



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILÁN

PRODUCTIVIDAD DE HÍBRIDOS DE MAÍZ PARA VALLES
ALTOS DE SEMILLA OBTENIDA CON PROGENITORES
FÉRTILES Y ANDROESTÉRILES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

P R E S E N T A :

DEMETRIO MATIAS BAUTISTA

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.

Agradecimientos

A Dios por darme el regalo de vida, gracias por ser, mi luz, mi esperanza mi fortaleza, llenarme de dicha y bendiciones; gracias por permitirme nacer en esta tierra tan maravillosa, en este México querido, gracias a la familia que me obsequiaste, estoy orgulloso y feliz con ellos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, máxima casa de estudios, por abrirme las puertas de la enseñanza, es muy grato pertenecer a la mejor Universidad de Latinoamérica y una de las mejores a nivel mundial.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por cobijarme en sus instalaciones en donde tuve una educación integral, social, académica, política, dándome herramientas firmes para el criterio y decisión en la vida personal y en el ámbito profesional, gracias a los profesores que me regalaron sus experiencias y sabiduría .

Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT: IN205908) de la FESC-UNAM por otorgar recursos y financiamiento para la elaboración seguimiento y culminación de esta tesis.

Al Dr. Alejandro Espinosa Calderón, Investigador Nacional Nivel III, por otorgarme una beca por parte del consejo nacional de ciencia y tecnología (CONACYT), como ayudante de Investigador Nacional Nivel III y quien ayudó este trabajo, gracias por su consejo, dirección y gran apoyo en esta tesis.

A la M.C. Margarita Tadeo Robledo por permitirme ingresar al programa de “Mejoramiento genético y producción de semillas de maíz” en donde adquirí experiencia en el proceso productivo de maíz, además de reforzar mis conocimientos teóricos y prácticos dentro del mejoramiento genético.

A miembros del jurado, Ing. Miguel Ángel Bayardo Parra, Dr. Joob Anastacio Zaragoza Esparza y M. C. Ana María Martínez García, por sus valiosos comentarios y sugerencias realizadas en este trabajo.

A miembros del equipo de trabajo de semillas, por apoyar de manera incondicional en la realización de este trabajo, deseo extender el agradecimiento a los Ingenieros: Rafael Martínez Mendoza por su valioso consejo, apoyo y experiencia, Isaías González Rojo, Cosme Téllez; a la Ingeniera Laura Denys Meza Guzmán, gracias por la amistad que me brindaste en todo este tiempo, se que cuento contigo, a la Ingeniera Jazmín Serrano Reyes, gracias por tu apoyo y amistad de manera incondicional; a Israel Arteaga Escamilla, a Enrique I. Canales Islas, gracias a todos y cada uno de ustedes. En el equipo se da la disciplina, constancia y dedicación en el campo de la investigación por lo que la integración de los elementos del equipo es de suma importancia.

Deseo agradecer infinitamente a mis apreciables amigas, Nathalie Navarro Herrera, eres una persona especial por tu forma de ser y tu amistad brindada, gracias amiga, no te olvidaré; a Isaura Hernández de la Cruz, a Ma. de Lourdes Maya Chávez, a Claudia Aparicio Izquierdo, gracias por todo; de igual forma quiero agradecer a mis amigos, Martín Antonio Flores Palacios, Carlos Alberto Vicente Hernández, a Omar Navarro Zúñiga, a Héctor Valencia, a Julio Cesar Espinosa.

A la generación 29 y 28, los que de alguna manera u otra me ayudaron en mi formación, tanto personal como profesional, se que nos encontraremos algún día, porque en el camino andamos; a todos y cada uno de ustedes, muchas gracias; me llevo experiencias de compañerismo muy inolvidables, en especial de los viajes de práctica. Infinitamente gracias.

CONTENIDO GENERAL

Índice de cuadros

Resumen

- I.- INTRODUCCION
 - 1.1 Objetivos
 - 1.2 Hipótesis
- II.- REVISION DE LITERATURA
 - 2.1 Origen del maíz
 - 2.2 Grupos de maíz
 - 2.3 Importancia del maíz
 - 2.4 Maíz híbrido
 - 2.5 Concepto de maíz híbrido
 - 2.6 Producción de maíz híbrido
 - 2.7 Heterosis o vigor híbrido
 - 2.8 Esterilidad
 - 2.9 Incompatibilidad
 - 2.10 Androestérilidad
 - 2.11 Clasificación y terminología
 - 2.12 Ventajas con la androesterilidad
 - 2.13 Definición de calidad de semilla
 - 2.14 Componentes de la calidad de semillas
 - 2.14.1 Componente genético
 - 2.14.2 Componente físico o calidad física
 - 2.14.3 Componente fisiológico
 - 2.14.4 Componente sanitario
 - 2.15 Tipos de híbridos y variedades
 - 2.15.1 Híbridos simples
 - 2.15.2 Híbridos trilineales
 - 2.15.3 Híbridos dobles
 - 2.15.4 Variedades sintéticas
 - 2.15.5 Variedades mejoradas
 - 2.15.6 Variedades criollas
 - 2.15.7 Híbridos no convencionales
- III.- MATERIALES Y MÉTODOS
 - 3.1 Localización
 - 3.2 Condiciones edafoclimáticas

- 3.2.1 Clima
- 3.2.2 Temperatura
- 3.2.3 Precipitación
- 3.2.4 Suelos
- 3.3 Material genético o variedades
- 3.4 Manejo agronómico
 - 3.4.1 Preparación de terreno
 - 3.4.2 Siembra
 - 3.4.3 Fertilización
 - 3.4.4 Control de malezas
 - 3.4.5 Cosecha
- 3.5 Diseño experimental
- 3.6 Análisis estadístico
- 3.7 Variables registradas
 - 3.7.1 Días a floración masculina
 - 3.7.2 Días a floración femenina
 - 3.7.3 Altura de planta
 - 3.7.4 Altura de mazorca
 - 3.7.5 Número de plantas cosechadas
 - 3.7.6 porcentaje de cuateo
 - 3.7.7 Acame de tallo
 - 3.7.8 Mazorcas buenas y malas
 - 3.7.9 Calificación de mazorca
 - 3.7.10 Longitud de mazorca
 - 3.7.11 Diámetro de mazorca
 - 3.7.12 Diámetro de olote
 - 3.7.13 Número de granos/hilera
 - 3.7.14 Peso de 200 granos
 - 3.7.15 Porcentaje de grano
 - 3.7.16 Porcentaje de materia seca
 - 3.7.17 Peso volumétrico
 - 3.7.18 Rendimiento
- IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN
- V.- CONCLUSIONES.
- VI.- BIBLIOGRAFIA.

Índice de Cuadros

- Cuadro 1.** Híbridos evaluados de maíz, fértiles y androestériles desarrollados en el INIFAP y FESC-UNAM comparados con híbridos comerciales en Cuautitlán Izcalli, México, 2007.
- Cuadro 2.** Cuadros medios y significancia estadística de las variables evaluadas en híbridos fértiles, androestériles y comerciales, Cuautitlán Izcalli México, 2007.
- Cuadro 3.** Comparación de medias (Tukey, 0.05) para las variables: rendimiento, porcentaje de grano, floración masculina y floración femenina, en híbridos de maíz androestériles y fértiles evaluados en Cuautitlán Izcalli, México, 2007.
- Cuadro 4.** Rendimiento de los diferentes híbridos de maíz evaluados en versión fértil y androestéril y la comparación en porcentaje de estas versiones considerando a la versión fértil como referente al 100 %.
- Cuadro 5.** Comparación de medias de las variables: Altura de planta, mazorcas buenas, peso volumétrico y sanidad de mazorca de maíz en Cuautitlán Izcalli México, primavera-verano 2007.
- Cuadro 6** Comparación de medias de las variables: Longitud de mazorca, diámetro de mazorca, diámetro de olote, plantas cosechadas en híbridos de maíz evaluados en Cuautitlán Izcalli, primavera-verano 2007.
- Cuadro 7** Comparación de medias de las variables: Altura de mazorca, mazorcas malas, sanidad de planta y materia seca en híbridos de maíz evaluados en Cuautitlán Izcalli México, primavera-verano 2007.
- Cuadro 8** Comparación de medias de las variables: Hileras por mazorca, granos por hilera, granos por mazorca y peso de 200 granos en híbridos de maíz evaluados en primavera-verano 2007, Cuautitlán Izcalli México.

RESUMEN

En México se hacen esfuerzos para aumentar la productividad del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) debido a la importancia que tiene como alimento, forraje y uso industrial. La siembra de variedades mejoradas ofrece la perspectiva de aumento del rendimiento y/o calidad de este cereal; para lograrlo se efectúan investigaciones en diversos aspectos básicos y tecnológicos aplicados a la producción de semilla.

En el país, la investigación en mejoramiento genético en maíz, la realizan instituciones de carácter público y empresas privadas tales como Monsanto, Pioneer, Asgrow, Syngenta. En el INIFAP, se han generado y liberado hasta el 2004 más de 250 variedades e híbridos de maíz, adicionalmente otras instituciones con recursos públicos como la FESC-UNAM, el Colegio de Posgraduados, la Universidad Autónoma Chapingo, la UAAAN, la Universidad de Guadalajara, han desarrollado un número superior a 120 nuevos híbridos y variedades de maíz.

Particularmente en la Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán de la UNAM y el Campo Experimental Valle de México del INIFAP, desde varios años atrás se han desarrollado trabajos con híbridos de maíz bajo el esquema de androesterilidad (esterilidad masculina), con la finalidad de facilitar el incremento de semilla al prescindirse de desespigamiento.

El desespigamiento manual es caro, porque requiere de 25 a 50 jornales/ha, variación que depende de la uniformidad del progenitor femenino. La utilización de diversos tipos y fuentes de androesterilidad génico-citoplásmica, han abierto nuevos horizontes en la producción comercial de híbridos, al permitir emplear líneas androestériles como progenitores femeninos pues los costos por producción disminuyen al eliminar la actividad de desespigue y la calidad genética de la semilla se mantiene.

En la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM así como en el INIFAP, se cuenta con materiales que han sido obtenidos con semilla de fertilidad normal de sus progenitores, así mismo se cuentan con la versión androestéril, por lo que en este trabajo se evalúan diferentes materiales (híbridos) de los Valles Altos con fertilidad y androesterilidad para la producción de semilla, estableciéndose los siguientes objetivos:

1.- Determinar la capacidad productiva de grano de diferentes híbridos obtenidos con empleo de progenitores androestériles y de fertilidad normal.

2.- Definir la productividad de los diferentes materiales nuevos (fértiles y androestériles) de maíz con respecto a los testigos empleados comercialmente en los Valles Altos.

3.- Verificar la androesterilidad y/o fertilidad en híbridos obtenidos con el empleo de progenitores androestériles y de fertilidad normal.

El trabajo experimental se realizó en las instalaciones del rancho Almaraz en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, en la parcela designada número 7, en el ciclo primavera-verano del año 2007 bajo condiciones de temporal. Los híbridos que se evaluaron fueron: H-47, H-48, H-49, H-50*, H-51, H-50, Puma 1075, Puma 1076 y Puma 1167 de conformaciones fértiles y androestériles; Leopardo, Promesa, H-153, HS 2.

Nota. H-50*: Híbrido androestéril en fase experimental, versión trilineal del H-50 fértil



Bajo las condiciones de manejo, objetivos planteados resultados obtenidos y alcances de este trabajo se concluye lo siguiente:

1. Los materiales evaluados en este experimento considerando la media de su comportamiento en las versiones fértiles y androestériles presentaron diferencias estadísticas en rendimiento, variación que se explica por el origen de los progenitores y por el tipo de híbrido.
2. El mayor rendimiento se obtuvo con el híbrido H-50* (Androestéril) que registró una producción de 6710 kg/ha, en segundo lugar se ubica el híbrido Puma 1075 de fertilidad normal con 6670 kg/ha.
3. En los 20 materiales evaluados, para este trabajo con base a la media de su comportamiento, en algunos híbridos la versión androestéril fue superior a las versiones fértiles (H-49, H- 50, Puma 1167), que representa el 4.2%, 14.9%, 66.5% respectivamente.
4. En el caso de híbridos, H-48, H-47, Puma 1075, Puma 1076, la versión fértil mostró mayor rendimiento que la versión androestéril, representando con 90.9%, 98.6%, 76.9%, 98.5%, respectivamente. Se recomienda seguir evaluando este tipo de híbridos debido a que el componente genético es relevante.
5. Para las empresas, pequeños productores y organizaciones de productores el esquema de esterilidad masculina puede representar una interesante opción que se disminuye los costos por producción, ya que no se requiere de mano de obra para emascular.

I. INTRODUCCIÓN

Con la situación mundial de alta demanda de grano de maíz, agudizada en los últimos años, por la influencia de su uso y alta demanda para la fabricación de etanol, se ha propiciado que los precios internacionales se ubiquen en niveles elevados, previéndose que se mantendrán así por mucho tiempo. En México existe gran presión por elevar la producción y la productividad de maíz, ya que si bien se produjeron 22.2 millones de toneladas en el 2006, en ese mismo año se importaron 10 millones de toneladas de grano de maíz (Tadeo y Espinosa, 2008).

La productividad del maíz guarda una estrecha relación con el nivel tecnológico, los factores climáticos y estos a su vez, se vinculan con insumos de calidad y cantidades apropiadas, entre los cuales, el binomio variedad-semilla tiene una importancia fundamental (Díaz, 2006), debido a que la semilla es uno de los insumos que mayor impacto tiene en el incremento del rendimiento de grano (Díaz, 2006).

En México se hacen esfuerzos para aumentar la productividad del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) debido a la importancia que tiene como alimento, forraje y uso industrial. La siembra de variedades mejoradas ofrece la perspectiva de aumento del rendimiento y/o calidad de este cereal; para lograrlo se efectúan investigaciones en diversos aspectos básicos y tecnológicos aplicados en la producción de semilla (Martínez *et al.*, 2006).

El uso de variedades mejoradas e híbridos ha sido importante para incrementar la producción y el rendimiento del grano de este cultivo; ante el retiro en el mercado comercial de la Productora Nacional de Semillas (PRONASE), institución que tenía por objetivo el incremento y la venta de semilla mejorada, la demanda de semilla híbrida se ha realizado mediante la participación de compañías especializadas en la generación y adopción de técnicas propias de la producción de este insumo (Martínez *et al.*, 2006).

En el país, la investigación en mejoramiento genético de maíz, la realizan instituciones de carácter público y empresas privadas tales como Monsanto, Pioneer, Asgrow, Syngenta. En el INIFAP, se han generado y liberado hasta el 2004 más de 250 variedades e híbridos de maíz (Espinosa *et al.*, 2004), adicionalmente otras instituciones con recursos públicos como la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC–UNAM), el Colegio de Posgraduados (CP), la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), la Universidad de Guadalajara (UDG), han desarrollado un número superior a 120 nuevos híbridos y variedades de maíz (Espinosa *et al.*, 2007).

En la Cátedra de Investigación en “Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Maíz” ubicado en Ingeniería Agrícola de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán – Universidad Nacional Autónoma de México, se han desarrollado trabajos de mejoramiento genético de maíz para ofrecer híbridos con características normales de fertilidad y de igual forma incorporar la esterilidad masculina a las líneas progenitoras de los híbridos comerciales desarrollados por la FESC-UNAM en colaboración con el INIFAP con énfasis en la fuente C denominada génico-citoplásmica, la cual se trata de una interacción hereditaria de citoplasma y cromosomas (Tadeo y Espinosa, 2008).

Particularmente en la Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán de la UNAM y el Campo Experimental Valle de México del INIFAP, desde varios años atrás se han desarrollado trabajos con híbridos de maíz bajo el esquema de androesterilidad (esterilidad masculina), en el proceso de producción de semilla con la finalidad de facilitar el incremento de semilla y mantener la pureza genética de este insumo, al prescindirse de desespigamiento (Tadeo, 2001).

Los trabajos de mejoramiento con versión androestéril se iniciaron en 1992 en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) para incorporar el carácter de esterilidad masculina a las líneas básicas, posteriormente (1995-1997) se

identificaron líneas con capacidad restauradora, sin embargo, aun no se ha definido si estas líneas restauradoras poseen los genes Rf_1 o Rf_2 , aun cuando el mas difundido ha sido el gen Rf_2 ; aunado a lo anterior, algunos investigadores reportaron que la combinación del citoplasma C resulta solamente en esterilidad masculina (Tadeo y Espinosa, 2008).

Las primeras líneas generaron híbridos con buenas características agronómicas con uso potencial en la formación de híbridos trilineales. La estabilidad de la fuente de androesterilidad y la capacidad restauradora de las líneas desarrolladas permitieron vislumbrar el uso potencial del esquema de esterilidad masculina con lo cual se podría limitar, de cierta forma, algunos problemas relacionados con el desespigue, así como reducir las dificultades que implica esta actividad, además, dicho esquema puede facilitar el control de la calidad e identidad genética de los híbridos y reducir los costos de producción por concepto de desespigamiento (Tadeo *et al.*, 2001).

La práctica del desespigamiento en la producción de semilla híbrida es crucial ya que de su correcta ejecución depende mantener la calidad genética de la semilla. El desespigamiento manual es caro, ya que requiere de 25 a 50 jornales/ha, variación que depende de la uniformidad del progenitor femenino. La utilización de diversos tipos y fuentes de androesterilidad génico-citoplásmica ha abierto nuevos horizontes en la producción comercial de híbridos al permitir emplear líneas androestériles como progenitores femeninos pues los costos por producción disminuyen al eliminar la necesidad de desespigar (Martínez *et al.*, 2005)

En la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM así como el INIFAP, se cuenta con materiales que han sido obtenidos con fertilidad normal de sus progenitores, así mismo también se cuentan con la versión androestéril, por lo que en este trabajo se evalúan diferentes híbridos de los Valles Altos cuya semilla fue obtenida con fertilidad normal y androesterilidad, estableciéndose los siguientes objetivos:

1.1 OBJETIVOS

- 1.- Determinar la capacidad productiva de grano de diferentes híbridos obtenidos con empleo de progenitores androestériles y de fertilidad normal.
- 2.- Definir la productividad de los diferentes materiales nuevos (fértiles y androestériles) de maíz con respecto a los testigos empleados comercialmente en los Valles Altos.
- 3.- Verificar la androestérilidad o fertilidad en híbridos obtenidos con el empleo de progenitores androestériles y de fertilidad normal.

1.2 HIPÓTESIS

- 1.- Los híbridos obtenidos con empleo de progenitores androestériles y otros con fertilidad normal, presentan diferente capacidad productiva.
- 2.- Los híbridos evaluados expresan mayor productividad en el caso de las versiones androestériles con respecto a las versiones fértiles.
- 3.- Entre los materiales de diferente conformación androestériles y fértiles existen varios que superan a los testigos comerciales
- 4.- Los híbridos obtenidos con empleo de progenitores androestériles mantienen la característica de esterilidad masculina en estas evaluaciones.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen del maíz

El maíz es una planta originaria de América y es el principal alimento de la población de México y el mundo. El maíz fue domesticado hace alrededor de 8000 años y ya no es capaz de sobrevivir en forma silvestre. Antes de la llegada de los europeos al continente americano, los pueblos de América ya habían logrado avances notables al producir razas de maíz de grano duro, harinero, palomero y dulce (Poehlman, 2003).

2.2 Grupos de maíz

El maíz puede dividirse en varios grupos que difieren en el carácter de la semilla. Estos son el dentado, el cristalino, dulce, harinoso, reventón, ceroso y tunicado. Estos grupos son una clasificación artificial que no es indicativa de relaciones naturales. El dentado es el tipo de maíz caracterizado por tener una depresión o “diente” en la corona de la semilla. Los maíces dentados de la faja maicera de Estados Unidos se originaron de la mezcla de maíces cristalinos del norte y dentados del sur (Jugenheimer, 1981)

Los granos del maíz cristalino, generalmente son duros, lisos y contienen poco almidón suave; sin embargo, las cantidades relativas de almidón suave y corneo varían en diferentes variedades (Jugenheimer, 1981).

El maíz dulce se caracteriza por una apariencia traslúcida y cornea cuando está inmaduro y por una condición vítrea cuando está seco. El maíz harinoso está compuesto en gran parte de almidón suave y tiene pocos dientes o ninguno se cultiva en las partes más secas de Estados Unidos (Jugenheimer, 1981).

En el año de 1943 se colectaron varias variedades locales de maíz en México, Perú, Bolivia, Brasil, Guatemala, y demás países de centro y Sudamérica, por científicos de la Fundación Rockefeller, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos y la Secretaría de Agricultura de México. Las variedades locales procedentes de dicha área geográfica presentaban las mismas características morfológicas, genéticas y citológicas, estas se agruparon en razas más o menos distintas. Muchas de las colecciones originales se perdieron ya que en ese tiempo no se contaba con instalaciones de almacenamiento adecuadamente equipadas con una ubicación geográfica central. Hasta el momento se han realizado nuevas colectas y se han adquirido más de 13000 materiales genéticos almacenándolos en modernas instalaciones que cuenta el Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y el Trigo (CIMMYT) en México; así como en Colombia, Perú y el Laboratorio Nacional de Almacenamiento de Semillas (National Seed Storage Laboratory) de Fort Collins, Colorado, se almacenan adquisiciones idénticas. (Poehlman, 2003).

2.3 Importancia del maíz

El maíz es el cultivo mas importante en México y el mundo, ocupa el primer lugar en producción y el segundo lugar en superficie sembrada, en México cada año se siembran 8.5 millones de hectáreas y su producción representa el 60 % con respecto a la producción total de granos; el grano es fundamental en la alimentación por lo que el consumo aparente es de 209.8 kilogramos por persona (Morris y López, 2000; Espinosa, 2005)

En México hay 31 millones de personas con desnutrición y de estos 18 millones con desnutrición severa. El problema es que no se produce el maíz que se requiere y se recurre a la importación de este cereal que van de 7 a 10 millones de toneladas por año, es decir, que la producción de grano no es suficiente; motivo por el cual es imprescindible el incremento de la productividad de maíz con híbridos mejorados que ofrecen mayores rendimientos (Espinosa, 2006).

2.4 Maíz híbrido.

El maíz híbrido según Claire, (1990), citado por Martínez (1994), es la contribución más importante que el mejoramiento genético ha hecho a la producción de alimentos en el siglo XX.

La hibridación es un método de mejoramiento genético que utiliza la polinización cruzada, entre progenitores genéticamente distintos, con el propósito de obtener recombinación genética. Después de llevarse a cabo la polinización cruzada, se cultivan generaciones segregantes y se seleccionan líneas puras, una vez que se ha alcanzado la homocigocidad. El propósito es identificar y seleccionar líneas que combinen genes deseables provenientes de ambos progenitores (Poehlman, 2003)

Las líneas seleccionadas se evalúan mediante pruebas de progenie para verificar la presencia de una combinación de genes deseables. Las líneas que demuestren ser superiores pueden multiplicarse como un nuevo cultivar (Poehlman, 2003)

Aparte de combinar genes que determinan caracteres visibles de los progenitores, es posible seleccionar plantas de las progenies segregantes que caen fuera de los límites de los progenitores. Las plantas que caen fuera del intervalo de los progenitores se conocen como segregados transgresivos (Poehlman, 2003).

2.5 Concepto de maíz híbrido

Un maíz híbrido es el resultado de la cruce de dos líneas (A X B), las cuales generalmente se obtienen mediante autofecundaciones, lo que hace que las plantas dentro de cada línea sean muy uniformes y emparentadas entre sí por la endogamia provocada (homocigosis) (Tadeo, 2001)

2.6 Producción de maíz híbrido

La producción de maíz híbrido involucra: la obtención de líneas autofecundadas por autopolinización controlada, la determinación de cuáles de las líneas autofecundadas pueden combinarse en cruza progresivas y la utilización comercial de las cruza para la producción de semilla (Poehlman, 2003).

La semilla de maíz híbrido se obtiene del cruzamiento de dos progenitores (parentales) uno que hace la función de polinizador (planta macho) y el otro de receptor del polen y productor de semilla planta (hembra); en este último, antes de la floración debe ser eliminada la inflorescencia masculina (espiga o panoja), para evitar que tire polen y contamine a las plantas hembra, porque una sola espiga puede fecundar varias plantas (Tadeo, 2001).

2.7 Heterosis o vigor híbrido

El vigor híbrido es el incremento en tamaño, vigor o productividad de una planta híbrida sobre el promedio o media de sus progenitores. Shull (1909) propuso el término de heterosis para denotar el estímulo del tamaño y el vigor en un híbrido como expresión del incremento (Poehlman, 2003). Es un término producto de la contracción de “estímulo de la heterocigosis” (Jugenheimer, 1981).

El vigor híbrido es generalmente mayor después de los cruzamientos entre los diversos genotipos de una especie de polinización cruzada, pero también podría manifestarse después de los cruzamientos entre los diversos genotipos de una especie autógama. Vigor híbrido es sinónimo de heterosis y se pueden usar indistintamente para denotar el estímulo del tamaño y el vigor en un híbrido (Reyes, 1990; Márquez, 1995; Téllez, 2008).

La heterosis tiene por consecuencia el estímulo general de toda la planta híbrida dando como resultado el incremento en rendimiento, madurez precoz, mayor resistencia a enfermedades e insectos, plantas más altas, incremento en el número de partes de la planta o de otras características tanto externas como internas. (Jugenheimer, 1981). La heterosis produce un estímulo general en la progenie o en el híbrido y afecta las variedades de diferentes maneras. En general se manifiesta en:

- Mayor rendimiento de grano, forraje o frutos.
- Mayor resistencia a plagas y enfermedades.
- Plantas más altas, uniformes y más precoces.
- Aumento en el tamaño o número de ciertas partes u órganos de la planta.
- Incremento de algunas características internas de la planta.

2.8 Esterilidad

Se dice que hay esterilidad en las plantas cuando el óvulo no es fértil o cuando el polen no es viable y por consiguiente no se puede dar el fenómeno de la fecundación de las células y por ende no hay producción de semilla, por lo que la esterilidad se refiere a la incapacidad de las plantas para producir gametos y cigotos funcionales, (Espinosa y Tadeo, 2004); es decir, se caracteriza por que los gametos no son funcionales y su causa está en ciertas aberraciones cromosómicas, acciones génicas o influencias citoplasmáticas que producen el aborto o la modificación de flores enteras, estambres o pistilos, o que impiden el desarrollo del polen, del saco embrionario o del endospermo (Allard, 1967)

La esterilidad se presenta por varias causas; es decir, estas aberraciones cromosómicas, pueden ser de traslocaciones, inversiones, duplicaciones, deficiencia o deleciones, falta de homología de genomas (poliploides desbalanceados) y por acciones génicas afectando a órganos reproductores. (Espinosa y Tadeo, 2004). El término de esterilidad se aplica cuando el polen o los óvulos no son capaces de funcionar normalmente.

El tipo particular de esterilidad que nos interesa es aquel en que se hacen no funcionales los gametos masculinos, como resultado de genes mutantes, factores citoplásmicos o por el efecto combinado de ambos. (Allard, 1967) Las causas de la esterilidad tienen como consecuencia lo siguiente:

- 1.- Mal formaciones de estambre o estilo
- 2.- Polen defectuoso
- 3.- Óvulos abortivos

Al clasificar las plantas por su inhabilidad de producir semillas, es importante tener en claro el concepto de esterilidad y la incompatibilidad debido a que suele confundirse (Clará, 1980).

2.9 Incompatibilidad

Se refiere a la incapacidad de las plantas con polen y óvulos normales para producir semilla debido a algún impedimento fisiológico que evita la fecundación. (Tadeo, 2004). Es una forma de infertilidad causada por la inhabilidad de las plantas con gametos funcionales, ya sean masculinos o femeninos, de producir semilla cuando sean autopolinizadas o cruzadas; se presenta en ambos gametos y puede ocurrir en cualquier momento entre la polinización y la fertilización (Clará 1980). A causa de la incompatibilidad no hay crecimiento de los tubos polínicos a través de los estilos con lo cual no se logra la fecundación (Poehlman, 1976; Tadeo, 2004)

2.10 Androesterilidad

La androesterilidad 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 (Poehlman, 2003). En las plantas androestériles, las flores no producen anteras o polen viable, pero los estigmas funcionan normalmente, Aunque estas flores no pueden ser autopolinizadas, se pueden cruzar con otras fuentes de polen (Clará, 1980).

Así mismo, Besnier (1989), agrega que la androestérilidad es la consecuencia de la interacción entre el citoplasma y unos genes nucleares; (genes en el núcleo) que inhiben el desarrollo normal de las anteras y el polen (Clará, 1980). Existen ejemplos de la androestérilidad puramente citoplásmica, 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. (Poehlman, 2003). La androestérilidad se utiliza en mejora de plantas para la producción de cruzamientos controlados sin la necesidad de emasculación (extirpar las anteras) del genitor que actúa como hembra. (Ramírez, 2006)

La esterilidad en una población se incorpora por retrocruza, obviamente actuando siempre las plantas estériles como progenitores femeninos. Para esto se parte de una línea estéril como progenitor donante, usando aa como progenitor recurrente, en el primer cruzamiento y los cruzamientos se hacen a nivel de plantas individuales; como las plantas no restauradoras se van autofecundando al mismo tiempo que retrocruzando, se van derivando pares de líneas aaE (estéril) y $aaNR$ (no restauradora) que son respectivamente, las líneas A y B semejantes en todo pero menos en la fertilidad, por lo cual se les llama líneas isogénicas. De esta forma la línea B poliniza a la A para su mantenimiento, a esta se le llama "línea mantenedora". (Márquez, 1995; Téllez, 2008). La androestérilidad aparece en las plantas esporádicamente como resultado de: genes mutantes (generalmente recesivos), factores citoplasmáticos (citoplasma), y efectos combinados de los dos anteriormente (genes-citoplasma) (Poehlman, 2003).

- a) **Androestérilidad génica.** Generalmente la regulación genética de la androestérilidad génica suele ser muy sencilla. En muchos casos es monogénica recesiva. Se suele representar por ms ("male sterile") y un subíndice cuando hay varios loci. Pero también puede estar controlada por genes dominantes o por la interacción de dominantes y recesivos. (Ramírez, 2006)
- b) **Androestérilidad citoplásmica.** La característica esencial de la androestérilidad determinada por factores citoplásmicos es que se transmite de forma continua de generación en generación, siempre que se disponga de un individuo que actúe como polinizador. Como el citoplasma de la descendencia es casi exclusivamente materno (cabría considerar la posibilidad de que el gameto masculino aportara algo de citoplasma en el momento de la fecundación), la descendencia de la planta androestéril será siempre androestéril. (Ramírez, 2006)
- c) **Androestérilidad génico-citoplásmica.** La diferencia entre este tipo de androestérilidad y la citoplásmica estriba en que la descendencia obtenida por el cruzamiento de una planta androestéril, como hembra naturalmente, y una fértil no tiene que ser necesariamente androestéril, sino que depende del genotipo de la planta que actúa como padre. Algunos autores emplean el término "citoplásmica" como abreviado del "génico-citoplásmica", aunque no resulta del todo correcto (Ramírez, 2006).

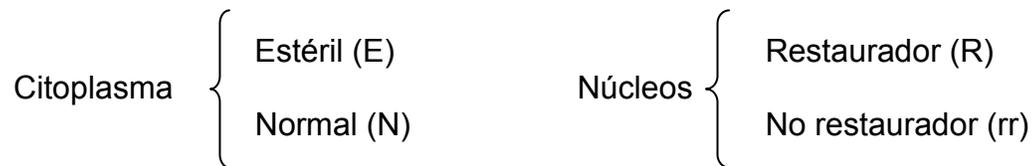
En la androestérilidad génico-citoplásmica, la regulación, en los términos más simples se debe a la interacción de un citoplasma estéril portador de ciertos factores con un par de alelos nucleares R, r, dando los siguientes fenotipos sexuales: (Ramírez, 2006; citado por Serrano 2008)

- (E) rr → androestéril
- (E) Rr → hermafrodita o monoica
- (E) RR → hermafrodita o monoica.

Evidentemente, si el citoplasma no es portador de los factores indicados (N) el fenotipo será normal es decir: hermafrodita o monoica para cualquier combinación génico-citoplásmica (N) RR, (N) Rr, y (N) rr. Al gen R, dominante, se le llama restaurador de la fertilidad. Los dos primeros tipos de androestérilidad (génica y citoplásmica) podrían considerarse casos particulares del tercero. (Ramírez, 2006; citado por Serrano, 2008)

La androestérilidad de tipo citoplásmico se daría cuando en la población sólo existiera el gen r y los dos citoplasmas (E) y (N); así habría plantas normales (N) rr y plantas androestériles (E) rr (Ramírez, 2006; citado por Serrano, 2008).

Modelo que explica la determinación genética de la Androestérilidad Génico-Citoplásmica.



Según la interacción entre citoplasma y núcleo aparecen estos fenotipos:

(E) →	rr	androestéril
(E) →	Rr	fértil
(E) →	RR	fértil
(N) →	rr	fértil
(N) →	Rr	fértil
(N) →	RR	fértil

R → Determina fertilidad cualquiera que sea el citoplasma tanto en homocigosis como en heterocigosis.

2.11 Clasificación y terminología

Dentro de la esterilidad génico-citoplásmica, Lacadena (1968) propuso la siguiente clasificación y terminología, de acuerdo con la procedencia del citoplasma y el núcleo que interaccionan entre sí, (Ramírez, 2006; citado por Serrano, 2008):

Autoplásmica: Es la que se produce en individuos cuyas células están constituidas por núcleos y citoplasmas que son propios como resultado de la coadaptación núcleocitoplásmica, de la población genética a que pertenecen los individuos (Ramírez, 2006; citado por Serrano, 2008)

Homoplásmica: La que se produce como consecuencia de la interacción entre el citoplasma procedente de una población genética y el núcleo (cromosomas) de otra población diferente, pero perteneciendo ambas poblaciones a la misma especie taxonómica (Ramírez, 2006; citado por Serrano, 2008).

Aloplásmica: La que se produce por la interacción de citoplasma y núcleo (cromosomas) de especies distintas. Puede ser interespecífica o intergenérica, según que ambas especies pertenezcan o no al mismo género taxonómico (Ramírez, 2006; citado por Serrano, 2008).

2.12 Ventajas con la androesterilidad

La incorporación de androesterilidad y definición de materiales restauradores de la fertilidad y esquema completo para producir semilla sin recurrir al desespigamiento en producción de semilla de híbridos, otorgará elementos para apoyar el abasto de semillas certificadas con la calidad genética obtenida por los fitomejoradores (Espinosa, 2006). La utilización del esquema de androesterilidad evitará que se suspendan lotes de producción de semilla por fallas en el proceso de desespigue y estar fuera de normas durante la etapa de desespigue. Además, se asegura que se distribuya semilla con buena calidad genética (Espinosa, 2006).

Con el esquema de androesterilidad se trata de coadyuvar a que se logre el incremento de semilla y por lo tanto se podrá elevar el uso de semilla certificada de híbridos de maíz con una mejor seguridad de obtener semilla de calidad, es decir, conservar la pureza genética y con la calidad adecuada de la semilla; además de reducir o disminuir los costos de producción, en el proceso de

desespigue (Espinosa y Tadeo, 2002). Es decir que la semilla de maíz híbrido puede producirse sin necesidad de realizar la labor de desespigue mediante la utilización de la androestérilidad (Tadeo *et al.* 2001).

2.13 Definición de calidad de semilla

Puede definirse como el nivel o grado de excelencia, el cual es asumido por las semillas, solamente cuando son comparadas con un estándar aceptable; la semilla puede ser superior, buena, mediana o pobre en calidad (Tadeo, 2004). La calidad de la semilla es un concepto múltiple que comprende varios componentes los cuales se refieren a la conveniencia o aptitud de la semilla para sembrarse (Thompson 1979; Blackie y Glasgow, citado por Tadeo, 2004).

2.14 Componentes de la calidad de semillas

La calidad es un concepto integral que está formada por cuatro componentes: genético, fisiológico, sanitario y calidad física de los cuales se describen a continuación (Tadeo, 2004).

2.14.1 Componente genético

Es la que obtiene el fitomejorador, y es mayor cuando se asegura la identidad genética o pureza varietal de acuerdo con la semilla original. La máxima calidad genética está relacionada con la copia fiel de la variedad obtenida por el mejorador (Tadeo, 2004).

Dentro de la calidad o componente genético existen factores que afectan la pureza genética de la semilla tales como: origen de la semilla, contaminaciones mecánicas, contaminaciones durante la polinización, la estabilidad genética y los efectos de selección (Tadeo, 2004).

2.14.2 Componente físico o calidad física

Se refiere al grado de excelencia con respecto a tamaño, forma, color, brillantez, densidad. Además considera también el porcentaje de semilla pura y peso, es decir, la presencia o ausencia de cualquier contaminante distinto de la semilla deseable. Estos contaminantes pueden ser: materiales inertes, semillas de malezas comunes y nocivas, formas reproductivas de plagas y enfermedades. En la cosecha se debe de controlar las mezclas físicas o daño mecánico (Tadeo, 2004; Terenti, 2004). Uno de los aspectos importante durante la cosecha, es el contenido de humedad al que se debe de iniciar la recolección de semilla con el objetivo de evitar al máximo el daño mecánico por lo que el equipo debe estar completamente limpio y libre de impurezas para evitar los contaminantes (Tadeo, 2004; Terenti, 2004).

2.14.3 Componente fisiológico

Se le denomina también calidad biológica. Este componente está integrado por características relacionadas con la capacidad metabólica y fisiológica para establecer nuevas plántulas y plantas sanas, dichas características son: germinación (activación enzimática, ruptura de la cubierta seminal, establecimiento de plántula), vigor (respuesta a condiciones desfavorables) y viabilidad (emergencia, latencia, longevidad) (Tadeo, 2004).

2.14.4 Componente sanitario

Las semillas pueden ser un medio ideal para el transporte de inóculo de patógenos de origen viral, bacterial o fungoso e inclusive de nematodos, que afectan la germinación y consecuentemente la emergencia y población de plantas, o bien causar problemas patológicos en los cultivos una vez establecidos; de ahí la importancia que la semilla se encuentre libre de microorganismos o patógenos

que pueden afectar a la propia semilla, y al mismo tiempo representan un problema para la producción de semilla (Tadeo, 2004; Quirós y Carrillo, 2006).

2.15 Tipos de híbridos y variedades.

Dentro de los híbridos de maíz existen diferentes tipos los cuales son: híbridos simples, híbridos trilineales, híbridos dobles e híbridos no convencionales, así como de variedades ejemplos son: variedades sintéticas, variedades mejoradas, variedades criollas (Serrano, 2008).

2.15.1 Híbridos simples

Los híbridos de cruce simple se forman mediante la unión de dos líneas autofecundadas. El progenitor masculino debe ser una línea buena productora de polen y el progenitor femenino sea buena productora de semilla. Una cruce simple es la descendencia híbrida de dos líneas autofecundadas ((Poehlman, 2003).

La cruce simple recupera el vigor que se perdió durante el proceso de autofecundación y será más vigorosa y productiva que la variedad progenitora original de polinización libre, de la que se obtuvieron las líneas autofecundadas, sus características son (Poehlman, 2003):

- Mayor potencial productivo de grano que el resto de tipos de variedades
- Son específicos para zonas con riego completo o bien, con condiciones excelentes en fertilización, manejo tecnológico y ambiente.
- Alta uniformidad de altura de planta y mazorca
- Se facilita la cosecha mecánica
- Escasa productividad de semilla, por lo que el precio de la semilla es alto
- Se requiere comprar la semilla cada año (Espinosa 2006).

2.15.2 Híbridos trilineales

Un híbrido tres vías es el resultado del cruzamiento de un híbrido simple, como parental femenino, y una línea consanguínea como macho. Tiene la ventaja del menor costo de la semilla. Sus características son intermedias entre híbridos simples y dobles (Ramírez, 2006).

- Menor potencial productivo de grano que los híbridos simples
- Mayor potencial productivo de grano que los híbridos dobles
- Responden bien para zonas con punta de riego, humedad residual y buen temporal
- Muy buena productividad de semilla
- Buena uniformidad de altura de planta y mazorca
- Se requiere adquirir la semilla cada año o ciclo agrícola
- Facilidad para producción de semilla y control de calidad (Espinosa 2006).

2.15.3 Híbridos dobles

Un híbrido doble se obtiene del cruzamiento entre 2 híbridos simples. Por tanto en su composición intervienen cuatro líneas puras diferentes. La semilla del híbrido doble es más barata que la del híbrido simple, ya que se obtiene sobre las plantas de híbridos simples con alto rendimiento y muy vigorosas (Ramírez, 2006).

- Menor potencial productivo de grano que los híbridos trilineales
- Mayor potencial productivo de grano que híbridos varietales
- Específicos para zonas de temporal, y condiciones desfavorables
- Buena productividad de semilla de ambos progenitores
- Regular uniformidad del híbrido final
- Difícil control de la calidad genética en producción de semillas
- La cosecha es manual
- La compra de semilla es cada ciclo (Espinosa 2006).

2.15.4 Variedades sintéticas

Se denomina variedad sintética a la generación avanzada que procede de semilla obtenida por polinización libre entre varios genotipos de una especie vegetal. Estos genotipos pueden ser líneas consanguíneas, clones ó poblaciones seleccionadas por diferentes procesos de mejora, (híbridos) (Ramírez, 2006).

- Expresan menor potencial productivo de grano que los híbridos varietales
- Poseen mayor potencial productivo de grano que las variedades mejoradas
- Especial para zonas de temporal deficiente, con condiciones de lluvia y ambiente desfavorables; recomendables para zonas de mediana productividad así como de tierras marginales
- Baja uniformidad de altura de planta y mazorca
- La semilla se puede obtener de la propia parcela por 4 o 5 generaciones
- Facilidad para producción de semilla, ya que es un solo lote aislado (Espinosa 2006).

2.15.5 Variedades mejoradas

Grupo de plantas uniformes con características bien definidas y que reúne la condición de ser diferente a otras, estable y uniforme en sus características, generalmente tiene mayor rendimiento que las variedades que le antecedieron

- Poseen menor potencial productivo de grano que las variedades sintéticas
- Mayor potencial productivo de grano que las variedades criollas
- Especial para zonas de temporal deficiente, es decir, en las provincias de tierras marginales
- Poseen de mediana a escasa productividad
- Baja uniformidad de altura de planta, mazorca y tamaño de mazorca
- La semilla para siembra se obtiene de la propia parcela (Espinosa 2006).

2.15.6 Variedades criollas

Es una variedad local producida a través del tiempo mediante la selección que hacen los propios agricultores

- Poseen limitado potencial productivo de grano
- Específicos para temporal deficiente o con problemas de falta de humedad, específicos en provincias de baja productividad así como en tierras marginales
- Poseen baja uniformidad de altura de planta y mazorca
- La cosecha debe efectuarse de forma manual
- La semilla se obtiene de la propia parcela
- Presenta facilidad para producción de semilla ya que implica un solo lote aislado (Espinosa 2006).

2.15.7 Híbridos no convencionales

Se obtiene de la combinación de: a) variedad X línea (mestizos), b) híbrido simple X variedad, c) variedad X híbrido simple, d) híbridos o variedades estabilizadas y, e) híbrido X híbrido

- Mayor potencial productivo de grano que las variedades sintéticas e híbridos varietales
- Responden bien en provincias de buen potencial productivo
- Presentan baja uniformidad de altura de planta, mazorca y tamaño de mazorca
- Se requiere adquirir semilla nueva, pero no es restrictiva esta condición
- La productividad de semilla es buena porque se obtiene de cruce simple o variedad (Espinosa 2006).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

El trabajo experimental se realizó en las instalaciones del rancho Almaraz de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, en la parcela designada numero 7, en el ciclo primavera-verano del 2007, bajo condiciones de temporal; se encuentra en el Municipio de Cuautitlán Izcalli Estado de México, ubicado a los 19° 42' 35" de Latitud Norte y 99° 11' 42" de Longitud Oeste; con una altitud de 2252 msnm.

3.2 Condiciones edafoclimáticas

3.2.1 Clima

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.

3.2.2 Temperatura.

El promedio anual de heladas es alto, 64 días, abarcando desde octubre hasta abril, son más frecuentes en diciembre, enero y febrero, las heladas tempranas se pueden presentar entre el 8 y 10 de septiembre y las tardías hasta mayo. 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, la temperatura máxima de 26.5 °C.

3.2.3 Precipitación.

La precipitación media anual es de 605 mm, de mayo a octubre, julio es el mes más lluvioso con 128.9 mm y febrero el 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. La frecuencia de granizadas es baja, se observa en verano principalmente.

3.2.4 Suelos.

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, 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

Se utilizaron los híbridos H-48, H-49, H-51, H-50, desarrollados por el Campo Experimental Valle de México, en su versión androestéril y fértil, así como los híbridos Puma 1075, Puma 1076 y Puma 1167, en versiones androestéril y fértil, desarrollados por el equipo de la Cátedra de Investigación “Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de maíz”, que lleva a cabo sus actividades en el Campo Experimental de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Adicionalmente se incluyeron materiales comerciales como son Leopardo, Promesa, H-153, HS 2. (Cuadro 1)

Cuadro 1. Híbridos evaluados de maíz fértiles y androestériles, desarrollados en el INIFAP y FESC-UNAM comparados con híbridos comerciales en Cuautitlán Izcalli, México, 2007.

Tratamiento	Híbrido	Tipo de híbrido	Adaptación
1	H-49 AE	Trilineal	Valles altos
2	H-47 AE	Trilineal	Valles altos
3	H-51AE	Trilineal	Valles altos
4	H-50 F	Hibrido doble	Valles altos
5	H-48 F	Trilineal	Valles altos
6	H-48 AE	Trilineal	Valles altos
7	H-50 AE *	Hibrido trilineal	Valles altos
8	Puma 1075 F	Trilineal	Valles altos
9	Puma 1076 F	Trilineal	Valles altos
10	Puma 1167 AE	Trilineal	Zona de transición
11	Puma 1167 F	Trilineal	Zona de transición
12	H-47 F	Trilineal	Valles altos
13	H-49 F	Trilineal	Valles altos
14	HS-2	Trilineal	Valles altos
15	Promesa	Trilineal	Valles altos
16	H-153	Trilineal	Zona de transición
17	Leopardo	Trilineal	Bajío
18	Puma 1075 AE	Trilineal	Valles altos
19	Puma 1076 AE	Trilineal	Valles altos
20	H-50 AE	Hibrido doble	Valles altos

Nota. H-50*; Híbrido androestéril en fase experimental, versión trilineal de H-50 fértil

3.4 Manejo agronómico

3.4.1 Preparación de terreno

La preparación del terreno consistió en un barbecho (esta labor se realizó en enero), rastra y cruza se efectuaron el de 16 mayo y el surcado el 5 de junio de 2007.

3.4.2 Siembra

La siembra se realizó el 13 de junio colocando 3 semillas por golpe y tapándolo con el pie, con distancia entre plantas de 50 centímetros.

3.4.3 Fertilización

La dosis de fertilización utilizada fue de 80-40-00, con base a los siguientes fertilizantes: urea (46-00-00, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) y fosfato de diamonico (18-46-00, $\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$) aplicándose todo el fertilizante en el momento de efectuar el surcado.

3.4.4 Control de malezas

El control de las malezas se realizó con los herbicidas y dosis siguientes:, 3 litros de sansón (nicosulfurón), 3 litros de hierbamina, (2,4-D amina) 3 kg de gesaprim (atrazina) realizado en 2 aplicaciones, la primera aplicación fue el 29 de junio y la segunda se aplicó el 6 de julio, por medio de un aspersor de mochila. Las malezas principales que se presentaron en la parcela fueron el chayotillo (*Sicyus angulatos*), pasto cola de zorro (*Hordeum comosum*) y el pasto coquillo (*Cyperus rotundus* L).

3.4.5 Cosecha

La cosecha se realizó a cabo de forma manual, esta actividad se realizó en diciembre; se retiraron todas las mazorcas de la planta sin importar si estaba dañada por aves, roedores o presentaran alguna enfermedad.

3.5 Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar, con 20 tratamientos y tres repeticiones resultando 60 unidades experimentales. La unidad experimental estuvo constituida por 1 surco de 5 metros de longitud por 0.80 metros de ancho.

3.6 Análisis estadístico

Se llevó a cabo un análisis de varianza y comparación de medias por la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para cada una de las variables registradas, con el programa estadístico SAS (1999).

3.7 Variables registradas

3.7.1 Días a floración masculina

Se contaron los días transcurridos desde la siembra hasta la aparición del 50% de las espigas, cuando estaba en plena floración.

3.7.2 Días a floración femenina

Se consideró el número de días entre la siembra y la fecha en que el 50% de las plantas ya contaban con estigmas de 2 a 3 centímetros aproximadamente.

3.7.3 Altura de planta

Se tomó la medida desde la base de la planta o punto de inserción de las raíces hasta el punto donde la espiga comienza a dividirse, seleccionando 5 plantas al azar.

3.7.4 Altura de mazorca

Se eligieron 5 plantas al azar, se midió la longitud desde la base de la planta hasta el nudo donde se inserta la mazorca más alta, tomándose el promedio de ellas como dato final.

3.7.5 Número de plantas cosechadas

Se consideraron todas las plantas que se cosecharon de cada parcela sin tomar en cuenta si contaban con 1, 2 o ninguna mazorca.

3.7.6 Porcentaje de cuateo

Se registraron las plantas de cada parcela que tenían dos mazorcas o más, y se estimó el porcentaje de acuerdo al total de las plantas presentes en cada parcela.

3.7.7 Acame de tallo

Para esta variable se tomó el dato al momento de la cosecha, anotando el valor de la calificación, manejando una escala del 1 al 10 donde el valor de 10 corresponde a las plantas que no presentaron acame y el valor más bajo (1) a las que presentaban cierto acame o el tallo quebrado.

3.7.8 Mazorcas buenas y malas

Después de pesadas las mazorcas se colocaron en el suelo en cada parcela correspondiente y se determinó el número de mazorcas buenas (sin daño alguno, es decir,) y las que se encontraban dañadas ya sea por plagas o enfermedades

3.7.9 Calificación de mazorca

La calificación de mazorca o aspecto físico se determinó con base a una escala de valores del 1 al 10, en donde el 10 representa las mejores características para la mazorca (hileras completas, granos enteros).

3.7.10 Longitud de mazorca

La longitud de mazorca se midió desde la base hasta la punta, con una regla de 30 centímetros. Se tomaron cinco mazorcas al azar por cada parcela, y se obtuvo su promedio para el dato final.

3.7.11 Diámetro de mazorca

Este dato se obtiene de la parte media de la mazorca a cada una de las 5 mazorcas de la muestra, por medio de un vernier en calibrado en centímetros, tomando la media como dato final.

3.7.12 Diámetro de olote

El diámetro de olote se determinó después de desgranar las cinco mazorcas, se midió la parte media del olote de cada mazorca por medio de un vernier y se obtuvo el promedio.

3.7.13 Número de granos/hilera

El número de granos por hilera se obtuvo de una muestra de 5 mazorcas escogidas al azar, contando los granos de una hilera de cada mazorca y se determinó el promedio.

3.7.14 Peso de 200 granos

Esta variable se obtuvo de una muestra desgranada de 5 mazorcas, se homogeneizó, se contaron 200 granos y se pesaron.

3.7.15 Porcentaje de grano

El porcentaje de grano se obtiene de la relación entre el peso del grano y el peso total de la muestra multiplicado por 100, es decir.

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

3.7.16 Porcentaje de materia seca

El porcentaje de materia seca se determinó de una muestra de 250 gramos de grano por parcela, de las mazorcas en buen estado; se obtuvo la humedad del grano en porcentaje (%), por medio de un determinador eléctrico tipo stenlite, para posteriormente restarle el 100% y así determinar el porcentaje de materia seca.

3.7.17 Peso volumétrico

Para obtener esta variable se desgranó y homogeneizó completamente el grano de las 5 mazorcas, pesándolo en una balanza hectolítrica, de esta forma obtener la relación de la muestra a un litro, es decir determinar el peso de 1 litro de grano.

3.7.18 Rendimiento

El rendimiento se determinó en base con la siguiente fórmula:

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

Donde:

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

% 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 m^2 .

8600 = Es una constante para estimar el rendimiento con una humedad comercial de 14%.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 2 se presentan los cuadrados medios y significancia estadística de las diferentes variables evaluadas en los híbridos androestériles y fértiles, para los factores de variación tratamientos y repeticiones. Para rendimiento se presentó diferencia altamente significativa en el factor tratamientos, la media de rendimiento fue de 5416 Kg. /ha y el Coeficiente de Variación de 16.7%. Para tratamientos se identificaron diferencias altamente significativas para las variables: rendimiento, mazorcas buenas, plantas cosechadas, peso volumétrico, sanidad de mazorca y diámetro de mazorca, así como diferencias significativas para las variables longitud de mazorca y porcentaje de grano. El coeficiente de variación oscilo de 2.4% para floración masculina hasta 99.6 % para mazorcas malas, en este caso el valor elevado se debe a la propia naturaleza de la variable.

Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables evaluadas en híbridos de maíz fértiles, androestériles y comerciales, Cuautitlán Izcalli México, 2007.

Variable	Tratamientos	Repeticiones	Media	C.V. (%)
Rendimiento	21511119.6**	1403703.7 NS	5416	16.7
Floración masculina	6.600 NS	2.616 NS	79	2.4
Floración femenina	9.371 NS	3.516 NS	79	3.52
Altura de planta	4991.301 NS	5628.466 NS	213.7	26.0
Altura de mazorca	353.118 NS	485.116 NS	98.9	16.9
Mazorcas buenas	81.736 **	73.550 NS	14	36.8
Mazorcas malas	4.507 NS	2.450 NS	2	99.6
Plantas cosechadas	76.263 **	33.866 NS	12	35.7
Peso volumétrico	1214.561 **	656.250 NS	663.0	3.21
Sanidad de mazorca	1.244 **	0.00 NS	8.3	8.2
Sanidad de planta	0.470 NS	0.466 NS	8.4	7.4
Peso de 200 granos	48.192 NS	26.016 NS	42.18	12.8
Longitud de mazorca	2.329 *	0.007 NS	14.2	7.6
Hileras/mazorca	2.262 NS	1.950 NS	16	7.5
Granos/hilera	11.807 NS	1.216 NS	30	9.3
Diámetro de mazorca	0.063 NS	0.067 NS	4.4	6.7
Diámetro de olote	0.057 **	0.044 NS	2.5	4.8
Granos/mazorca	3702.207 NS	2979.116 NS	477	12.8
% de grano	11.422 *	1.232 NS	82.3	12.5
% de materia seca	78.273 NS	98.603 NS	81.5	10.6

** Altamente significativo (0.01), * Significativo (0.05), NS = No significativo

En la comparación de medias para la variable rendimiento, (Cuadro 3) los diferentes materiales evaluados, definieron dos grupos de significancia, el rendimiento más elevado lo tuvo el híbrido H-50 AE* con 6710 Kg./ha, explicándose que este híbrido es especial para las zonas de temporal favorable, sin embargo prospera aceptablemente cuando hay ciertas limitaciones en la precipitación pluvial, lo que se debe a que posee cierta rusticidad, además de que es de cruza doble (Espinosa *et al.*, 2006), dos de los progenitores que lo forman, son líneas de alto nivel de endogamia, en cambio las otras dos líneas son de baja endogamia (Espinosa *et al.*, 2004), cabe mencionar que H-50 es el híbrido de mayor uso comercial (Espinosa *et. al.*, 2006; González *et al.*, 2007; Téllez, 2008); en segundo lugar se ubicó el híbrido trilineal Puma 1075 F con 6670 kg/ha, que presenta en este trabajo buen potencial productivo, lo que es reportado en trabajos previos, en zonas de buen temporal, punta de riego y humedad residual (Espinosa *et al.*, 2006) en tercer y cuarto lugar se ubicaron los híbridos de maíz HS-2 y Promesa, con 6256 kg/ha y 6141 kg/ha, ambos desarrollados en el Colegio de Postgraduados.

El menor rendimiento lo expresa el híbrido Puma 1167 F, con 3202 kg/ha, lo que no corresponde a resultados obtenidos en otros trabajos, donde este híbrido ha expresado buen nivel productivo, una explicación al respecto, se debió a que hubo pocas plantas y por ende pocas mazorcas buenas, lo que propició un bajo rendimiento, al estar en clara desventaja, su floración fue tardía, lo que hubiese permitido un mayor rendimiento si hubiese habido suficientes plantas (Tanaka y Yamaguchi, 1972), en este caso se decidió analizar aún con esta limitación, es decir sin eliminar del análisis a este híbrido. El genotipo Leopardo con 5860 kg/ha se ubicó en el primer grupo de significancia (Cuadro 3).

Para el caso de la variable porcentaje de grano, presentó dos grupos de significancia, en el grupo A se registraron 18 genotipos para la diferencia mínima significativa manejada, para el grupo B tuvo 19 tratamientos, el mejor genotipo para esta variable estadísticamente es el híbrido HS-2 reportando 85.5% de grano, en segundo lugar se encuentra el híbrido Puma 1075F con 84.5 %.

El bajo porcentaje de grano se obtuvo con el híbrido Leopardo con 78.2 %, en penúltimo lugar estuvo el híbrido Puma 1167F con 78.7%; esta variable esta es importante en relación al rendimiento, ya que híbridos con un valor superior a 80 % de grano se considera aceptable, esta variable esta relacionada con el rendimiento, ya que estos mismos híbridos reportaron mayores rendimientos (Cuadro 3)

En lo que respecta a la floración tanto masculina como femenina, se formó un solo grupo de significancia, en cada caso, lo que indica que no hubo diferencia estadística en la floración masculina para los 20 híbridos, lo que se aplica en el caso de la floración femenina, ya que estadísticamente fue similar para los 20 materiales la emisión de estigmas.

Se observo que los híbridos: HS-2, H-51 AE (Androestéril) y el Puma 1167 fértil tuvieron la floración masculina a los 82 días y la floración femenina a los 83, 82 y 79 días respectivamente, valores que corresponden a materiales de ciclo intermedio, similares a otros materiales comerciales como H-50 y H-48 que se utilizan en forma extensiva en Valles Altos (González *et al.*, 2007), (Cuadro 3).

En el caso de los genotipos: Puma 1076 fértil y el híbrido Promesa se definió que su floración masculina ocurrió a los 76 y 77 días, respectivamente y la floración femenina a los 77 y 78 días para los dos casos de híbridos, evidentemente las floraciones no incidieron de manera directa con el rendimiento, muestra de ello es el híbrido HS-2 que sus floraciones fueron mas tardías y se ubicó en tercer lugar en cuanto a producción de grano (cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de medias ($P \leq 0.05$) para las variables: rendimiento, porcentaje de grano, floración masculina y floración femenina, en híbridos de maíz androestériles y fértiles evaluados en Cuautitlán Izcalli, México, 2007.

Genotipo	Rendimiento (Kg/ha)	Porcentaje de grano (%)	Floración masculina (Días)	Floración femenina (Días)
H-50 AE *	6710 a	82.5 a b	79 a	78 a
Puma1075 F	6670 a	84.5 a b	78 a	77 a
HS-2	6256 a	85.5 a	82 a	83 a
Promesa	6141 a	82.8 a b	77 a	78 a
H-50 AE	6039 a	82.9 a b	79 a	79 a
Leopardo	5860 a b	78.2 b	79 a	81 a
H-153	5855 a b	80.0 a b	80 a	82 a
H-50 F	5838 a b	83.7 a b	78 a	79 a
H-48 F	5715 a b	81.9 a b	80 a	81 a
H-47 F	5554 a b	83.9 a b	79 a	80 a
H-47 AE	5478 a b	81.1 a b	80 a	79 a
Puma1167 AE	5333 a b	79.9 a b	80 a	81 a
H-48 AE	5198 a b	83.9 a b	79 a	77 a
Puma1075 AE	5129 a b	82.1 a b	79 a	79 a
H-49 F	4990 a b	82.7 a b	80 a	78 a
H-51 AE	4770 a b	83.6 a b	82 a	82 a
H-49 AE	5198 a b	82.6 a b	78 a	79 a
Puma1076 F	4452 a b	84.6 a b	76 a	77 a
Puma1076 AE	4387 a b	81.7 a b	79 a	78 a
Puma1167 F	3202 b	78.7 b	82 a	79 a
D.S.H. (0.05)	2805	6.5	6	9

DSH= Diferencia significativa honesta

Nota. Valores con misma letra son estadísticamente iguales

En el siguiente cuadro se presentan los rendimientos de cada uno de los materiales evaluados, en donde se ordenaron cada uno de los híbridos, ubicando cerca una de otra las versiones fértiles y androestériles, se calculo para cada caso el porcentaje que representa la versión androestéril, con respecto a la versión fértil a la cual se le consideró como 100 % (cuadro 4)

Cuadro 4. Rendimiento de los diferentes híbridos de maíz evaluados en versión fértil y androestéril y la comparación en porcentaje de estas versiones considerando a la versión fértil como referente al 100 %.

Genotipo	Rendimiento kg/ha	Fértil vs Androestéril (%)
H-50 AE *	6710 a	114.9
H-51 AE	4770 a b	81.7
H-50 F	5838 a b	100
H-50 AE	6039 a	103.4
H-48 AE	5198 a b	90.9
H-48 F	5715 a b	100
H-49 AE	5198 a b	104.2
H-49 F	4990 a b	100
H-47 AE	5478 a b	98.6
H-47 F	5554 a b	100
P-1167 AE	5333 a b	166.5
P-1167 F	3202 b	100
P-1075 AE	5129 a b	76.9
P-1075 F	6670 a	100
P-1076 AE	4387 a b	98.5
P-1076 F	4452 a b	100
HS-2	6256 a	100
Promesa	6141 a	98.2
Leopardo	5860 a b	93.7
H-153	5855 a b	93.6

Nota. Híbridos con misma letra en la misma columna son estadísticamente similares ($P \leq 0.05$).

Para los casos de los híbridos H-50* con 14.9 %, H-49 con 4.2 % y Puma 1167 con 66.5 %, las versiones androestériles fueron superiores a las versiones fértiles, en cambio en H-48 con 90.9 %, H-47 con 98.6 %, Puma 1075 con 76.9 % Puma 1076 con 98.5 %, las versiones fértiles mostraron mayor rendimiento que en la versión androestéril, quizá se debió a las condiciones en que se llevó a cabo el

trabajo (Téllez, 2008). Los valores señalados permiten establecer una referencia entre híbridos fértiles y androestériles, lo cuales son similares estadísticamente en algunos casos, debido a que no hubo superioridad significativa entre los materiales evaluados. Esto es importante, ya que en anteriores trabajos se han reportado expresiones donde la versión androestéril expresa mejor resultado como en el primer caso. Cuadro 4.

Martínez *et al.* 2005, evaluaron 8 híbridos de maíz comparando la androesterilidad y androfertilidad con respuesta de fertilización y densidad de población en la cual se concluyó que las versiones androestériles superaron a sus contrapartes fértiles en la mayoría de los caracteres relacionados con el rendimiento, y según Uhart y Andrade (1995) citado por Martínez (2005), la superioridad puede deberse al ahorro de energía que estos presentan al no producir polen.

El empleo de la esterilidad masculina permite mantener y cuidar la calidad genética de la semilla, limitando que se pierda la certificación del lote de producción; adicionalmente hay otras ventajas con el esquema de androesterilidad, disminuye el empleo de la mano de obra para desespigar, ya que la producción de semilla es costosa, de tal manera que aún cuando en los resultados obtenidos no se presenta mayor rendimiento de los híbridos androestériles con respecto a los fértiles, su comportamiento es similar, ya que esa similitud se reflejaría en los jornales que se usa en el desespigue.

Para la variable de altura de planta se definieron dos grupos de significancia, el híbrido Puma 1076 AE, presentó mayor altura con 368 cm, con respecto al híbrido HS-2 del Colegio de Postgraduados registrando una altura de 259 cm, en tercer lugar se ubica el híbrido Promesa con 222 cm (cuadro 5).

Este valor es de interés en aquellos casos donde se podría usar a los materiales para doble propósito o para producción de forraje, aunque también la altura de la planta se relaciona con mayor número de hojas y se traduce en mayor producción

de fotosintatos; y debido a la incorporación de la androestérilidad, estos fotosintatos o energía solo se utilizaran para la producción y llenado de grano, es decir la energía se va a una sola demanda; (Espinosa, 2003; citado por Téllez, 2008). Sin embargo la menor altura de planta está relacionada con tolerancia al acame (cuadro 5)

La menor altura reportada correspondió al híbrido H-48 F con 172 cm., seguido del genotipo Puma 1076 F registrando un valor de 185 cm., la altura o el bajo porte de planta se maneja para evadir el problema del acame influyendo de manera directa en la productividad así mismo a los costos de mano de obra para la cosecha. (Cuadro 5)

En el caso de las mazorcas buenas, se tuvieron dos grupos de significancia, la diferencia en número se debió en algunos casos a que éstas fueron vulnerables ante una enfermedad (podriciones de mazorca por hongos: *gibberella zeae* y *fusarium miniliforme*) o plaga (roedores) repercutiendo en el rendimiento ya que se cosecharon algunas mazorcas incompletas y dañadas, en otros casos el limitado número fue propiciado por menor número de plantas establecidas, lo que tuvo que ver con dificultad en la emergencia y en general algún tipo de daño durante el periodo de plántula, como fue ataque de pájaros y roedores, el híbrido que presentó las mejores mazorcas fue el genotipo Leopardo con 26 mazorcas buenas, en segundo lugar se ubica el Puma 1075 F con 25 mazorcas, el genotipo que menor número de mazorcas buenas tuvo es el Puma 1167 solo 8 mazorcas. (Cuadro 5)

Con respecto al peso volumétrico, al igual que la mayoría de las variables analizadas, presentó dos grupos de significancia, el mayor peso volumétrico lo registro el Puma 1167 AE con 700 kg/hl, (kilogramos por hectolitro), en segunda posición está el genotipo H-50 AE con 697 kg/hl; el menor peso registrado para esta variable fue el H-48 AE con 633 kg/hl., esta variable se registro para saber cuánto pesa un litro de grano de un híbrido, se relación con la comercialización del grano en transporte o contenedor. (Cuadro 5)

En la sanidad de mazorca, aspecto importante en la calidad de la semilla, se mostraron dos grupos de significancia, lo que señala que hay algunas diferencias entre materiales, el híbrido que tuvo mejor sanidad de mazorca fue el Puma 1075 de conformación fértil, esta tiene importancia en la calidad física de la semilla, al no presentar daño por enfermedad o plaga o el daño es mínimo; el híbrido que presentó mayor daño fue Puma 1076 F en el que la valoración tuvo 7 en aspecto de mazorca, sin embargo en este caso es un poco sesgada la información porque hubo pocas plantas por parcela y al parecer fue afectado por alguna plaga, principalmente aves o alguna enfermedad. (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de medias de las variables: Altura de planta, mazorcas buenas, peso volumétrico y sanidad de mazorca de maíz en Cuautitlán Izcalli México, primavera-verano 2007.

Genotipo	Altura de planta (cm.)	Mazorcas buenas (número)	Peso volumétrico (kg/hl)	Sanidad de mazorca
Puma 1076 AE	368 a	10 a b	658 a b	9 a b
HS-2	259 a b	20 a b	653 a b	8 a b
Promesa	222 a b	13 a b	670 a b	8 a b
Puma 1075 AE	221 a b	13 a b	637 a b	8 a b
Puma 1075 F	221 a b	24 a b	683 a b	10 a
Puma 1167 F	221 a b	8 b	663 a b	8 a b
H-153	214 a b	21 a b	680 a b	9 a b
H-50 AE	212 a b	12 a b	697 a b	9 a b
H-49 F	209 a b	12 a b	650 a b	8 a b
H-47 AE	206 a b	11 a b	657 a b	8 a b
H-50 F	204 a b	13 a b	687 a b	9 a b
H-49 AE	203 a b	9 a b	677 a b	8 a b
H-50 AE *	198 a b	20 a b	680 a b	9 a b
H-51 AE	196 a b	8 b	642 a b	9 a b
Leopardo	194 b	26 a	653 a b	9 a b
H-48 AE	195 b	10 a b	633 b	9 a b
Puma 1167 AE	191 b	11 a b	700 a	9 a b
Puma 1076 F	185 b	14 a b	653 a b	7 b
H-47 F	184 b	12 a b	637 a b	8 a b
H-48 F	173 b	16 a b	650 a b	9 a b
MSD	173	16	66	2.0

MSD= Diferencia mínima significativa o diferencia significativa honesta.
 Nota. Valores con misma letra son iguales estadísticamente. (P ≤ 0.05).

Con la variable de longitud de mazorca se presencian dos grupos de significancia, lo que indica que la capacidad productiva es diferente, esta variable es importante porque a mayor longitud se presenta mayor numero de granos por hilera reflejándose en mayor peso, que coincide con Melchiori *et al*, (2003), quienes evaluaron 89 experimentos de maíz de 1994 a 2003 y determinaron que el número de granos influye directamente en el rendimiento de maíz aunado a la variable de peso de grano, elementos de productividad, que seguramente son parte de la expresión final del genotipo, para esta variable la mayor longitud se da por el híbrido Puma 1167 F con 16.1 cm., otro hibrido que tiene una aceptable longitud es el Puma 1157 F con 15.0 cm., el material que presentó la menor longitud es el hibrido H-51 AE con solo 12.3 cm. (Cuadro 6).

En el diámetro de mazorca se observa que para este componente de rendimiento estadísticamente no existe diferencia entre los tratamientos evaluados; los genotipos que registraron el mayor diámetro son los híbridos Puma 1076 de conformación fértil y el Puma 1076 de la versión androestéril midiendo 4.6 cm.; para los de menor diámetro se reportaron los híbridos H-49 androestéril y H-47 de la misma versión con 4.2 cm. y 4.0 cm., respectivamente bajo la media de 4.4 cm. (Cuadro 6)

Con relación al diámetro de olote se presencian dos grupos de significancia esta variable de cierta manera refleja el rendimiento del maíz un mayor grosor de olote tendrá mayor numero de hileras por mazorca, aunque no sea tan representativo y no precisamente es una regla; un aceptable diámetro de olote es que tiene el hibrido Leopardo registrando un valor de 2.8 cm., ocupando el segundo lugar el genotipo Puma 1167AE con 2.7 cm., los híbridos: HS-2, H-50AE y H-51AE registran el menor diámetro midiendo solamente 2.4 cm (Cuadro 6)

En el caso de la variable de plantas cosechadas se presentan tres grupos de significancia, bajo el valor de la diferencia mínima significativa manejada; estas diferencias se debieron a problemas en el establecimiento, o bien por daño de

pájaros y roedores, la diferencia también se presentó de manera numérica, además de que el coeficiente de variación es alto, el que tuvo más plantas cosechadas fue el híbrido Leopardo, híbrido desarrollado por Monsanto, con 25 plantas, en segundo lugar lo ocupa el híbrido H-153 con 21 plantas cosechadas; el genotipo que tuvo menos plantas cosechadas es el híbrido Puma 1167 con solo 5 plantas seguido del híbrido H-51 AE y el H-49 AE reportando 9 plantas cosechadas , y en el caso del híbrido Puma 1167F esta variable, como era de esperarse, repercutió seriamente en el rendimiento debido a muy pocas mazorcas obtenidas (Cuadro 6)

Cuadro 6. Comparación de medias de las variables: Longitud de mazorca, diámetro de olote, plantas cosechadas en híbridos de maíz evaluados en Cuautitlán Izcalli, primavera-verano 2007.

Genotipo	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm.)	Diámetro de olote (cm.)	Plantas cosechadas (núm.)
Puma 1167 F	16.2 a	4.4 a	2.7 a b c	5 c
Puma 1167 AE	15.4 a b	4.5 a	2.8 a b	11 b c
H-49 F	15.2 a b	4.4 a	2.5 a b c	9 b c
P-1075 F	15.0 a b	4.6 a	2.6 a b c	19 a b c
Leopardo	15.0 a b	4.5 a	2.9 a	25 a
H-47 AE	14.7 a b	4.0 a	2.6 a b c	10 b c
H-49 AE	14.7 a b	4.2 a	2.5 a b c	9 b c
HS-2	14.2 a b	4.4 a	2.4 a b c	18 a b c
H-50 AE *	14.2 a b	4.5 a	2.5 a b c	17 a b c
H-47 F	14.1 a b	4.4 a	2.4 a b c	12 a b c
H-50 F	14.0 a b	4.5 a	2.6 a b c	12 a b c
Promesa	14.0 a b	4.5 a	2.7 a b c	10 b c
H-48 F	14.0 a b	4.3 a	2.5 a b c	12 a b c
H-153	14.0 a b	4.3 a	2.7 a b c	21 a b
P-1076 AE	13.8 a b	4.6 a	2.7 a b	9 b c
H-50 AE	13.8 a b	4.4 a	2.4 a b c	14 a b c
H-48 AE	13.4 a b	4.4 a	2.5 a b c	8 b c
P-1076 F	13.3 a b	4.4 a	2.6 a b c	14 a b c
P-1075 AE	13.1 a b	4.4 a	2.6 a b c	10 b c
H-51 AE	12.4 b	4.5 a	2.4 a b c	9 b c
MSD	3.4	0.9	0.4	14

MSD= Diferencia mínima significativa

Nota. Valores con misma letra son estadísticamente iguales. (P ≤ 0.05).

Para las variables: altura de mazorca, mazorcas malas, sanidad de planta, peso de 200 granos, hilera/mazorca, granos por hilera, granos por mazorca y porcentaje de materia seca definen que no existen diferencias estadísticas significativas, no presentaron grupos de significancia su comportamiento fue similar; del mismo modo sucede con la floración masculina y femenina, es decir, que no hay diferencias entre los genotipos evaluados lo que indica que estos componentes no influyeron directamente para el rendimiento.(Cuadro 7).

Cuadro 7. Comparación de medias de las variables: Altura de mazorca, mazorcas malas, sanidad de planta y materia seca en híbridos de maíz evaluados en Cuautitlán Izcalli México, primavera-verano 2007.

Genotipo	Altura de mazorca(cm.)	Mazorcas malas(Núm.)	Sanidad de planta	Materia seca (%)
Puma 1075 F	116 a	3 a	9 a	83.0 a
H-50AE	113 a	2 a	9 a	82.4 a
HS-2	112 a	4 a	9 a	82.0 a
H47AE	110 a	2 a	8 a	82.4 a
Puma 1167 F	107 a	1 a	8 a	60.3 a
H-49 F	106 a	1 a	8 a	81.0 a
H-50 F	106 a	2 a	9 a	81.4 a
Puma 1076 AE	103 a	1 a	9 a	82.7 a
Promesa	101 a	4 a	8 a	82.0 a
H-50AE *	99 a	3 a	9 a	84.0 a
H-51 AE	98 a	0 a	8 a	82.4 a
H-153	98 a	2 a	9 a	84.0 a
Puma 1075 AE	98 a	0 a	8 a	83.0 a
H-48 AE	96 a	0 a	8 a	84.8 a
Leopardo	94 a	1 a	9 a	83.0 a
H-49 AE	91 a	3 a	8 a	84.4 a
Puma 1167 AE	90 a	4 a	8 a	82.8 a
H-48 F	83 a	0 a	8 a	82.0 a
Puma 1076 F	80 a	1 a	8 a	82.5 a
H-47 F	77 a	2 a	8 a	80.0 a
DMS	51.9	6	2	27

DMS. Diferencia Mínima Significativa

Nota. Valores con misma letra son estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$).

Cuadro 8. Comparación de medias de las variables: Hileras por mazorca, granos por hilera, granos por mazorca y peso de 200 granos en híbridos de maíz evaluados en primavera-verano 2007, Cuautitlán Izcalli México.

Genotipo	Hilera/mazorca (Número)	Granos por hilera (Núm.)	Granos por mazorca (Núm.)	Peso de 200 granos (Gr.)
H-51 AE	18 a	27 a	490 a	34.7 a
H-50 F	17 a	31 a	537 a	46.7 a
Promesa	16 a	30 a	493 a	46.0 a
HS-2	16 a	33 a	534 a	42.7 a
Puma 1075 F	16 a	33 a	539 a	45.3 a
H-50 AE	16 a	29 a	477 a	46.7 a
Puma 1076 F	16 a	28 a	449 a	44.7 a
H-49 F	16 a	32 a	513 a	39.0 a
Puma 1076 AE	16 a	25 a	406 a	46.7 a
H-47 AE	16 a	31 a	496 a	43.3 a
H-50AE*	16 a	31 a	486 a	41.3 a
Puma 1075 AE	16 a	29 a	450 a	38.0 a
H-48 AE	16 a	28 a	438 a	43.3 a
H-48 F	15 a	31 a	476 a	36.7 a
H-47 F	15 a	29 a	451 a	44.7 a
Puma 1167 AE	15 a	30 a	465 a	48.7 a
H-49 AE	15 a	32 a	481 a	39.3 a
Puma 1167 F	15 a	31 a	465 a	38.0 a
Leopardo	14 a	32 a	475 a	38.0 a
H-153	14 a	31 a	439 a	40.0 a
DMS	4	9	190	17.0

DMS. Diferencia Mínima Significativa

Nota. Valores con misma letra son estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$).

Dentro de los componentes de rendimiento, mencionados anteriormente, no mostraron diferencias entre genotipos y se deduce que un solo componente no es representativo para la productividad de un híbrido o variedad, pero si se conjuntan varios componentes de rendimiento si influyen en la producción de maíz, y analizados los componentes se hace énfasis en que también existe factores externos, no solo es el componente genético, que inciden de cierta manera en la productividad.

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de manejo, objetivos planteados, resultados obtenidos y alcances de este trabajo se concluye lo siguiente:

1. Los materiales evaluados en este experimento, considerando la media de su comportamiento en las versiones fértiles y androestériles, presentaron diferencias estadísticas en rendimiento, variación que se explica por el origen de los progenitores y tipo de híbrido.
2. El mayor rendimiento se obtuvo con el híbrido H-50* (Androestéril) que registró una producción de 6710 kg/ha, en segundo lugar se ubica el híbrido Puma 1075 de fertilidad normal con 6670 kg/ha.
3. En los 20 materiales evaluados para este trabajo con base a la media de su comportamiento, en algunos híbridos la versión androestéril fue superior a las versiones fértiles (H-49, H 50, Puma 1167) que representa el 4.2%, 14.9%, 66.5% respectivamente.
4. En el caso de híbridos, H-48, H-47, Puma 1075, Puma 1076, la versión fértil mostró mayor rendimiento que la versión androestéril, representando con 90.9%, 98.6%, 76.9%, 98.5%, respectivamente. Se recomienda seguir evaluando este tipo de híbridos debido a que el componente genético es relevante.
5. Para las empresas, pequeños productores y organizaciones de productores el esquema de esterilidad masculina puede representar una interesante opción que disminuye los costos por producción, ya que no se requiere de mano de obra para emascular.

VI. BIBLIOGRAFIA

Allard R. W. 1967. Principios de la mejora genética de las plantas. Ediciones Omega. Barcelona, España. Pág. 258.

CIMMYT. 1995. Manejo de ensayos e informes de datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz del CIMMYT. México. D.F.

Chatel M., Ospina Y. Mejoramiento genético de arroz, selección recurrente utilizando androestérilidad genética: un nuevo método de selección. CIAT-CIRAD.

Chávez B. J. M. 2006. Servicio de inspección y certificación de semillas (SNICS): La certificación de semillas. Pág. 10 INIFAP.

Clara R. V. Nora E. D' C. 1980. La androestérilidad en el mejoramiento del sorgo. CENTA – INTSORMIL (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal) El Salvador.

Espinosa C. A., Tadeo R M., Piña del V. A. 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., Sierra M. M., Gómez M. N. 2002. Producción y tecnología de semillas mejoradas de maíz por el INIFAP en el escenario sin la PRONASE. Análisis y comentarios. Agronomía mesoamericana 14: 117-121.

Espinosa C. A., Tadeo R. M., Martínez M. R., Azpíroz R. S. 2006. Importancia del uso de androestérilidad en la producción de semilla híbrida de maíces de valles altos y zonas de transición. INIFAP. Pp. 56-57

Espinosa C. A., Tadeo R. M., Martínez M. R., Lothrop J., Azpíroz R. S., Casiano T. C., Bonilla B. J., María R. A., Pérez C. J. P., Ávila P. M. A., Gámes V. J., Salinas M. Y. 2004. H-50 nuevo híbrido de maíz para los Valles Altos de México. Sagarpa, INIFAP, CEVAMEX, Chapingo México. 3 p.

Espinosa C. A., Tadeo R. M., Martínez M. R., Lothrop. J., Azpíroz R. S., Casiano. T. C., Bonilla B. J., María R. A., Pérez C. J. P., Ávila P. M. A., Gámes V. J., Salinas M. Y. 2004. H-50. Nuevo híbrido de maíz para los Valles Altos de México. Folleto técnico Núm. 17. 19 p.

González E., A.; J. Islas G.; A. Espinosa C., A. Vázquez C.; S. Wood. 2007. Impacto económico del mejoramiento genético del maíz en México: Híbrido H-50. INIFAP, Serie: Estudios de Evaluación del Impacto Económico de Productos del INIFAP. Publicación Técnica no. 24. México. 83 p.

INIFAP. Méx. 2007, Memoria técnica número 8 Centro de Investigación Regional Centro, Campo Experimental Valle de México. Pp. 4-6.

Jugenheimer R. W., 1981. Maíz variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semilla. Editorial Limusa. Pp. 69-70.

Martínez C. L., Leopoldo E. M. O., García G. de los S., Mendoza M. del C. C., Martínez G. A. 2005. Producción de semilla híbrida de maíz con líneas androfértiles y androestériles isogénicas y su respuesta a la fertilización y densidad de población. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 28. Chapingo México.

Martínez C. L., Leopoldo E. M. O., García G. de los S., Mendoza M. del C. C., Martínez G. A. 2006. Rendimiento de grano de híbridos isogénicos de maíz formados mediante androestérilidad vs desespigamiento. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 29. Chapingo México.

Martínez M. R. 1994. Capacidad productiva de híbridos trilineales experimentales de maíz pumas en valles altos. Tesis de licenciatura, UNAM. Cuautitlán Izcalli, Edo de México. Pp. 25-28.

Melchiori R. J. M., Caviglia O. P., Kemmerer A. C. 2003. Fertilización nitrogenada y componentes del rendimiento en maíz en el centro-oeste de entre ríos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.

Millán J. A., Malavé E. 1997. Evaluación de 20 híbridos de maíz blanco (*zea mays*) en Santa Bárbara, Estado Monagas, FONAIAP. Bioagro. Venezuela. Pp 26-31

Morris, M. L. y M. A. López Pereira. 2000. Impactos del Mejoramiento de Maíz en América Latina 1966-1997. México D.F. CIMMYT. 45 p.

Poehlman M. J., Allen D. S. 2003. Mejoramiento genético de las cosechas. Edit. Limusa. 337 p.

Quirós W. O. Carrillo O. A. 2006. La importancia del insumo semilla de buena calidad. En memoria anual. Oficina Nacional de Semillas. Costa Rica. 50 p.

Ramírez L. 2006. Mejora de plantas alógamas. Genética y mejora vegetal-cátedra de producción vegetal. Universidad Pública de Navarra. Arrosadía, Pamplona. España.

Reyes C. P. 1984 Diseño de experimentos aplicados: agronomía, biología, química, industrias, ciencias sociales, ciencias de la salud. Editorial trillas México. Pp. 51-53.

Riccelli M. Mauricio. La utilización de la androestérilidad citoplásmica en la producción de semilla de maíz híbrido. Híbridos Mejorados C.A. (HIMECA). Aragua, Venezuela. Consulta: 5 de enero 2009.

Rojo L. J. A. 2004. El Contexto y la Perspectiva del Maíz. Comisión veracruzana de comercialización agropecuaria (COVECA). Perfil del maíz

Salazar D. H. 2008. Evaluación productiva de híbridos fértiles, normales de fertilidad restaurada y androestériles de maíz (*Zea mays L*) de Valles Altos. Tesis de licenciatura FESC-UNAM. Cuautitlán Izcalli. México.

Sandoval I. E., J. Sánchez M., J. M. Padilla G., A. N. Avendaño L., L. J. Arellano R. y T. González U. 2003. Sector Semillas de México: problemática y alternativas. CUCBA, Universidad de Guadalajara. Ed. Sistecopy, S. A. de C.V. Zapopan, Jalisco

SAS. 1999. User's suide. Statistics, versión 8. Sixth edition. SAS Inc, Cars, North Carolina, USA. 956 p.

Serrano R. J. 2008. Productividad de diferentes mezclas de semilla androestéril y fértil de híbridos puma de maíz en dos fechas de siembra. Tesis de licenciatura FESC-UNAM. Cuautitlán Izcalli México

Tadeo R M., Espinosa C. A., Martínez M. R., Solano A. M. 2001 Esterilidad masculina para producir semilla hibrida de maíz. Ciencia y desarrollo. Marzo-abril. 65 P.

Tadeo R M., Espinosa C. A., Martínez M. R., Srinivasan D. D. Lothrop J. Torres J. L., Azpiroz R. S. 2004. PUMA 1075 Y PUMA 1076, Híbridos de maíz de temporal para los Valles Altos de México (2200 a 2600 msnm). Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 27. Chapingo México.

Tadeo R. M., A. Espinosa C., Martínez M. R., Solano A. M. 2008. Puma 1076 híbrido de maíz para los Valles Altos de México (2200 a 2600 msnm). Desplegable

Técnica no. 3. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, México. 11 p.

Tanaka A. Yamaguchi J. 1972. Componentes de rendimiento. Versión autorizada en español del artículo en inglés "Dry matter production, yield components and grain yield of the maize plant"--P. 7. "Traducida por Josué Kohashi Shibata2--P. 7. Publicado originalmente en: Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan. 57: 71-132. Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.

Teichert S. P. 2004. Impacto de la adopción de semilla mejorada en el incremento de la productividad, XX reunión latinoamericana de maíz. Editado por Miguel Bariandan Gamarra, Alexander Chávez Cabrera, Ricardo Sevilla Panizo, Teodoro Narro León. Lima-Perú

Téllez C. 2008. Productividad de híbridos de maíz de Valles Altos obtenidos con semilla de progenitores fértiles y androestériles. Tesis de licenciatura FESC-UNAM. Cuautitlán Izcalli. México

Terenti O. A. 2004. Calidad de semilla, lo que implica y como evaluarla. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental San Luis. Argentina 22 p.

Torres C., E. Rodríguez. 2002. Incorporación de la androestérilidad citoplásmica a línea cubana de maíz (*Zea mays L.*). En: Resúmenes de XLVIII Reunión Anual PCCMCA 2002. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, IDIAF. Boca Chica, República Dominicana. 49 p.

Villalobos V.A. 2007. Patrones internacionales de innovación tecnológica del maíz; innovación agronómica. Folleto técnico. 28 p.