seca.

**% de grano:** resulta de la relación entre el peso del grano y el peso total de la muestra multiplicado por 100, es decir.

$$\text{\% de Grano} = \frac{\text{Peso de 5 mazorcas sin olote} \times 100}{\text{Peso de 5 mazorcas con olote}}$$

**Peso volumétrico:** Se desgrano y homogenizo completamente el grano de las 5 mazorcas, pesándolo en una balanza hectolítrica para de esta forma obtener la relación de la muestra a un litro.

**Rendimiento:** se calculó con la siguiente fórmula, expresándola en Kg./ha.

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

En donde:

**P.C**= Peso de Campo de la totalidad de las mazorcas cosechadas por parcela expresada en kilogramos.

**% M.S** = Porcentaje de Materia seca de la muestra de grano de 5 mazorcas recién cosechadas.

**%G** = Porcentaje de grano producto de la relación grano olote es decir, se obtiene del cociente del peso de 5 mazorcas sin olote y el peso de 5 mazorcas con olote multiplicado por cien.

**F.C** = Factor de conversión para obtener rendimiento por hectárea, se obtiene al dividir  $10,000 \text{ m}^2$  / el tamaño de la parcela útil en  $\text{m}^2$ .

**8600** = es una constante para estimar el rendimiento con una humedad comercial del 14%.

## **IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1.- Análisis de varianza para el ciclo primavera- verano de 2005.**

En el Cuadro 2, se presenta el análisis de varianza de las variables evaluadas en híbridos de maíz androestériles, fértiles, fértiles (restaurados), durante el ciclo primavera-verano de 2005, en el Rancho Almaraz de la FESC, UNAM.

En la mayoría de las variables se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas de (0.01) para tratamientos, a excepción de la variable altura de planta que exhibió una diferencia estadística significativa al (0.05) de probabilidad y la variable hileras por mazorca que no presentó diferencia estadística.

Para el caso de repeticiones, se presentaron diferencias significativas para rendimiento y altamente significativas para las variables altura de planta y altura de mazorca, en el resto de variables, no se encontraron diferencias significativas. Los coeficientes de variación en general fueron bajos, oscilando entre 2.19 % y 15.03 %.

### **4.2.- Comparación de medias**

En el Cuadro 3 se muestra la comparación de media para las variables rendimiento, floración masculina y femenina, así como la condición de fertilidad, es decir, si en la etapa de floración, las espigas presentaron polen o no, lo que señala que fueron fértiles o androestériles, o de fertilidad restaurada, conociendo de antemano que deberían de ser androestériles.

Cuadro 2.- Cuadrados medios y significancia estadística de variables evaluadas en híbridos de maíz androestériles, fértiles, fértiles (restaurados) con relación a testigos comerciales de Valles Altos. FESC, UNAM. Primavera – verano 2005.

<b>Variables</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Media</b>	<b>C.V.(%)</b>
Rendimiento	12493301.7**	2039084.3 *	10398.49	14.70
Floración masculina	12.75 **	5.01 NS	77.01	2.56
Floración femenina	19.02 **	1.51 NS	77.56	2.19
Altura de Planta	227.24*	666.06 **	228.98	3.72
Altura de mazorca	232.52**	567.15 **	125.30	7.07
Calificación de mazorca	1.45**	0.26 NS	8.93	8.79
Longitud de mazorca	4.60**	2.21 NS	15.61	6.42
Numero de hileras por mazorca	3.02 NS	2.61 NS	15.56	6.08
Numero de granos por hilera	30.20 **	2.71 NS	34.03	9.42
Diámetro de mazorca	0.07**	0.04 NS	4.60	6.05
Diámetro de olote	0.05**	0.13 NS	2.51	6.35
Peso volumétrico	99.20**	11.40 NS	58.55	15.03

\*, \*\* Significativos a los niveles de probabilidad de 0.05 y 0.01 respectivamente

NS No significativo

En el Cuadro 3, las medias están ordenadas de mayor a menor rendimiento de grano. Los cuatro mejores materiales por la expresión de rendimiento dentro del grupo de genotipos evaluados, fueron los siguientes: El híbrido que alcanzó el mayor rendimiento es el PUMA 1181 que es un material fértil, con 13,945 kg/ha. En segundo lugar se ubicó con un buen rendimiento la cruza simple 244AE X IA49 con 13,145 kg/ha, cabe mencionar que este genotipo es de condición androestéril. El tercer lugar por

su rendimiento, correspondió a la cruza trilineal en condición de fertilidad (244 X 349) X IA19, con un rendimiento de 12,561 kg/ha.

En cuarto lugar se ubicó el híbrido H-48 F, con un rendimiento 12,411 kg/ha. Cabe aclarar que aún cuando entre el primero y el cuarto lugar, hay una diferencia importante en rendimiento de 1534 kg/ha, estadísticamente, al ubicarse en el mismo grupo de significancia, esto quiere decir que son estadísticamente iguales.

En el caso del híbrido H-48 F, esta versión superó a las otras versiones evaluadas de este híbrido como fueron H-48 AE R, que rindió 11,009 kg/ha, superando en 12.7%, al híbrido H-48 AE, que produjo 7256 kg/ha, en 71%, sin embargo esto debió ocurrir por algún factor que perjudicó a este material en particular. Estos resultados, son contrarios a lo que podría esperarse, en el sentido de que las versiones fértiles en forma lógica podrían expresar menor rendimiento que las versiones androestériles, en este caso ocurrió al revés (Cuadro 3).

Para analizar en forma más fácil la información considerando la condición de fertilidad se ordenaron los materiales como se presentan en el cuadro 4, señalando lo que representa en porcentaje, el rendimiento entre materiales un tanto similares genéticamente.

En el caso del híbrido simple 244 AE X IA49, en condición androestéril, con un rendimiento de 13159 kg/ha, superó en 24.2 % a la versión fértil, de la cruza trilineal (244 X 349) X IA49, sin embargo en este caso, podría explicarse el mayor rendimiento en una cierta influencia por la conformación simple, que generalmente es más

productiva que la cruza trilineal, pero otra fracción podría explicarse por la androesterilidad (Cuadro 4).

Cuadro 3. Comparación de medias (Tukey 0.05 de probabilidad) para las variables rendimiento, floración masculina y floración femenina, así como condición de fertilidad masculina en híbridos de maíz androestériles, fértiles (restauradoras) para Valles Altos. FESC, UNAM P-V 2005.

<b>Genealogía</b>	<b>Rendimiento. (kg/ha)</b>	<b>Condición de fertilidad</b>	<b>Floración Masculina</b>	<b>Floración Femenina</b>
P- 1181	13945 a	Fértil	76 abc	77 abcde
244AEXIA49	13159 a	Estéril	80 ab	82 a
(244X349)X IA19	12561 ab	Fértil	80 ab	80 abcd
H-48 F	12411 ab	Fértil	80 ab	76 cde
H- 49 AE	12050 abc	Estéril	81 a	80 abcd
H-50 AE(B)	11720 abcd	Estéril	79 abc	81 abc
244AEXIA19	11198 abcde	Estéril	77 abc	78 abcde
H-48 AE (R)	11009 abcde	Estéril	76 abc	77 bcde
244AEXIA91	10635 abcde	Estéril	80 a	82 a
(244X349)X IA49	10596 abcde	Fértil	76 abc	76 de
H-50 F	10591 abcde	Fértil	78abc	78 abcde
H-153F (R)	10585 abcde	Fértil	77abc	77 abcde
(244X349)X IATolsol	10526 abcde	Fértil	74bc	74 e
242X246 XIA 19	9932 abcde	Fértil	75abc	75 e
244FXIA91	9527 abcde	Fértil	77abc	78 abcde
H-153F	8226 bcde	Fértil	77abc	76 de

H-48AE	7865 bcde	Estéril (R)	73 c	73 e
H-33	7649 cde	Fértil	78abc	78 abcde
H-48AE	7256 de	Estéril	75abc	75 e
(242X246)XIA Tolsol	6528 e	Fértil	77abc	78 abcde
D.S.H. (0.05)				

Nota: Valores con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey 0.05) de probabilidad.

A diferencia del caso anterior, la cruce simple (244AE X IA19), en condición androestéril, con un rendimiento de 11,198 kg/ha, representó 89.1%, con respecto a la versión fértil de la cruce trilineal (244X349) X IA19, que produjo 12,561 kg/ha (Cuadro 4). En el caso del híbrido H-48, la versión en condición fértil, con 12,411 kg/ha, fue superior, con respecto a tres versiones de híbridos H-48, en condición de androesterilidad, en uno de estos casos, con androesterilidad y fertilidad restaurada. En los casos de los híbridos H-50, (244 XIA91), H-153 F, las versiones fértiles, en los tres casos, fueron superadas en diferentes porcentajes, por las versiones androestériles, lo que es un comportamiento que ya se ha reportado en otros trabajos (Cuadro 4).

A últimas fechas se le ha dado importancia al arquetipo de la planta, ya que híbridos con buenos rendimientos han sido poco usados, por no presentar plantas atractivas a la vista del productor, además de que genotipos con alturas de planta y mazorca bajas traen otras ventajas como son facilitar la cosecha manual o mecanizada, si se homogeniza la altura de mazorca de un híbrido, y se evita el acame.

En el cuadro número 5 se presentan varios híbridos que se acercan a este arquetipo, en general los materiales evaluados exhibieron un porte de planta atractivo, sus alturas de planta van de 207cm. para la cruce 244F X IA91, el genotipo que

expreso mayor rendimiento PUMA 1181 con una altura de planta 238 cm. y 119 cm. en altura de mazorca cabe mencionar que es de las más altas.

Cuadro 4. Comparación de medias (Tukey 0.05 de probabilidad) para la variable rendimiento, así como condición de fertilidad masculina, además de considerar el porcentaje de rendimiento en materiales similares en híbridos de maíz androestériles, fértiles, fértiles (restaurados) para Valles Altos. FESC, UNAM. Primavera – verano 2005.

<b>Genealogía</b>	<b>Rendimiento. (kg/ha)</b>	<b>Porcentaje Rendimiento Fértil/androesteril</b>	<b>Condición de fertilidad</b>
P- 1181	13945 a	100	Fértil
244AEXIA49	13159 a	100	Estéril
(244X349)X IA49	10596 abcde	100	Fértil
(244X349)X IA19	12561 ab	100	Fértil
244AEXIA19	11198 abcde	100	Estéril
242X246 XIA 19	9932 abcde	100	Fértil
H-48 F	12411 ab	100	Fértil
H-48 AE (R)	11009 abcde	100	Estéril
H-48AE	7865 bcde	100	Estéril
H-48AE	7256 de	100	Estéril
H- 49 AE	12050 abc	100	Estéril
H-50 AE(B)	11720 abcd	100	Estéril
H-50 F	10591 abcde	100	Fértil

244AEXIA91	10635 abcde	100	Estéril
244FXIA91	9527 abcde	100	Fértil
H-153F (R)	10585 abcde	100	Fértil
H-153F	8226 bcde	100	Fértil
(244X349)X IA Tolsol	10526 abcde	100	Fértil
(242X246)XIA Tolsol	6528 e	100	Fértil
H-33	7649 cde	100	Fértil
D.S.H. (0.05)			

Nota: Valores con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey 0.05 de probabilidad).

Los valores que obtienen los híbridos evaluados para la variable calificación de mazorca, va en un rango de 8 a 10, para los genotipos H-48AE y de diez que solo fueron dos se puede observar que en la cuestión de sanidad de esta son excelente, pero en rendimiento son los que expresaron el más bajo de todos los materiales evaluados, ya que los materiales que expresaron un rendimiento adecuado se encuentran entre el rango de 8 a 9 (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de medias (Tukey 0.05 de probabilidad) para las variables altura de planta, altura de mazorca y calificación de mazorca, en híbridos de maíz androestériles, fértiles, fértiles (restaurados) para Valles Altos. FESC, UNAM. Primavera – verano 2005.

<b>Genealogía</b>	<b>Altura de Planta (cm)</b>	<b>Altura Mazorca (cm)</b>	<b>Calificación</b>
P- 1181	238	119	9
244AEXIA49	238	134	9
(244X349)X IA19	236	129	8
H-48 F	230	121	9

H- 49 AE	224	111	9
H-50 AE(B)	226	119	8
244AEXIA19	230	133	8
H-48 AE (R)	234	130	8
244AEXIA91	231	115	8
(244X349)X IA49	237	134	9
H-50 F	225	127	9
H-153F (R)	210	126	9
(244X349)X IA Tolsol	232	129	9
242X246 XIA 19	238	129	8
244FXIA91	207	106	9
H-153F	220	124	8
H-48AE	234	135	10
H-33	227	119	9
H-48AE	230	126	10
(242X246)XIA Tolsol	233	142	8
D.S.H (0.05)			

Nota: Valores con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey 0.05 de probabilidad).

En el cuadro 6 se observan algunas de las variables de componentes de rendimiento como son longitud e hileras por mazorca, granos por hilera, diámetro de mazorca y olote.

Para la variable longitud de mazorca, se aprecia que existe poca diferencia estadística entre los genotipos evaluados, en donde los valores presentados por estos van de 13.33 cm, siendo el valor más bajo para la línea (242X246) XIA Tolsol, que desde luego muestra también el rendimiento más bajo de los genotipos evaluados y 18.33 cm de longitud de mazorca el valor más alto, para el híbrido PUMA -1181, el cual también es el genotipo que alcanza el mayor rendimiento (Cuadro 6).

En la variable hileras por mazorca, la comparación de medias no muestra diferencias estadísticas entre los materiales evaluados, ya que los valores van de 14.0 a 18.0 hileras. En un rango de 4 se distribuyen 20 genotipos evaluados, en donde el valor que más se repite es de 15 hileras por mazorca, exhibido por 9 genotipos y el valor que menos se repite es el de 18 y el mínimo es 13 hileras por mazorca. El máximo valor lo expresan los híbridos P- 1181 y el 244AEXIA49 y el mínimo es expresado por los híbridos H-48AE y 242X246) XIA Tolsol, mismos que como se esperaba, también alcanzan el más bajo rendimiento.

Se observa que cuando un híbrido presenta el valor más bajo para una componente de rendimiento no repercute directamente en el rendimiento de grano, pero cuando ese mismo híbrido exhibe los valores más bajos en más de una componente, si repercute directamente sobre el rendimiento, como es el caso del genotipo (242 X 246)XIA Tolsol que alcanzo 6,528 kilogramos por hectárea, los valores más bajos para longitud de mazorca es de 13.3cm, 29.0 granos por hilera, 4.4 cm de diámetro de mazorca y 2.3 cm de diámetro de olote.

Cuadro 6. Comparación de medias (Tukey 0.05 de probabilidad) para las variables longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera, diámetro de mazorca, en híbridos de maíz androestériles, fértiles, fértiles (restaurados) para Valles Altos. FESC, UNAM. Primavera – verano 2005.

<b>Genealogía</b>	<b>Longitud de mazorca (cm.)</b>	<b>Hileras mazorca (No.)</b>	<b>Granos/hilera (No.)</b>	<b>Diámetro Mazorca (cm)</b>	<b>Olote (cm.)</b>
P- 1181	18.33 abcd	18.66 a	38.33 a	5.00 a	2.80 a
244AEXIA49	17.66 abcd	17.00 ab	38.33 a	4.86 a	2.76 ab
(244X349)X IA19	17.00 abcd	16.33 ab	38.00 a	4.76 a	2.70 ab
H-48 F	16.66 abcd	16.00 ab	37.66 a	4.76 a	2.63 ab
H- 49 AE	16.66 abcd	16.00 ab	37.33 a	4.70 a	2.63 ab
H-50 AE(B)	16.00 abcd	15.66 b	36.66 ab	4.66 a	2.60 ab
244AEXIA19	15.66 abcd	15.66 b	35.66 ab	4.66 a	2.56 ab
H-48 AE (R)	15.66 abcd	15.66 b	35.66 ab	4.60 a	2.56 ab
244AEXIA91	15.66 abcd	15.66 b	35.66 ab	4.56 a	2.50 ab
(244X349)X IA49	15.66 abcd	15.66 b	34.66 ab	4.56 a	2.50 ab
H-50 F	15.66 abcd	15.66 b	34.00 ab	4.56 a	2.50 ab
H-153F (R)	15.33 abcd	15.33 b	33.00 ab	4.53 a	2.43 ab
(244X349)X IATolsol	15.33 abcd	15.33 b	32.66 ab	4.50 a	2.43 ab
242X246 XIA 19	15.33 abcd	15.33 b	32.66 ab	4.50 a	2.43 ab
244FXIA91	15.33 abcd	14.66 b	32.66 ab	4.50 a	2.43 ab
H-153F	14.66 bcd	14.66 b	32.33 ab	4.46 a	2.40 ab
H-48AE	14.33 cd	14.66 b	32.33 ab	4.46 a	2.40 ab
H-33	14.00 cd	14.66 b	32.33 ab	4.46 a	2.40ab
H-48AE	14.00 cd	14.33 b	30.00 ab	4.43 a	2.36 ab
(242X246)XIA Tolsol	13.33 d	14.33 b	29.00 b	4.43 a	2.30 b
D.S.H. (0.05)					

Nota: Valores con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey 0.05 de probabilidad).

## V. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, se puede concluir.

1.- Se detectó que el genotipo con mayor rendimiento es el PUMA 1181 con 13,945 kilogramos por hectárea y que es un material de fertilidad normal.

2.- Se determinó que la línea de condición androesteril 244AEXIA49 es el material que expresó un rendimiento que superó en 24.2 % a la versión fértil, de la cruza trilineal (244X349) X IA49, sin embargo en este caso, podría explicarse el mayor rendimiento en una cierta influencia por la conformación simple, que generalmente es más productiva que la cruza trilineal, pero otra fracción podría explicarse por la androesterilidad.

3. La cruza simple (244AE X IA19), en condición androestéril, con un rendimiento de 11,198 kg/ha, representó 89.1%, con respecto a la versión fértil de la cruza trilineal (244X349) X IA19, que produjo 12,561 kg/ha.

4. En el caso del híbrido H-48, la versión en condición fértil, con 12,411 kg/ha, fue superior, con respecto a tres versiones de híbridos H-48, en condición de androesterilidad, en uno de estos casos con androesterilidad y fertilidad restaurada.

5 En los casos de los híbridos H-50, (244 XIA91), H-153 F, las versiones fértiles, en los tres casos, fueron superadas en diferentes porcentajes, por las versiones androestériles, lo que es un comportamiento que ya se ha reportado.

6.-El uso de líneas con la característica de esterilidad masculina, así como materiales de fertilidad restaurada, son una buena alternativa para la producción de semilla híbrida de maíz, se incrementan los rendimientos, se disminuyen los costos de producción y lo más importante se mantiene la calidad genética de los híbridos.

## VI BIBLIOGRAFIA

Airy J.M., L.A. Tatum y J.W. Sorenson. 1978. La Producción de semillas, Producción de semilla híbrida y sorgo para grano. En: Anuario de semillas. Traducido por Antonio Marino y Pánfilo Rodríguez. Editorial C.E.C.S.A. México. Pp.274-285.

Allard R.W.1978. Principio de la mejora genética de las plantas. Edición omega. 3ª edición. Barcelona España pp. 163-170 y 257-263.

Espinosa C., A., M. Tadeo R. y A. Piña del Valle. 1995. Estabilidad del rendimiento en híbridos de maíz por diferente orden de cruza en la producción de semilla. *Agronomía Mesoamericana*. 6:98-103.

Espinosa C., A. y Tadeo R., M. 1995. Desespigamiento en cruza simples de maíz y su efecto en la producción de semillas. *Fitotecnia Mexicana*, 18(1): 9-15.

Espinosa C., A. 1997. Comportamiento *per se* y ACG de caracteres relacionados con la producción de semillas en líneas de maíz (*Zea mays* L.) y sus cruza. Tesis de Doctorado, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

Gómez M., N.O., H. Espinoza P. 1996. Criterios útiles en la definición de la mejor estructura de un híbrido de maíz. En: Memorias, XVI Congreso de Fitogenetica, SOMEFI, C.P., Montecillo, México. p. 219.

Tadeo R., M. 1991. Producción de semillas en híbridos de maíz con problemas de sincronía en la floración de sus progenitores. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 65 p.

Solano A. M. 1999. Tesis de licenciatura. Derivación de líneas androestériles en híbridos de maíz (*Zea mays* L). FESC- Cuautitlán, UNAM México.

Bartolini, R. 1990. El maíz. Versión española: A. Rodríguez del Rincón. Editorial Mundi-Prensa. España. pp. 32-34.

Besnier, R.F. 1989. Semillas, Biología y Tecnología. Ediciones Mundi-Prensa. España .pp.66-70.

Brauer, O. 1978. Fitogenetica Aplicada. Limusa. México. Pp.273-278.

Burris, J. S. 1998. Producción y control de calidad del Maíz. En: curso Internacional de Capacitación sobre Tecnología de Producción de Semillas de Maíz. Ed. Universidad Estatal de Iowa, Pronase y CYMMYT. México p.14

Chavéz A., J.L. 1993. Mejoramiento de Plantas 1. Editorial Trillas. 2ª. Edición. México. pp. 84-102.

CIMMYT. 1988. Manejo de ensayos e Informe de Datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz del CIMMYT. P.24.

Curtis, D.L. 1983. Algunos Aspectos de la Producción de semilla de *Zea mays L.* (Maíz) en E.U.A. En: Producción Moderna de Semilla. Tomo II (Trad. Federico Stanham). Ed. Agropecuaria Hemisferio Sur. R.L. Uruguay. pp. 467-479

De la Loma, J.L. 1991. Genética General y aplicada. Ed. Limusa. México. p. 449.

Jugenheimer, R.W. 1990. Maíz Variedades Mejoradas, Métodos de Cultivo y Producción de Semilla. Ed. Noriega-Limusa, México. pp 150,489-502,591-601.

Márquez S., F. 1988. Genotecnia Vegetal, Métodos Teóricos y Resultados. Tomo II. Agt. Editor S.A. México. pp. 407-417.

Phoelman, J.M. 1990. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Limusa. México. pp. 278-280.

Reyes C., P. 1987. Fitogenetica, Básica Aplicada. Agt. Editor, S.A. México. pp.197-201.