



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILÁN

PRODUCTIVIDAD DE HÍBRIDOS DE MAÍZ DE
VALLES ALTOS OBTENIDOS CON SEMILLAS DE
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 :

COSME TELLEZ

ASESORES: DR. ALEJANDRO ESPINOSA CALDERÓN

M. C. MARGARITA TADEO ROBLEDO

CUAUTILÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2008



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.

DEDICATORIAS.

A la mujer que llevo dentro del corazón, tu que me diste la vida, que siempre has trabajado para darme todo y poder seguir adelante, tu que en cada momento cada minuto y segundo estas pensando en mi, esta tesis es para ti Mamá Antonieta Tellez Santos, eres para mi la persona que mas quiero en mi vida, tus consejos me han hecho llegar hasta este preciso lugar, gracias a dios por darme una madre que para mi es Papá y Mamá te quiero mucho, y a dios solo le pido vida y tiempo para seguir contigo, gracias mamá por tener la confianza en tu hijo.

Y también esta tesis va dedicada a mi abuelita que en paz descanse Teodomira Santos Cruz tu que me motivaste para seguir estudiando con todo corazón para ti.

Gracias a mis tíos Augusto Tellez Santos y Aquileo Tellez Santos por todo el apoyo que ustedes me dieron durante todo este tiempo de formación desde cuando era pequeño y hasta concluir la carrera, también para ti primo Miguel Ortiz Tellez por el apoyo y los consejos que me dabas para seguir estudiando.

Teresa Rosales Hernández por la confianza que tienes hacia mí, por tus valores personales, por cada momento que viene y especialmente a toda mi familia que este es un gran logro para todos los que me rodean.

A mí jurado principalmente a la M. C. Margarita Tadeo Robledo y el Dr. Alejandro Espinosa Calderón por todo el apoyo, la seguridad que me ofrecieron en la escuela y que contribuyeron en gran parte en mi formación profesional, muchísimas gracias, M. E. Hilda Carina Gómez villar, Ing. Miguel Angel Bayardo Parra, Ing. Francisco Javier Vega Martínez.

Al M. C. Juan Manuel Osorio Hernández por darme la oportunidad en el campo laboral y por los consejos.

Al Ingeniero Agrícola Rafael Martínez Mendoza gracias por resolver muchas dudas en esta tesis, así como en el campo laboral y mas que nada porque eres un gran amigo.

A todos mis compañeros y amigos de escuela Noelia Juan Chimal, Ana Maria Pérez Luna, Guadalupe Sánchez Contreras, Alma Lidia Moya Segura, Isaias González Rojo, Israel Rodríguez Ramírez, Israel Arteaga Escamilla, Luz Jazmín Olivares Pérez, Jacqueline Teresa Bibian Torrijos échale muchas ganas, Brenda Daniela, Julio Antonio, Abelardo. Para mi comadre Jazmín Serrano que eres una de mis mejores amigas, Amalia Martínez. Gracias Leticia Rodríguez Islas por tus consejos que en algún momento me brindaste, te admiro mucho, eres una persona muy inteligente y desde luego admirable.

ÍNDICE

	Pag.
Índice de cuadros.	i
Resumen.	iv
I. INTRODUCCIÓN.	1
1.1. Objetivos.	4
1.2. Hipótesis.	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA.	6
2.1. Origen del maíz.	6
2.1.1. Razas de maíz.	7
2.2. Requerimientos edafoclimáticos.	9
2.2.1. Adaptación.	10
2.3. El mejoramiento genético.	10
2.3.1. Híbrido.	11
2.3.2. Líneas endogámicas.	12
2.3.2.1. Endogamia.	12
2.3.3. Híbrido de cruce simple.	13
2.3.4. Híbrido de cruce doble.	13
2.3.5. Híbrido de tres líneas.	14
2.3.6. Esterilidad masculina o Androesterilidad.	14
2.3.7. Esterilidad masculina citoplásmica.	15
2.3.7.1. Función de la esterilidad citoplásmica.	16
2.3.7.2. Androesterilidad citoplásmica en la producción de semilla.	17
2.3.8. Esterilidad masculina genética.	18
2.3.8.1. Utilización de la esterilidad masculina en programas de mejoramiento genético.	18 21
2.3.8.2. Problemas con esterilidad masculina genética.	20
2.4. La retrocruza.	21
2.5. Vigor híbrido o heterosis.	21
2.5.1. Explicaciones del vigor híbrido.	22
2.6. Híbridos para los Valles Altos.	23
2.6.1. Características agronómicas Puma 1075.	23

2.6.2.	Características agronómicas Puma 1076.	24
2.6.3.	Características agronómicas H-48.	25
2.6.4.	Características agronómicas H-50.	26
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.	28
3.1.	Localización.	28
3.1.1.	Clima.	28
3.1.2.	Temperatura.	28
3.1.3.	Precipitación.	28
3.1.4.	Suelos.	29
3.1.5.	Material genético.	29
3.1.6.	Diseño experimental.	30
3.1.7.	Tamaño de la parcela.	30
3.2.	Manejo en campo.	30
3.2.1.	Preparación del terreno.	30
3.2.2.	Fertilización.	30
3.2.3.	Siembra.	31
3.2.4.	Control de malezas.	31
3.2.5.	Cosecha.	31
3.3.	Variables a evaluar.	31
3.3.1.	Días a floración masculina.	31
3.3.2.	Días a floración femenina.	32
3.3.3.	Calificación de mazorca.	32
3.3.4.	Altura de planta.	32
3.3.5.	Altura de mazorca.	32
3.3.6.	Sanidad de planta.	32
3.3.7.	Peso de campo.	33
3.3.8.	Mazorcas buenas.	33
3.3.9.	Mazorcas malas.	33
3.3.10.	Sanidad de mazorca.	33
3.3.11.	Longitud de mazorca.	33
3.3.12.	Numero de hileras / mazorca.	34
3.3.13.	Numero de granos / hielera.	34

3.3.14.	Diámetro de mazorca.	34
3.3.15.	Diámetro de olote.	34
3.3.16.	Granos / mazorca.	34
3.3.17.	Peso de 200 gramos.	35
3.3.18.	% de materia seca.	35
3.3.19.	% de grano.	35
3.3.20.	Peso volumétrico.	35
3.3.21.	Rendimiento.	35
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	37
4.1.	Análisis de varianza para las diferentes variables evaluadas.	37
4.2.	Comparación de medias para genotipos.	39
4.3.	Comparación de medias para el factor de Androesterilidad/fertilidad.	42
4.4.	Comparación de medias para la interacción genotipos x androesterilidad/fertilidad.	46
V.	CONCLUSIONES.	55
VI.	BIBLIOGRAFÍA.	57

CUADROS

Cuadro 1.	Características del híbrido de maíz Puma-1075.	23
Cuadro 2.	Características del híbrido de maíz Puma-1076.	25
Cuadro 3.	Características agronómicas del híbrido H-48.	26
Cuadro 4.	Características agronómicas del híbrido H-50.	27
Cuadro 5.	Híbridos de maíz de la FESC-UNAM y CEVAMEX-INIFAP, utilizados en la comparación de la capacidad productiva de grano.	30
Cuadro 6.	Cuadros medios y significancia estadística para los factores de variación genotipos, condición androsteril/fértil, así como la interacción genotipos x condición androsteril/fértil, para las variables evaluadas en maíces para Valles Altos en el Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera-verano 2006.	38
Cuadro 7.	Comparación de medias entre híbridos de maíz evaluados bajo la media de las versiones Androestéril y fértil para las variables rendimiento (kg/ha), floración masculina y femenina, altura de planta y altura de mazorca evaluados en el Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.	40
Cuadro 8.	Comparación de medias entre híbridos de maíz evaluados bajo la media de las versiones Androestéril y fértil para las variables mazorcas buenas y malas, peso volumétrico, sanidad de mazorca y planta, evaluados en el Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.	40
Cuadro 9.	Comparación de medias entre híbridos de maíz evaluados bajo la media de las versiones Androestéril y fértil para las variables peso de 200 gramos, longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera y diámetro de mazorca, evaluados en el Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.	41
Cuadro 10.	Comparación de medias entre híbridos de maíz evaluados bajo la media de las versiones Androestéril y fértil para las variables diámetro de olote, granos por mazorca, % de materia seca y % de grano, evaluados en el Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.	42

Cuadro 11.	Comparación de medias de las versiones androestériles y fértiles considerando la media de los siete híbridos de maíz para las variables rendimiento (kg/ha), floración masculina y femenina, altura de planta y altura de mazorca, evaluados en el Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.	44
Cuadro 12.	Comparación de medias de las versiones androestériles y fértiles considerando la media de los siete híbridos de maíz para las variables mazorcas buenas y malas, peso volumétrico, sanidad de mazorca y planta, evaluados en el Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.	44
Cuadro 13.	Comparación de medias de las versiones androestériles y fértiles considerando la media de los siete híbridos de maíz para las variables peso de 200 gramos, longitud de mazorca, hieleras por mazorca, granos por hilera y diámetro de mazorca, evaluados en el Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.	45
Cuadro 14.	Comparación de medias de las versiones androestériles y fértiles considerando la media de los siete híbridos de maíz para las variables diámetro de olote, granos por mazorca, % de materia seca y % de grano,, evaluados en el Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.	46
Cuadro 15.	Resultados de medias obtenidas en la evaluación de siete híbridos de maíz bajo las versiones androestériles y fértiles en las variables rendimiento (kg/ha), floración masculina y femenina. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.	48
Cuadro 16.	Resultados de medias obtenidas en la evaluación de siete híbridos de maíz bajo las versiones androestériles y fértiles en las variables altura de planta y mazorca (centímetros), mazorcas buenas y mazorcas malas. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.	49
Cuadro 17.	Resultados de medias obtenidas en la evaluación de siete híbridos de maíz bajo las versiones androestériles y fértiles en las variables peso volumétrico, sanidad de mazorca y planta, peso de 200 gramos. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.	51
Cuadro 18.	Resultados de medias obtenidas en la evaluación de siete híbridos de maíz bajo las versiones androestériles y fértiles en las longitud de mazorca, hileras por	

mazorca, granos por hilera y diámetro de mazorca. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006. 53

Cuadro 9. **Resultados de medias obtenidas en la evaluación de siete híbridos de maíz bajo las versiones androestériles y fértiles en las variables diámetro de olote, granos por mazorca, % de materia seca y grano,. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006. 54**

RESUMEN

El maíz es la base de la alimentación para los mexicanos, es el principal cultivo a nivel mundial y para México representa un elemento fundamental de la economía, los mexicanos basan su dieta en la utilización de tortillas, frijoles y chile, con un consumo per capita de maíz de 120 kg.

En la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán desde 1984 se lleva a cabo mejoramiento genético de maíz para los valles altos (2002 a 2600 msnm) y zonas de transición (1800 a 2002 msnm), para ambas condiciones se han desarrollado diversos híbridos y variedades, varios de los cuales están en uso comercial por los agricultores de maíz de las regiones señaladas.

Desde 1992 se llevan a cabo trabajos para incorporar la androesterilidad a los progenitores de los híbridos de maíz desarrollados en la FESC y en forma paralela se ha trabajado en este mismo sentido en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), se han convertido progenitores de híbridos a la versión androestéril. De esta manera se ha logrado contar con versiones androesteriles y fértiles de híbridos importantes en cada institución.

En el ciclo primavera verano del año 2006, se evaluaron 7 híbridos en la versión androfértil y la versión androestéril, con el objetivo de comparar el desempeño agronómico de cada una de las versiones, así como determinar la

capacidad productiva comparando el potencial entre los diferentes híbridos y en las versiones fértiles y androestériles verificar la expresión de fertilidad y/o androesterilidad. El experimento se realizó en terrenos del Rancho Almaraz, de la FESC-UNAM, específicamente en la parcela 7. Evaluándose siete híbridos de maíz de Valles Altos y de zonas de transición. Estos híbridos fueron: Puma 1075, Puma 1076, ambos en versión fértil y androestéril con adaptación para los Valles Altos; Puma 1167 fértil y androestéril, con adaptación a la Zona de Transición, los 3 híbridos señalados fueron desarrollados en la FESC-UNAM; se evaluaron también el H-48, en versión fértil y androestéril, H-48 en versión de fertilidad restaurada y androestéril, el H-50 fértil y androestéril, estos híbridos fueron desarrollados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias en colaboración con la UNAM y el H-153 fértil y androestéril del INIFAP.

Los híbridos en ambas versiones fueron evaluados bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones, el análisis estadístico fue en forma factorial, considerando como factores a los híbridos y el otro factor la condición fértil/androestéril, así como la interacción entre estos dos factores. La parcela útil fue de un surco de 5 m de longitud, la distancia entre surco es de 0.80 m. La siembra se llevo a cabo el día 13 de junio del año 2006 y la cosecha se efectuó en el mes de diciembre.

Las variables analizadas fueron: Rendimiento, Días a floración masculina y femenina, altura de planta, altura de mazorca, longitud de mazorca, número de hileras / mazorca, número de granos / hilera, diámetro de mazorca, diámetro de

olote, granos/ mazorca, peso de 200 granos, porcentaje de materia seca, porcentaje de grano, Peso volumétrico.

Las conclusiones fueron:

1.- En los híbridos Puma 1167 y H-50, las versiones fértiles expresaron numéricamente rendimiento superior en 5.2 % y 10% con respecto a la versión androestéril.

2.- En los híbridos Puma 1075 con 17 %, Puma 1076 con 36 %, H-48 con 16.6 %, otra versión de H-48 con 46.4 % y H-153 con 10.3, la versión androestéril fue superior numéricamente a la versión fértil.

3.- Para las variables peso de campo, floración masculina, floración femenina, mazorcas buenas, mazorcas malas, sanidad de mazorca, sanidad de planta, peso de 200 gramos, diámetro de olote, % de materia seca, % de grano, estadísticamente fueron similares.

I. INTRODUCCIÓN.

El maíz a nivel mundial es el principal cultivo en producción, ya que se obtienen cada año 690 millones de toneladas de este grano, ubicándose como número uno, ya que supera al trigo y al arroz. México es el centro de origen y diversidad genética de este cultivo, reconociéndose 59 razas, así como incontables variedades y formas fenotípicas dentro de cada una de las razas, a partir de estas razas, con el paso de miles de años, se han desarrollado nuevas variedades, hasta las expresiones que se conocen actualmente, como materiales nativos o criollos, así como las variedades mejoradas, desarrolladas por métodos clásicos de mejoramiento genético.

El maíz es la base de la alimentación para los mexicanos, si bien se reconoce un consumo mayor en las familias del campo, en general los mexicanos basan su dieta en la utilización de tortillas, frijoles y chile. Con un consumo per capita de maíz de 120 kg. Dado que las variedades mejoradas representan una opción importante para elevar la productividad y debido al déficit en el abasto de este grano, es importante tratar de contar con nuevas variedades mejoradas, con rendimientos altos, que sean tolerantes a las enfermedades y a factores climáticos, que faciliten la obtención de buenas cosechas, ya que esto fortalece y apoya para que los productores tengan buenos rendimientos en comparación con materiales utilizados comercialmente.

Es urgente aumentar la productividad y desde luego la obtención de grano, para el consumo humano, así como para la agroindustria y avanzar hacia una menor dependencia alimenticia con lo cual se podrá lograr la suficiencia y soberanía

alimentaria. Lo anterior es importante, porque, a pesar de que México es el Centro de origen, no se alcanza a cubrir la demanda interna, teniéndose que recurrir a la importación de 6 a 7 millones de toneladas de grano entero y tres millones de toneladas de maíz quebrado, lo que es una desventaja grave que debe tratar de corregirse ante la problemática de falta de grano a nivel internacional y el incremento en precios internacionales, debido al empleo de grano de maíz en la fabricación de etanol (Tadeo y Espinosa, 2006). Esta situación es resultado del poco apoyo hacia la investigación en los últimos años, en lo que se refiere a granos básicos, pero en particular para maíz y en todo el campo agrícola. A nivel nacional durante el ciclo 2006, se produjeron 22.1 millones de toneladas de grano de maíz. Además deben considerarse los volúmenes de grano importado, es decir 10 millones durante el ciclo 2006.

En México, a pesar de ser un país eminentemente maicero y que este cultivo sea la base de la alimentación, se utiliza poco la semilla certificada, apenas en un 25% (Tadeo y Espinosa 2006; Espinosa *et al*, 2004). Si bien existen diferentes elementos que propician este bajo uso de semilla, también es cierto que este hecho tiene una fuerte repercusión directa en la producción y productividad del maíz en el país. Año con año, el país es mas dependiente en la alimentación, cada año va en aumento la entrada de granos del exterior, lo que agudiza el problema de escasa producción en el país, siendo afectados en forma permanente los productores mexicanos. El comercio de semilla de las variedades mejoradas, se concentra en una alta proporción en las empresas trasnacionales, que manejan precios muy elevados, con perjuicio hacia el productor, dedicándose a las superficies bajo riego o muy buen temporal, con poca atención a áreas marginadas, que no son atractivas para estas empresas.

En México se tiene una superficie aproximadamente de 8.5 millones de hectáreas, con un rendimiento promedio de 2.8 toneladas por hectárea (Tadeo y Espinosa 2006) Existen 15 grandes macroambientes donde se cultiva maíz, definidos por altitud, condición de humedad, así como otros elementos, esto incrementa la complejidad del cultivo de maíz en México, ya que se obtienen desde rendimientos excelentes, en condiciones de riego ó muy buen temporal, hasta rendimientos muy bajos en condiciones de agrosistemas como roza tumba y quema. Además existen muchas zonas productoras de maíz donde no se puede mecanizar, sin infraestructura de riego, y esto baja la eficiencia en la producción.

Es necesario apoyar a los productores, quienes requieren más y mejores variedades, con mayores rendimientos, así como tecnología que permita bajar los costos de producción, por ello es necesario continuar con programas de mejoramiento para que se desarrollen nuevas variedades así como híbridos. Ya que con este tipo de materiales, al utilizar semillas mejoradas, se puede explotar al máximo las condiciones ambientales disponibles y por lo tanto aprovechar los insumos adecuadamente, reconociéndose que la semilla influye en 60%, en el resultado potencial de una parcela (Tadeo y Espinosa, 2004).

En este trabajo, se llevó a cabo la comparación de la capacidad productiva de híbridos para Valles Altos (2200 hasta los 2600 msnm.), desarrollados en la FESC, UNAM, así como otros híbridos generados en el INIFAP, en versión fértil y androestéril, aparentemente se podría esperar que los híbridos androestériles tuviesen mayor

productividad en comparación con un híbrido fértil, lo que se basa en que los fotoasimilados que produce un androestéril se van a una sola demanda que son los estigmas y después al grano, en cambio un genotipo fértil tiene doble demanda, los estigmas y la espiga, donde se produce anteras fértiles, los fotoasimilados se distribuyen en dos partes y por lo tanto la producción aparentemente podría disminuir.

En este trabajo, se establecieron los siguientes objetivos:

1.1.Objetivos

1. Definir la capacidad de producción de grano de las versiones fértiles en comparación con el desempeño de las versiones androestériles de siete híbridos de maíz de Valles Altos.
2. Determinar el comportamiento de los siete diferentes híbridos independientemente de su condición fértil y/o androestéril.

1.2. Hipótesis.

1. Las versiones de híbridos androestériles expresan mayores rendimientos y características agronómicas favorables en comparación con las versiones fértiles.
2. Existen diferencias importantes en la capacidad productiva de los siete híbridos evaluados independientemente de su condición fértil o androestéril.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del maíz.

El maíz es una planta originaria de América, dentro del continente, especialmente México se dice que es centro de origen y fue el principal alimento de los indígenas. El maíz fue domesticado hace alrededor de 8000 años y ya no es capaz de sobrevivir en forma silvestre. En los siglos antes de que los europeos llegaran al continente los pueblos de América alcanzaron grandes avances para producir razas de maíz de grano duro, harinero, palomero y dulce. Conforme a la evolución del maíz se dice que se originó del teocintle, el pariente del maíz más cercano que se conoce. Aun se discute si el maíz se originó por una sola domesticación de la subespecie de teocintle de ramificación basal *Zea mays* L. spp. Parviglumis o de la subespecie de ramificación lateral *Zea mays* L. spp. Mexicana, o bien mediante una doble domesticación de estas dos subespecies (Reyes, 1990 y Llanos, 1984).

El teocintle es una planta nativa de México y Guatemala, y en su hábitat nativo se le encuentra creciendo en forma silvestre en campos de maíz cultivados. Las formas silvestres anuales del teocintle tienen el mismo número cromosómico que el maíz y se cruzan fácilmente con este para producir híbridos fértiles. El teocintle, al igual que el maíz, es una planta monoica en la que las flores estaminadas y las flores pistiladas nacen en inflorescencias separadas, difieren del maíz en que las espigas pistiladas llevan de 6 a 12 granos en estructuras triangulares duras en forma de concha. Estas estructuras se desprenden y desgranán al madurar, lo que constituye un mecanismo natural de dispersión de la semilla (Reyes, 1990 y Llanos, 1984).

El origen geográfico de una especie cultivada se determina localizando las áreas en las cuales existe un gran número de tipos diversos. Con base en esto el maíz tiene dos posibles centros de origen: el primero, las tierras altas del Perú, Ecuador y Bolivia; y el segundo, la región del sur de México y Centroamérica. (Llanos, 1984).

2.1.1. Razas de maíces.

En el año de 1943 se empezaron a coleccionar muestras de variedades de maíz, en México, Perú, Bolivia, Brasil, Guatemala y otros países de Centroamérica 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. Hoy en día se han formado nuevas colecciones y más de 13 000 adquisiciones de recursos genéticos se almacenan en modernas instalaciones en el Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y el Trigo (CIMMYT) en México; así como el Colombia, Perú y el Nacional Seed Storage Laboratory (Laboratorio Nacional de Almacenamiento de Semillas) de Fort Collins, Colorado, se almacenan adquisiciones idénticas. (Poehlman, 2005).

Con el paso de los años los indígenas domesticaron e iniciaron la selección del maíz, contribuyendo a la formación de variedades y razas.

- **Raza.** Es una población de individuos de una misma especie con genotipos similares; que manifiestan ciertos rasgos diferenciales, heredables y que a su vez, permiten separarlas de otras poblaciones. La formación de razas diferentes se origina por distintas modalidades de aislamiento que restringen la producción a un cierto número de individuos; estas barreras son ecológicas en la barrera. (Reyes, 1990).
- **Variedad.** Una variedad es un grupo de individuos de una especie y raza con rasgos diferenciales más estrechos que aquellos manifestados por las razas. Las variedades agronómicas son producto de la selección humana que tiende a formar grupos de plantas similares con tendencia a su explotación económica. Las variedades se cruzan libremente y forman poblaciones diferenciales. Existen muchas variedades en cada región, algunas características que se toman en cuenta para realizar su selección son: precocidad, altura de planta, color de frutos, etcétera. Hay variedades nativas y son aquellas que se originaron en un lugar determinado y ahí evolucionaron; las variedades criollas son las introducidas y adaptadas a las condiciones existentes en el lugar de adopción, que multiplicarse libremente y por selección natural o dirigida han logrado producciones aceptables para los agricultores.

En México, las miles de variedades dispersas en su territorio se han agrupado en 59 razas.

Las razas de maíz cuyas variedades son ampliamente comerciales, rendidoras de granos y forraje, y que han intervenido de manera notable en los programas nacionales de desarrollo son: a) Vandeño, b) Tuxpeño, c) Tabloncillo, d) Chalqueño, y e) Celaya.

La raza Vandeño se cultiva en la tierra caliente de la costa del Pacífico sur; la raza Tuxpeña en las tierras bajas de la costa del Golfo de México; la raza Tabloncillo en Jalisco y Nayarit; la raza cónico temporalero en los valles altos y la raza Celaya en el Bajío.

En diferentes regiones del mundo se han clasificado los maíces, disponiéndose de mas 300 razas. Las semillas de las colecciones de variedades, representativas de tales razas, se encuentran en bancos de germoplasma de: Estados Unidos, Centroamérica, Colombia, Brasil y Europa Central. (Reyes, 1990).

2.2. Requerimientos edafoclimáticos.

El suelo ideal para el cultivo de maíz es de textura intermedia, de franco a franco-limoso en el horizonte superficial, y con más contenido en arcilla, de franco-limoso a franco-limo-arcilloso, en el subsuelo. Esta combinación junto con una buena preparación hace que guarde buena humedad y también un buen almacenamiento de nutrientes y un grado de permeabilidad favorable al agua y al intercambio de aire, sin embargo, el maíz se cultiva en una diversidad de suelos. El maíz crece bien en suelos con profundidades de más de 60cm. (Jugenheimer, 1981).

2.2.1. Adaptación.

El maíz es una especie que tiene una gran adaptación, ya que se cultiva desde el Ecuador a diferentes latitudes norte y sur, desde el nivel del mar, hasta más de 3200 msnm; en suelos y climas variables con tecnologías diversa (Reyes, 1990).

2.3. El mejoramiento genético.

Hoy en día el mejoramiento de maíz es muy importante para tener mejores rendimientos en la producción.

El maíz se convirtió en el modelo para mejorar genéticamente variedades híbridas. En el periodo de 1920 a 1930, los mayores esfuerzos para mejorar genéticamente el maíz híbrido se dirigieron a obtener líneas endogámicas a partir de variedades de polinización libre y amoldar dichas líneas a combinaciones productivas de híbridos de cruzamientos simples y doble adaptadas al cinturón maicero de Estados Unidos.

Este esfuerzo encabezado por F. D. Richey del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, H. K. Hayes en Minnesota, M. T. Jenkins y G. F. Sprague en Iowa y muchos otros mejoradores del maíz, se centró para mejorar genéticamente híbridos.

Durante las décadas de 1950 y 1960 hubo innovaciones que modificaron aun más los métodos de producción de maíz híbrido, a saber:

- La introducción de la androestérilidad citoplásmica para eliminar el desespigue, y

- La sustitución de híbridos de cruzamiento doble por híbridos productivos de cruzamiento simple.

Hasta que se estableció el concepto de maíz híbrido, no había método de mejoramiento genético por el cual cada planta de un campo de maíz se considera un genotipo de alto rendimiento. (Poehlman, 2005).

2.3.1. Híbrido.

El maíz híbrido es la progenie de la primera generación de un cruzamiento entre líneas endogámicas.

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. 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.

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, 2005).

2.3.2. Líneas endogámicas.

Las líneas de maíz endogámicas son poblaciones de plantas homocigóticas idénticas (o casi idénticas) que se obtienen por autopolinización.

Las líneas endogámicas son a:

- a) el producto de cruzar endogámicamente plantas heterocigóticas provenientes de poblaciones de polinización libre hasta que se alcanza la homocigosidad.
- b) el producto de cruzar endogámicamente poblaciones segregantes después de un cruzamiento entre dos líneas endogámicas. (Poehlman, 2005).

2.3.2.1. Endogamia.

Es cualquier sistema de apareamiento que hace que aumente la homocigosidad. La endogamia ocurre cuando se aparean individuos que están emparentados por ancestría, la vía más rápida hacia la homocigosidad en las plantas es a través de la autofecundación, la heterocigosidad en una población de plantas disminuye a la mitad con cada autofecundación sucesiva. Cuando hay autopolinizaciones, los alelos heterocigóticos (Aa) segregan en las combinaciones genotípicas, 1AA:2Aa:1aa; los alelos homocigóticos (AA y aa) continúan reproduciendo los mismos homocigóticos. Conforme la homocigosidad aumenta en la población de mejoramiento, la frecuencia genotípica cambia, si bien la frecuencia génica permanece sin cambios. (Reyes, 1985).

2.3.3. Híbrido de cruza simple.

Los híbridos de cruza 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 cruza simple es la descendencia híbrida de dos líneas autofecundadas. En las líneas autofecundadas que se utilizan en una cruza simple son probablemente homocigóticas, las plantas de la cruza simple son heterocigóticas para todos los pares de genes en que difieren las dos líneas autofecundadas. Una cruza simple recupera el vigor que se perdió durante el proceso de autofecundación y será mas vigorosa y productiva que la variedad progenitora original de polinización libre, de la que se obtuvieron las líneas autofecundadas. (Poehlamn, 1987).

El maíz híbrido de cruza simple tiene un alto costo de producción, por ser las plantas poco productivas de semilla y polen, por ello se ha incrementado el uso de la cruza doble para fines comerciales ya que es muy económica la producción de híbridos dobles. (Reyes, 1990).

FORMACIÓN DE UN HÍBRIDO DE CRUZA SIMPLE

PROGENITORES: HEMBRA X MACHO

LINEA A LINEA B

(AB) HÍBRIDO

2.3.4. Híbrido de cruza doble.

Los híbridos de cruza doble son el resultado de una cruza entre dos cruza simples (híbrido de cuatro líneas). La semilla de una cruza doble se produce para obtener varias

ventajas como son: mayor producción de semilla de calidad, producen abundante polen, lo que hace posible una mayor proporción de surcos machos productores de polen en los campos de cruzamiento, lo cual reduce los costos de producción de semilla, muestran una mayor producción de grano, plantas mas cortas pero vigorosas, que resisten el acame, uniformidad en altura de la planta así como la floración y maduración. (Blanco y Paulino, 2001).

2.3.5. Híbrido de tres líneas.

El híbrido de cruce triple es la progenie híbrida entre una cruce simple y una línea autofecundada. Se les conoce como de tres vías. Se desarrollaron para tratar de encontrar una solución de compromiso entre los híbridos simples o los dobles, con objeto de aumentar la adaptabilidad de los primeros y la capacidad productiva de los segundos. Las semillas de los híbridos de tres elementos es menos costosa de producir que la de cruces simples, aunque más cara que la de cruces dobles; son más uniformes, tienden a tener rendimientos ligeramente superiores que el de las cruces dobles. (Blanco y Paulino, 2001).

2.3.6. Esterilidad masculina o 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. Así mismo, Besnier (1989), agrega que la androesterilidad es la consecuencia de la interacción entre el citoplasma y unos

genes nucleares; esta interacción produce dos tipos de androesterilidad, la génica y la citoplásmica. 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. (Reyes, 1985).

2.3.7. Esterilidad masculina citoplásmica.

Es controlada por el citoplasma, pero puede ser influenciada por genes de los cromosomas: al igual que la esterilidad masculina genética, da como resultado la producción de flores con anteras o polen no funcionales. El citoplasma que hace que un organismo presente esterilidad masculina recibe el nombre de citoplasma estéril (S) o (CMS), en contraste con el citoplasma normal (N), que permite el desarrollo normal de anteras y polen funcionales. Con frecuencia el citoplasma estéril resulta de introducir cromosomas nucleares en un citoplasma extraño. Debido a que el citoplasma es transferido únicamente por la célula huevo y la célula espermática aporta una cantidad sumamente pequeña del citoplasma al cigoto, la esterilidad masculina citoplásmica se transmite solo por medio de la planta hembra. (Jungenheimer, 1981).

La esterilidad masculina citoplásmica es debido a la acción conjunta de 2 genes recesivos (rf_1 y rf_2), que siempre se transmite por vía materna; el citoplasma del ovario polinizado por gametos masculinos (que son solo núcleos sin citoplasma), y la presencia de un citoplasma normal o “estéril”. Generalmente las poblaciones tienen uno de los genes recesivos, de manera que solo hay que incorporar el otro.

El empleo de la androesterilidad tiene principalmente dos ventajas importantes, el ahorro del costo del desespigue y la garantía de que toda la semilla de las plantas estériles sea cruzada, esto en la producción de semilla.

Los híbridos androestériles tienen mayores rendimientos que las versiones fértiles, cabe mencionar que la empresa que va producir esta semilla tenga énfasis en tener bien la mezcla con la versión fértil y así tener una buena polinización.

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”. El híbrido de Cs (cruza simple) se obtiene con el concurso de una tercera línea (R) de genotipo AA (homocigótico dominante) que es la que restaura de la fertilidad, llamándose “línea restauradora”. Para que se produzca heterosis, la línea R no es isogénica del par A – B. (Márquez, 1995).

2.3.7.1. Función de la esterilidad citoplásmica.

La actividad de la esterilidad masculina controlada por el citoplasma puede modificarse mediante la actividad de “genes restauradores de la fertilidad” que se localizan en los

cromosomas. En presencia de un alelo dominante restaurador de la fertilidad, el citoplasma estéril deja de funcionar y las anteras producen polen normal; sin embargo, en presencia de álelos recesivos contrastantes, la esterilidad masculina se presenta. En la práctica, el progenitor que posee el citoplasma estéril se utiliza necesariamente como progenitor femenino y los genes restauradores de la fertilidad son aportados por el progenitor masculino. Los alelos restauradores de la fertilidad se indican mediante los *Rf* (restauradores de la fertilidad) en el trigo, el maíz y el girasol, y *Ms* (esterilidad masculina) en la cebolla, el sorgo y el mijo perla.

(Poehlman, 2005).

2.3.7.2. Androestérilidad citoplásmica en la producción de semilla.

En la década de 1950 se introdujo un sistema de androestérilidad citoplásmica y genes restauradores de fertilidad que sustituyó el desespigamiento en la producción de maíz híbrido.

El citoplasma androestéril empleado en los años 50 se obtuvo del cultivar de polinización libre “Mexican June” y se hizo conocido como citoplasma tipo Texas, o **cms-T**. La fertilidad era restaurada por los genes restauradores *Rf1* y *Rf1* y otros genes modificadores.

El citoplasma androestéril y los genes restauradores de la fertilidad fueron introducidos en las líneas endogámicas mediante una serie de retrocruzamientos.

A fines de la década de 1940 por primera vez se utilizó la androestérilidad para producir semilla híbrida en cebolla, en tanto el maíz y el sorgo fueron los primeros cultivos

extensivos importantes en que se utilizó el sistema de androesterilidad citoplásmica. (Poehlman, 2005).

2.3.8. Esterilidad masculina genética.

La esterilidad masculina genética se manifiesta por medio de la actividad de genes nucleares que inhiben el desarrollo normal de las anteras y el polen.

La etapa precisa en que se interrumpe el desarrollo del polen varía con la especie, o también con el gen específico que determina la esterilidad masculina.

La eficacia de un gen de esterilidad masculina puede evaluarse mediante el porcentaje de los granos de polen que son viables, o bien por el porcentaje de semilla producida.

La expresión de un gen particular puede ser completa de modo que no se formará semilla ni polen viable en las flores con esterilidad masculina, siempre que se hayan protegido para evitar el polen de fuentes externas; o bien la expresión del gen puede ser parcial, lo que permite que se formen pequeñas cantidades de polen viable y semilla; la expresión del gen puede variar con el ambiente.

Si un gen de esterilidad masculina no inhibe virtualmente toda la producción de semilla no es estable en una amplia gama de ambientes, su utilidad en los programas de fitomejoramiento será limitada. (Poehlman, 2005).

2.3.8.1. Utilización de la esterilidad masculina en programas de mejoramiento genético.

La esterilidad masculina genética es una herramienta útil para el fitomejorador y puede utilizarse de la siguiente manera:

- **Prescindir de la emasculación en la hibridación.**

Prescindir de la emasculación en los cultivos que presentan autopolinización constituye la principal utilidad de la esterilidad masculina genética. La emasculación en un programa de mejoramiento genético por hibridación en cultivos que se producen por autopolinización es laboriosa y lleva mucho tiempo, incrementando los costos. Cuando se utiliza una variedad con esterilidad masculina como progenitor femenino, la emasculación (polinización) es innecesaria. Los genes que determinan la esterilidad masculina se transfieren a una variedad mediante retrocruza. El retrocruzamiento del gen en una variedad resulta práctico si ésta se va utilizar en un gran número de cruzas por varios años. Debido a que el procedimiento de retrocruza requiere tiempo y tarda varias generaciones, esta labor no se justifica a menos que la variedad se utilice como progenitor en muchas cruzas. (Poehlman, 2005).

- **Aumentar la polinización cruzada natural en cultivos con autopolinización.**

Los genes que determinan la esterilidad masculina constituyen un medio para aumentar la polinización cruzada en cultivos que normalmente se autopolinizan. Con la polinización manual, el fitomejorador queda limitado, en función de los recursos disponibles, en lo que respecta al número de polinizaciones cruzadas que pueden realizarse en una sola temporada. Con empleo de genes para la esterilidad masculina, el potencial para obtener combinaciones cruzadas aumenta en gran medida, en particular en el cruzamiento aleatorio entre generaciones segregantes. Los procedimientos que se han utilizado en la cebada para producir diversas poblaciones sirven de modelo. Aunque estos procedimientos han variado, en general se clasifican en dos grupos.

1.- Un gran número de líneas se cruzan, lo que es facilitado por la esterilidad masculina genética. Las progenies obtenidas se agrupan. Mediante segregación aparecerán plantas recesivas con esterilidad masculina en cada generación sucesiva y naturalmente serán fecundadas por polinización cruzada con polen proveniente de una amplia gama de plantas genéticamente distintas. Por medio de la polinización cruzada de las plantas masculinas, se obtendrá una gama de combinaciones cruzadas mucho más amplias que la que podría obtenerse mediante la polinización manual. (Poehlman, 2005).

2.- Se utiliza la esterilidad masculina para facilitar la selección recurrente. Una vez que se ha realizado las cruza originales, “de las poblaciones segregantes se seleccionan plantas deseables que presentan esterilidad masculina y se fecundan por polinización cruzada con polen de plantas con fertilidad masculina seleccionadas. El someter las poblaciones segregantes a condiciones ambientales, como sequía y enfermedades, facilita la identificación y selección de segregados superiores para estos caracteres, y aumenta la recombinación genética del carácter que se trate. (Poehlman, 2005).

2.3.8.2. Problemas con la esterilidad masculina genética.

La dificultad que entraña la esterilidad masculina genética estriba en que no es posible obtener una población pura de plantas con esterilidad masculina mediante los procedimientos de cruza normales. En el caso del sorgo se propuso eliminar todas las plantas con fertilidad masculina antes de que el polen saliera al exterior de las anteras.

Este sistema se dejó de utilizar cuando se pudo disponer de la esterilidad masculina citoplásmica en este cultivo. Los sistemas para producir semilla híbrida que utilizan la esterilidad masculina genética son más complicados que los sistemas que emplean la esterilidad de tipo citoplásmico y los genes que restauran la fertilidad, esto ha restringido su utilización. (Poehlman, 2005).

2.4. La retrocruza.

Es un sistema de apareamiento endogámico que se utiliza cuando se desea incorporar un gene en una población que no lo posee. Consiste principalmente en cruzar la población por mejorar (progenitor recurrente, R) con una población que tiene tal gene (progenitor donante, D). La F_1 se retrocruza con el progenitor R obteniéndose la retrocruza 1 (RC_1); esta nuevamente se retrocruza con R, obteniéndose RC_2 y así sucesivamente. Conforme procede la RC se va haciendo doble selección, para el carácter determinado por el gene que se desea incorporar y para el genotipo del progenitor recurrente para recobrarlo; después de retrocruzar se autofecunda para obtener líneas y a las que tienen el carácter deseado se les llama líneas recobradas. (Márquez, 1995).

2.5. Vigor híbrido o heterosis.

El vigor híbrido es el incremento en tamaño, vigor o productividad de una planta híbrida sobre el promedio o media de sus progenitores. Esta última se conoce como valor del promedio medio. Con más frecuencia, los efectos del vigor híbrido de las plantas se manifiestan en un mayor crecimiento vegetativo y un mayor producto cosechado; sin embargo, el vigor híbrido también podría reflejarse en el tamaño de las células, la altura

de la planta, el tamaño de las hojas, el desarrollo de la raíz, el tamaño de la mazorca o las inflorescencias, el número de granos, el tamaño de la semilla, resistencia a plagas, enfermedades, sequía, etcétera o cualquier otra característica que estimen mayor vigor al que manifiesta el promedio de los progenitores o el progenitor más vigoroso.

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:

1. Mayor rendimiento de grano, forraje o frutos.
2. Madurez más temprana.
3. mayor resistencia a plagas y enfermedades.
4. plantas más altas.
5. Aumento en el tamaño o número de ciertas partes u órganos de la planta.
6. Incremento de algunas características internas de la planta.

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. (Márquez, 1995 y Reyes, 1990).

2.5.1. Explicaciones del vigor híbrido.

Se suponen dos teorías para explicar el fenómeno del vigor híbrido, aunque ninguna de las dos parece ser adecuada. La explicación más aceptada se basa en la hipótesis de que el vigor híbrido es resultado de reunir una serie de genes dominantes favorables. Según esta teoría los alelos que determinan el vigor y el crecimiento son dominantes,

los alelos recesivos podrían ser neutrales o perjudiciales para el individuo. Si los alelos dominantes que aporta un progenitor al híbrido se complementan con los que aporta el otro progenitor, la **F₁** tendría una combinación de alelos más favorables que cualquiera de los progenitores. (Poehlman, 2005).

2.6. Híbridos para los valles altos.

2.6.1. Características agronómicas Puma 1075.

El Puma 1075 es un híbrido trilineal similar, tiene aceptable uniformidad en altura de planta (245 cm) y mazorca de (153 cm), lo que se explica porque dos de las tres líneas progenitoras poseen alta endogamia (S8 y S7) y la tercera tiene nivel de homocigosis moderado (S4) , como ya se señaló. El Puma 1075 puede cosecharse con maquinaria, ya que si bien no es completamente homocigótico en sus líneas, tiene buena uniformidad en altura de mazorca, además de tolerar el acame. Tiene buen nivel de tolerancia al Rayado Fino (Fine Stripe Virus MRFV) y achaparramiento (Corn Stunt Disease, CSD, Raza Mesa Central), dos enfermedades virales que en los últimos tiempos han ido en aumento en los Valles Altos. La floración masculina se presenta a los 85 días y la floración femenina a los 86 días, el ciclo vegetativo del Puma_1075 presenta cubrimiento de espiga por la hoja bandera en 50% de plantas en antesis; la espiga es de forma semiabierta por el ángulo formado entre el eje principal y las ramas secundarias en el tercio inferior de la espiga, con ramas laterales.

Cuadro 1. Características del híbrido de maíz Puma-1075.

Característica	Valor
Rendimiento	9326 kg/ha
Altura de planta	245 cm

Altura de mazorca	153 cm
Floración masculina	85 días
Floración femenina	86 días
Longitud de mazorca	16.3 cm
Numero de bracteas por mazorca	9
Numero de hileras de mazorca	16
Disposición de hileras	Rectas a ligeramente curvas
Numero de granos por hilera	30
Diámetro de mazorca	4.72 cm
Madurez fisiológica	154 días
Número de hojas	14
Angulo foliar	Entre 30 y 60 grados
Ondulación foliar	Presente
Arrugas foliares	Presentes
Color de entrenudos	Verde (37 tabla de colores del CIAT, 1991)
Color de nervaduras	Verde (No. 38 de T.C.)
Color de hojas	Verde oscuro (No. 42 de T.C.)
Color de vaina	Verde (No. 43 de T.C.)
Vellosidades en vaina	Espesas
Forma de mazorca	Muy cónica
Tipo de grano	Dentado a semicristalino
Color de grano	Blanco

(Tadeo, 2005).

El Puma-1075 posee rendimiento potencial de 12 000 kg/ha, prospera en buenas condiciones de buen temporal o humedad residual y en punta de riego, su adaptación puede extenderse a los estados de México, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Michoacán, en sitios entre 2100 a 2600 msnm. (Tadeo, 2005).

2.6.2. Características agronómicas Puma-1076.

Es un híbrido de ciclo intermedio de 150 días y conformados por tres líneas, su altura de planta y mazorca es de 248 y 161 cm, la floración masculina se presenta a los 86 y 84 días, la madurez fisiológica se logra a los 156 días, las mazorcas son de forma

cónicas y constan de 16 hileras, con 16.3 cm y 16.0 cm, en el Puma-1076 no presenta cubrimiento de espiga por la hoja bandera. El rendimiento promedio del híbrido Puma 1076 fue de 9000 kg/ha, el rendimiento potencial experimental es de 12000 kg/ha, en el valle de México, Cuautitlán, Mex., Valle de Puebla, Tlaxcoapan y Apan Hgo., y en Tlaxcala. Su adaptación puede extenderse a los estados de México, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo y Michoacán, en sitios de 2100 a 2600 msnm.

Cuadro 2. Características del híbrido de maíz Puma-1076.

Característica	Valor
Rendimiento	9000 kg/ha
Altura de planta	248 cm
Altura de mazorca	161 cm
Floración masculina	86 días
Floración femenina	84 días
Longitud de mazorca	16.0cm
Numero de hileras de mazorca	16 hilas
Numero de granos por hilera	30
Diámetro de mazorca	4.72 cm
Madurez fisiológica	154 días
Número de hojas	14
Angulo foliar	Entre 30 y 60 grados
Forma de mazorca	Muy cónica

(Tadeo, 2005).

2.6.3. Características agronómicas H-48.

El H-48 es un híbrido trilineal, de ciclo intermedio, desarrollado por el INIFAP y la FESC UNAM. La mazorca del H-48 mide 16.8 cm, tiene 16 hileras, posee grano color blanco, con 68% de reflectancia, índice de flotación de 25D, presenta 0.85% de pico, 5.1% de pericarpio, 9.8 de germen y peso hectólitrico de 79.8 kg/Hl. Es un genotipo apropiado para la cosecha mecánica, es tolerante al acame. El ciclo vegetativo para el H-48 desde

la siembra a la etapa de madurez fisiológica, es de 150 a 155 días, es muy similar al ciclo del híbrido H-50, este híbrido debe sembrarse de marzo hasta el 5 de mayo, dependiendo de la latitud. Este híbrido tiene la ventaja de tener menor frecuencia de hijos, lo que evita el desahíje o la presencia de plantas (hijuelos) “jorros” (Espinosa *et al.*, 2003).

Cuadro 3. Características agronómicas del híbrido H-48.

Característica	Valor
Altura de planta	245 a 273 cm
Altura de mazorca	135 a 176 cm
Días a floración masculina	82 a 91 dependiendo de asno
Días a floración femenina	82 a 96 dependiendo de asno
Días a madurez fisiológica	150 a 155
Rendimiento comercial.	9500 kg/ha con humedad residual y temporal favorable
Rendimiento potencial	12100 kg/ha (Riego, Punta de riego)
Cond. De humedad para la siembra	Temporal favorable, humedad residual, riego, punta de riego).
Altitud de adaptación	2200 a 2600 msnm
Estados donde se adapta:	México, Puebla, Tlaxcala e Hidalgo

(Espinosa, 2004).

2.6.4. Características agronómicas H-50.

El H-50 es un híbrido de cruza doble, es de ciclo intermedio, es desarrollado en el INIFAP.

La mazorca del H-50 mide en promedio 15.8 cm, presenta 16 hileras, posee grano de textura dentada y color blanco, con 60% de reflectancia, índice de flotación de 23D, presenta 1.78% de pico, 5.3% de pericarpio, 8.3 % de germen y peso hectolitrito de 782 kg/Hl. El híbrido H-50 se puede cosechar de forma mecánica.

El H-50 tolera al acame, la calificación de acame es del 20%. No tolera la incidencia de rayado fino y acaparamiento, cuyo valor es de 3 en una escala donde 1 es la menor incidencia y 10 la mayor afectación. Las dos enfermedades se han incrementado considerablemente en los últimos años, en los Valles Altos, los efectos de esta enfermedad son mayores, si la incidencia ocurre en etapas tempranas de la planta. El ciclo vegetativo del H-50, desde siembra hasta la madurez fisiológica, e de 150 a 155 días, esto depende de la altitud donde se cultive este híbrido (Espinosa *et al.*, 2003).

Cuadro 4. Características agronómicas del híbrido H-50.

Característica	Valor
Altura de planta	238 cm
Altura de mazorca	149 cm
Días a floración masculina	83
Días a floración femenina	84
Días a madurez fisiológica	145 a 160
Rendimiento comercial	8637 kg/ha (Humedad residual, temporal, favorable)
Rendimiento potencial	12000 kg/ha (Riego, punta de riego)
Condiciones de humedad para la siembra	Temporal favorable, humedad residual, riego, punta de riego)
Rango de adaptación	2200 a 2600 msnm
Estados donde se adapta.	Estado de México, Puebla, Tlaxcala e Hidalgo.

(Espinosa, 2004).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Localización.

El experimento se llevo a cabo en el Campo Experimental (Rancho Almaraz) de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, en parcela número 7, en el ciclo primavera-verano del año 2006, 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.

3.1.1. 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 (García, 1973).

3.1.2. 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 el mes de 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.

3.1.3. Precipitación.

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. La frecuencia de granizadas es baja, se observa en verano principalmente.

3.1.4. 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, 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.

3.1.5. Material genético.

El material genético incluyó a los híbridos H-48 F y H-48 AE (que significan versiones fértil y androesteril), H-50 F y H-50 AE, H-49 F y H-49 AE; desarrollados en el Campo Experimental Valle de México, así como el Puma 1076 AE y Puma 1076 F, Puma 1075 AE y Puma 1075 F, Puma 1167AE y Puma 1167F, 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, UNAM, la semilla de estos maíces fue obtenida en el ciclo primavera – verano 2005.

Estos híbridos ya fueron liberados menos el H-49 AE, es decir inscritos ante el Catalogo de Variedades Factibles de Certificación (CVC) y están a la venta a los productores que se interesan en adquirir semilla para su siembra comercial para la obtención de grano.

Cuadro 5. Híbridos de maíz de la FESC-UNAM y CEVAMEX-INIFAP, utilizados en la comparación de la capacidad productiva de grano.

Genotipo	Androestéril/Fértil	Genotipo	Androestéril/Fértil
Puma-1167 AE	Fértil	H-48 F	Androestéril
Puma-1167 F	Androestéril	H-49 AE	Fértil
Puma-1075 AE	Fértil	H-49 F	Androestéril
Puma-1075 F	R (restaurado)	H-50 AE	Fértil
Puma-1076 AE	Fértil	H-50 F	Androestéril
Puma-1076 F	Androestéril	H-153 AE	Fértil
H-48 AE	Fértil	H-153 F	Androestéril

3.1.6. Diseño experimental.

El diseño experimental que se utilizó fue en bloques completos al azar, con tres repeticiones, el análisis estadístico se efectuó en forma factorial considerando híbridos y condición fértil/androestéril, así como la interacción entre estos dos factores.

3.1.7 Tamaño de parcela.

La parcela útil estuvo constituida por un surco de 5 m de longitud, la distancia entre surco fue de 0.80m.

3.2. Manejo en campo.

3.2.1. Preparación del terreno.

La preparación del terreno consistió en un barbecho, rastra, cruza, surcado.

3.2.2. Fertilización.

La fertilización se realizó al momento de la siembra empleando una dosis de 80–40–00.

3.2.3. Siembra.

La siembra se efectuó en forma manual depositando tres semillas por sitio a cada 0.50m, teniendo un total de 11 matas por parcela, esta se llevó a cabo el día 13 de junio del año 2006.

3.2.4. Control de malezas.

El control se realizó de forma química haciendo tres aplicaciones durante el ciclo, la primera a las dos semanas después de la siembra, la segunda a los 30 días después de la siembra y la tercera aplicación cuando estaba iniciando la floración, a los 70 días de la siembra, utilizando una mezcla de: 2 kilogramos de Sansón más 2 litros de Hierbamina más 2 litros de Gesaprim, por hectárea.

3.2.5. Cosecha.

La cosecha se hizo de forma manual en el mes de diciembre, colectando todas las mazorcas tanto las buenas como las dañadas o podridas.

3.3. Variables a evaluar.

3.3.1. 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.

3.3.2. Días a floración femenina.

Los días a la floración femenina se contaron desde el momento de la siembra, hasta cuando estaba al 50% de estigmas con una longitud de 2 a 3 centímetros.

3.3.3. 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 la mazorca.

3.3.4. Altura de planta.

Se tomaron 5 plantas al azar, se midió la longitud desde la base de la planta hasta el punto donde comienza la primera ramificación de la espiga (panoja), sacando el promedio para tener el dato final.

3.3.5. 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.

3.3.6. 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.

3.3.7. Peso de campo.

Después de cosechar todas las plantas de cada parcela se registro en libras el peso de la mazorca tanto buenas como las malas, para después hacer la conversión a kilogramos.

3.3.8. Mazorcas buenas.

Se realizó la separación de mazorcas sanas para cuantificarlas, se tomo menos del 50% con daños para ser una mazorca buena.

3.3.9. Mazorcas malas.

También se separaron las mazorcas malas con un 50% de daños y se cuantificaron.

3.3.10. Sanidad de mazorca.

Se utilizó una escala de 1a 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.

3.3.11. Longitud de mazorca.

Se midió desde la base hasta la punta, cinco mazorcas que se tomaron al azar por cada parcela en centímetros con una regla, obteniéndose de esta forma un promedio como dato final.

3.3.12. Número de hileras / mazorca.

Se obtuvo de una muestra de 5 mazorcas escogidas al azar, contando las hileras y se utilizó el promedio.

3.3.13. 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.

3.3.14. Diámetro de mazorca.

Este dato se toma en la parte media de la mazorca a cada una de las 5 mazorcas de la muestra, medido con un vernier en centímetros.

3.3.15. Diámetro de olote.

Después de desgranar las cinco mazorcas, se midió la parte media de este en centímetros con un vernier.

3.3.16. Granos/ mazorca.

Se obtuvo de la multiplicación del número de granos/ hileras por el número de hileras/ mazorca.

3.3.17. Peso de 200 granos.

De una muestra de desgranada de 5 mazorcas que se homogenizó, se contarán 200 granos y se pesarán.

3.3.18. Porcentaje de materia seca.

De una muestra de 250 gramos de grano por parcela, de las mazorcas buenas, 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.

3.3.19. % de grano.

Resulta de la relación entre el peso del grano y el peso total de la muestra multiplicado por 100, es decir.

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

3.3.20. 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.

3.3.21. Rendimiento.

El rendimiento se calcula con la siguiente fórmula:

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

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 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 las diferentes variables evaluadas.

En el cuadro 6, se presentan los cuadrados medios y significancia estadística para los factores de variación genotipos, condición androsteril/fértil, así como la interacción genotipos x condición androsteril/fértil, para las variables evaluadas en maíces para Valles Altos en el Rancho Almaraz, FESC UNAM, durante el ciclo Primavera-verano 2006.

Para rendimiento se detectaron diferencias altamente significativas en los genotipos, los rendimientos varían entre los genotipos evaluados, no así para la condición androestéril/fértil lo que quiere decir que no hay diferencias estadísticas en el rendimiento y tampoco para la interacción entre genotipos con la condición de AE/F. Definiéndose un coeficiente de variación de 24.8% y una media de 7328 kg/ha, se considera que el rendimiento medio, es un valor aceptable para los híbridos de Valles Altos 2200 a 2600 msnm), aún más, si se toma en cuenta la fecha de siembra tardía (13 de junio 2006).

Para el factor de variación genotipos, en las variables altura de planta, altura de mazorca, peso volumétrico, diámetro de mazorca, se detectaron diferencias altamente significativas; en cambio en las variables longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera, se presentó diferencia significativa, al 0.05 de probabilidad (Cuadro 6).

En el factor de variación androesterilidad/fertilidad sólo se detectó significancia estadística en la variable longitud de mazorca, en cambio en el factor de variación de la interacción genotipos x androesterilidad/fertilidad se detectaron diferencias altamente significativas para las variables altura de mazorca, peso volumétrico y granos por hilera, en la misma interacción se presentó diferencia estadística al nivel de 0.05 de probabilidad para las variables longitud de mazorca, granos por mazorca, porcentaje de materia seca (Cuadro 6).

CUADRO 6. Cuadrados medios y significancia estadística para los factores de variación genotipos, condición androsteril/fértil, así como la interacción genotipos x condición androsteril/fértil, para las variables evaluadas en maíces para Valles Altos en el Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera-verano 2006.

Variable	CUADRADOS MEDIOS									
	Rep	S	Gen	S	AE/F	S	GenxAEF	S	Media	CV
Rendimiento	514661		14764155	**	7118541		2323468		7328	24.8
Floración masculina.	8.17		46.74		13.71		15.71		76	6.4
Floración femenina.	2.57		49.08		12.59		16.09		78	6.0
Altura de planta.	450.0		1121.32	**	372.02		503.91		240	6.4
Altura de mazorca.	171.52		688.80	**	233.35		647.46	**	134	9.7
Mazorcas buenas.	108.50		97.97		1.92		84.76		16	51.3
Mazorcas malas.	28.17		6.57		13.71		7.99		4	68.5
Peso volumétrico.	1978.28	*	1850.10	**	110.09		3132.48	**	712	2.7
Sanidad de mazorca.	0.07		1.04		0.09		0.59		8.28	9.02
Sanidad de planta.	0.45		0.52		0.09		0.43		8.80	6.95
Peso de 200 gramos.	217.81		183.99		1.93		73.82		7.40	14.05
Longitud de mazorca.	0.88		4.54	*	8.59	*	4.09	*	14.54	8.34
Hileras/mazorca.	0.02		4.66	*	1.93		2.37		15.40	7.42
Granos por hilera.	12.67		20.05	*	12.59		26.71	**	28.17	8.73
Diámetro de mazorca.	0.06		0.20	**	0.09		0.06		4.72	4.44
Diámetro de olote.	0.06		0.02		0.01		0.05		2.59	7.22
Granos por mazorca.	2888.00		6638.04		9.52		12442.63	*	433.57	13.72
% de materia seca.	19.99	**	2.60		2.78		7.22	*	78.77	2.16
% de grano.	5.57		9.33		13.26		4.93		83.44	2.70

S: significancia estadística al 0.01 de probabilidad (**), al 0.05 de probabilidad (*).

Para el caso de repeticiones la mayoría de las variables no presentaron diferencia significativa a excepción de la variable peso volumétrico que es significativa y porcentaje de materia seca que fue altamente significativa, en las tres repeticiones se

comportaron similar e excepción de las dos variables mencionadas. Los coeficientes de variación oscilaron entre 2.16 para la variable % de materia seca, hasta 68.57 que es el valor mas alto, correspondiendo esté a la variable mazorcas malas (Cuadro 6).

4.2. Comparación de medias para genotipos

Al comparar los genotipos, es decir los siete híbridos evaluados bajo la media de las versiones androestériles y fértiles de cada material, para rendimiento, se definieron dos grupos de significancia, el rendimiento más elevado lo obtuvo el híbrido Puma 1167, con 9690 kg/ha, en cambio el menor rendimiento correspondió al híbrido H-153 con 5549 kg/ha. Otro híbrido que rindió aceptablemente fue Puma 1075, el cual produjo 8895 kg/ha (Cuadro 7), en cambio H-50, exhibió un rendimiento relativamente bajo (5539 kg/ha), cabe aclarar que este maíz es el de mayor uso comercial, de acuerdo a (Espinosa *et al.*, 2004).

Con respecto a floración masculina y femenina, la comparación de medias se definió en ambos casos, dos grupos de similitud estadística, la floración más tardía correspondió a H-153 con 82 días y el material de mayor precocidad fue Puma 1076 (Cuadro 7).

En las variables altura de planta y altura de mazorca, se definieron dos grupos de similitud estadística, el valor más elevado en altura de planta lo presentó H-48 con 255 cm y el híbrido Puma 1075 exhibió el valor más elevado de altura de mazorca con 150, (Cuadro 7).

En la comparación de medias para híbridos evaluados, para las variables mazorcas buenas, mazorcas malas, sanidad de mazorca y sanidad de planta, al no presentar diferencias estadísticas significativas, se presentó un solo grupo de significancia; para el peso volumétrico se presentó tres grupos de similitud estadística y el Puma 1167 presentó el valor mas alto, así como el H-48 con 740 y 729 respectivamente (Cuadro 8).

CUADRO 7. Comparación de medias entre híbridos de maíz evaluados bajo la media de las versiones Androestéril y fértil para las variables rendimiento (kg/ha), floración masculina y femenina, altura de planta y altura de mazorca evaluados en el Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.

Genotipo	Rendimiento (kg/ha)	Floración Masculina (días)	Floración Femenina (días)	Altura de Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)
(1) Puma 1167	9690 a	75 ab	77 ab	251 a	132 ab
(2) Puma 1075	8895 a	75 ab	77 ab	251 a	150 a
(6) Puma 1076	7340 ab	73 b	75 b	243 ab	139 ab
(4) H-48	7216 ab	75 ab	77 ab	222 b	123 b
(3) H-48	7164 ab	76 ab	78 ab	255 a	144 ab
(5) H-50	5539 b	76 ab	78 ab	235 ab	123 b
(7) H-153	5549 b	82 a	84 a	222 b	127 ab
D.M.S.H. (0.05)	3349	9	9	28	24

CUADRO 8. Comparación de medias entre híbridos de maíz evaluados bajo la media de las versiones Androestéril y fértil para las variables mazorcas buenas y malas, peso volumétrico, sanidad de mazorca y planta, evaluados en el Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.

Genotipo	Mazorcas buenas	Mazorcas malas	Peso volumétrico	Sanidad de mazorca	Sanidad de planta
(1) Puma 1167	21 a	4 a	740 a	9 a	9 a
(2) Puma 1075	21 a	5 a	711 abc	8 a	9 a
(6) Puma 1076	15 a	3 a	691 c	8 a	9 a
(4) H-48	13 a	4 a	729 ab	9 a	9 a
(3) H-48	14 a	6 a	712 abc	8 a	9 a
(5) H-50	12 a	4 a	706 abc	8 a	9 a

(7) H-153	11 a	3 a	695 bc	8 a	8 a
D.M.S.H. (0.05)	15	5	35	1	1

En la comparación de medias para los híbridos evaluados con relación a la variable peso de 200 granos, se presenta un solo grupo de significancia, lo que se debe a que no hubo diferencias estadísticas, en cambio para las variables longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera y diámetro de mazorca, en todos estos casos se presentaron dos grupos en cada variable (Cuadro 9). El híbrido de maíz Puma 1167, presentó los valores más elevados en longitud de mazorca, granos por hilera, elementos de productividad, que seguramente sean parte de la expresión final del híbrido Puma 1167, el cual ha expresado buenos resultados en otros trabajos (Tadeo y Espinosa, 2006). Para diámetro de mazorca el Puma 1076 es el que obtuvo el valor más alto con 4.9cm.

CUADRO 9. Comparación de medias entre híbridos de maíz evaluados bajo la media de las versiones Androestéril y fértil para las variables peso de 200 gramos, longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera y diámetro de mazorca, evaluados en el Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.

Genotipo	Peso de 200 granos	Longitud de mazorca	Hileras por mazorca	Granos por hilera	Diámetro de mazorca
(1) Puma 1167	80 a	16 a	14 b	31 a	4.8 a
(2) Puma 1075	71 a	15 ab	15 b	29 ab	4.6 ab
(6) Puma 1076	71 a	14 ab	17 a	28 ab	4.9 a
(4) H-48	68 a	15 ab	15 ab	30 ab	4.7 ab
(3) H-48	73 a	14 ab	15 ab	26 b	4.8 a
(5) H-50	68 a	14 ab	16 ab	26 b	4.5 ab
(7) H-153	62 a	13 b	15 b	28 ab	4.4 b
D.M.S.H. (0.05)	18	2	2	4	0.38

En forma similar a las variables evaluadas anteriores, al analizar las otras variables como son: diámetro de olote, granos por mazorca, porcentaje de materia seca, porcentaje de grano, en todas ellas no se presentaron diferencias significativas, por lo cual no hay diferencia, lo que se confirma al quedar definido un solo grupo de medias, con similitud estadística como se observa en el (Cuadro 10).

CUADRO 10. Comparación de medias entre híbridos de maíz evaluados bajo la media de las versiones Androestéril y fértil para las variables diámetro de olote, granos por mazorca, % de materia seca y % de grano, evaluados en el Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.

Genotipo	Diámetro de olote	Granos por mazorca	% de materia seca	% de grano
(1) Puma 1167	2.7 a	440 a	78 a	84 a
(2) Puma 1075	2.5 a	428 a	79 a	85 a
(6) Puma 1076	2.5 a	491 a	78 a	83 a
(4) H-48	2.5 a	459 a	79 a	83 a
(3) H-48	2.5 a	395 a	79 a	85 a
(5) H-50	2.6 a	410 a	79 a	82 a
(7) H-153	2.6 a	410 a	78 a	82 a
D.M.S.H. (0.05)	0.34	109	3	4

4.3. Comparación de medias para el factor de androesterilidad/fertilidad.

La comparación de medias para las versiones androestériles con respecto a las versiones fértiles, considerando la media de los siete híbridos evaluados, se definió que para las variables rendimiento, floración masculina, floración femenina, altura de planta y altura de mazorca, no existen diferencias estadísticas significativas, razón por la cual sólo se define un grupo similar de valores para cada variable (Cuadro 11). Este resultado no coincide con otros resultados, en los cuales generalmente se había

observado mejores rendimientos de la versión androestéril, con relación a la versión fértil (Tadeo y Espinosa 2006), sin embargo, se aprecia que numéricamente la versión androestéril con 7740 kg/ha, representa 111.9 % con respecto al rendimiento de la versión fértil que rindió 6917 kg/ha, considerando a este valor como 100 % (Cuadro 11). La respuesta obtenida para este estudio de manera lógica, puede estar influenciada por la localidad, las condiciones que prevalecen. Otro aspecto importante es que será necesario ubicar híbrido por híbrido, el tipo de respuesta de cada una de las versiones androestériles o fértiles.

En diferentes estudios que se han realizado con híbridos fértiles y androestériles se han obtenido resultados donde la versión androestéril supera a la versión fértil, ya que los fotoasimilados se van a una sola demanda que es el grano (Espinosa *et al.*, 2003). Los componentes del rendimiento son una variable determinante en el rendimiento, así una planta con mayor follaje va a producir mas fotosintatos, que se van a reflejar en otros componentes, como son la longitud, diámetro de la mazorca, el peso del grano, aunque estadísticamente no hubo diferencia, pero numéricamente si se refleja. Se tienen algunas variables que notoriamente se vieron reflejadas en el rendimiento de los híbridos.

Con la androestérilidad o esterilidad masculina se evita el despanojamiento (desespigue) en la producción de semilla híbrida para el agricultor (Poehlman, 2005); el desespigue ocupa un alto porcentaje de jornales durante todo el proceso productivo, en promedio de 15 a 25 jornales pero se pueden ocupar hasta 50 jornales, dependiendo del genotipo (Tadeo y Espinosa, 2006), algunos que son muy duros para eliminar la

panoja esto incrementa el numero de jornales a utilizar. Por esta razón es importante decir que los híbridos androestériles tienen otras ventajas no tan solo el rendimiento que se obtiene, el no desespigar en la producción de semilla para disminuir los costos durante el ciclo productivo de este cultivo (Espinosa y Tadeo, 2004).

CUADRO 11. Comparación de medias de las versiones androestériles y fértiles considerando la media de los siete híbridos de maíz para las variables rendimiento (kg/ha), floración masculina y femenina, altura de planta y altura de mazorca, evaluados en el Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.

Genotipo	Rendimiento (kg/ha)	Floración Masculina (días)	Floración Femenina (días)	Altura de Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)
(1) Androestéril	7740 a	77 a	79 a	243a	137 a
(2) Fértil	6917 a	76 a	78 a	237 a	132 a
D.M.S.H. (0.05)	1153	3	3	10	8

Para las variables mazorcas buenas, mazorcas malas, peso volumetrico, sanidad de mazorca y sanidad de planta, al no detectar el análisis de varianza diferencias estadísticas, en todas las variables señaladas, se definió similitud en la comparación de medias estableciéndose sólo un grupo de significancia (Cuadro 12).

CUADRO 12. Comparación de medias de las versiones androestériles y fértiles considerando la media de los siete híbridos de maíz para las variables mazorcas buenas y malas, peso volumétrico, sanidad de mazorca y planta, evaluados en el Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – verano 2006.

Genotipo	Mazorcas buenas	Mazorcas malas	Peso volumétrico	Sanidad de mazorca	Sanidad de planta
(1) Androestéril	16 a	5 a	714 a	8 a	9 a
(2) Fértil	15 a	4 a	711 a	8 a	9 a

D.M.S.H. (0.05)	5	1	12	0.5	0.4
-----------------	---	---	----	-----	-----

Con respecto a la comparación de medias entre las versiones androestériles y fértiles en la media de los siete híbridos evaluados, para las variables peso de 200 gramos, longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera y diámetro de mazorca, a excepción de longitud de mazorca donde se definieron dos grupos diferentes estadísticamente, en las otras variables, no se detectaron diferencias entre las medias de las versiones androestériles o fértiles (Cuadro 13).

CUADRO 13. Comparación de medias de las versiones androestériles y fértiles considerando la media de los siete híbridos de maíz para las variables peso de 200 gramos, longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera y diámetro de mazorca, evaluados en el Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.

Genotipo	Peso de 200 gramos	Longitud de mazorca	Hileras por mazorca	Granos por hilera	Diámetro de mazorca
(1) Androestéril	71 a	15 a	16 a	29 a	5 a
(2) Fértil	70 a	14 b	15 a	28 a	5 a
D.M.S.H. (0.05)	6	0.8	1.0	2	0.1

En la comparación de medias para las variables diámetro de olote, granos por mazorca, % de materia seca y % de grano, los resultados indican que al no haber diferencias estadísticamente significativas, se definió en todos los casos de las variables, un solo grupo de significancia (Cuadro 14).

CUADRO 14. Comparación de medias de las versiones androestériles y fértiles considerando la media de los siete híbridos de maíz para las variables diámetro de olote, granos por mazorca, % de materia seca y % de grano,, evaluados en el Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.

Genotipo	Diámetro de olote	Granos por mazorca	% de materia seca	% de grano
(1) Androestéril	3 a	434 a	79 a	84 a
(2) Fértil	3 a	433 a	78 a	83 a
D.M.S.H. (0.05)	0.1	38	1	1

4.4. Comparación de medias para la interacción genotipos x androesterilidad/fertilidad.

En el caso de la interacción genotipos x androestrilidad/fertilidad para la variable rendimiento no se detectaron diferencias estadísticas, como ya se señaló, en el análisis estadístico, sin embargo conviene ubicar algunas respuestas específicas. El rendimiento más elevado entre los híbridos correspondió a Puma 1167 F, con 9945 kg/ha, que representa 94.8 % con respecto a la versión androestéril, que rindió 9433 kg/ha (Cuadro 15).

El segundo lugar en rendimiento fue ocupado por el híbrido Puma 1075 AE, correspondiente a la versión androestéril, con 9592 kg/ha, que representa 17 % mas con respecto a la versión fértil de este mismo híbrido Puma 1075 F, que expreso un rendimiento de 8197 kg/ha, resultados similares han sido reportados en diferentes trabajos, explicándose la ventaja de los resultados a favor de las versiones androestériles, por concentración de fotosintatos hacia una sola demanda que es la

formación de grano y no a la producción de polen, evitándose gasto de energía en esta actividad metabólica.

En forma tanto similar, es decir donde la versión androestéril presentó cierto porcentaje superior en rendimiento con respecto a la versión fértil fueron los casos de los híbridos Puma 1076 AE, con una superioridad de 36.3 %, con respecto a la versión fértil; otro caso similar fue para H-48 AE con ventaja de 16.6 %, en otra versión de H-48 AE, este supero en 46.4 % a una versión de fertilidad restaurada; en el caso de H-153 AE, la superioridad fue en 10.3 % con respecto a la versión fértil (Cuadro 15).

Otro caso atípico, donde la versión androestéril presentó rendimiento (6814 kg/ha) inferior a la versión fértil (7865 kg/ha), fue en el híbrido H-50, representando la versión androestéril 86.6 % con respecto a la versión fértil, sin embargo, esto pudo deberse a otros factores diferentes al aspecto relacionado con la esterilidad o fertilidad, ya que en trabajos anteriores, se había definido para este híbrido diferencias favorables en la versión androestéril con relación a la versión fértil (Espinosa *et al*, 2003), lo anterior señala la conveniencia de continuar evaluando el comportamiento de este tipo de materiales, cabe mencionar que no necesariamente se tienen que cumplir que la versión androesteril supere a la versión fértil.

Con respecto a la floración masculina, el menor valor correspondió con 73 días para el H-50 en las dos versiones (androestéril y fértil), el híbrido Puma 1167 F, Puma 1076 F y H-48 AE, con similares días a floración (73 días), en cambio, con 83 días el híbrido H-153 AE presentó el valor más alto (Cuadro 15).

En la floración femenina el menor valor fue de 75 días para H-50 F, Puma 1167 F y Puma 1076 F, en cambio el valor más elevado de floración femenina fue de 86 días para el híbrido H-153 (Cuadro 15).

CUADRO 15. Resultados de medias obtenidas en la evaluación de siete híbridos de maíz bajo las versiones androestériles y fértiles en las variables rendimiento (kg/ha), floración masculina y femenina. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.

Genotipo	Versión Androestéril/ Fértil	Rendimiento (kg/ha)	% F/AE	Floración Masculina (días)	Floración Femenina (días)
(1) Puma 1167	Androestéril	9433	94.8	78	80
(1) Puma 1167	Fértil	9945	100	73	75
(2) Puma 1075	Androestéril	9592	117.0	74	76
(2) Puma 1075	Fértil	8197	100	75	78
(3) Puma 1076	Androestéril	8266	136.3	78	80
(3) Puma 1076	Fértil	6061	100	73	75
(4) H-48	Androestéril	7768	116.6	73	76
(4) H-48	Fértil	6664	100	77	79
(5) H-48	Androestéril	6583	100	77	79
(5) H-48	Fértil	4495	146.4	75	78
(6) H-50	Androestéril	6814	86.6	73	76
(6) H-50	Fértil	7865	100	73	75
(7) H-153	Androestéril	5725	110.3	83	86
(7) H-153	Fértil	5192	100	81	83
D.M.S.H. (0.05)		1153		3	3

En la variable altura de planta destacan los híbridos; Puma 1076 AE, Puma 1075 F, Puma 1167 F y Puma 1076 F, que presentaron las alturas de planta mas elevados, de 258 a 252 centímetros. Los que presentaron las alturas mas bajas fueron H-153 AE y el H-48 AE, con 216 y 203 centímetro (Cuadro 16).

En el caso de la variable altura de mazorca, la comparación de medias por el método de Tukey, estableció tres grupos de significancia, destacando en el primer grupo el híbrido Puma 1075 AE en la versión androestéril, Puma 1075 F en la versión fértil y el Puma 1076 AE en la versión androestéril con 152 cm, 149 cm y 148 cm., que fueron los valores mayores para los tratamientos; el material que obtuvo la menor altura de mazorca fue H-49 AE con 103 cm. híbrido desarrollado en el INIFAP, en proceso de validación para su probable registro ante el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (Espinosa *et al*, 2006) .

Para la variable mazorcas buenas, no hubo diferencia estadística entre los 14 tratamientos, numéricamente el mayor número de mazorcas buenas lo tiene el Puma 1167 F y Puma 1075 AE con 27 y 26 mazorcas buenas en promedio, híbridos de la FESC UNAM, y el menor corresponde al tratamiento H-50 F con 12 mazorcas buenas.

CUADRO 16. Resultados de medias obtenidas en la evaluación de siete híbridos de maíz bajo las versiones androestériles y fértiles en las variables altura de planta y mazorca (centímetros), mazorcas buenas y mazorcas malas. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.

Genotipo	Versión Androestéril / Fértil	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Mazorcas buenas	Mazorcas malas
(1) Puma 1167	Androestéril	248	135	16	4
(1) Puma 1167	Fértil	254	129	27	4
(2) Puma 1075	Androestéril	245	152	26	3
(2) Puma 1075	Fértil	257	149	16	8
(3) Puma 1076	Androestéril	258	148	16	4
(3) Puma 1076	Fértil	252	141	12	8
(4) H-48	Androestéril	203	108	16	5
(4) H-48	Fértil	240	139	11	3

(5) H-48	Androestéril	247	143	13	5
(5) H-48	Fértil	224	103	12	4
(6) H-50	Androestéril	242	138	12	3
(6) H-50	Fértil	245	140	19	4
(7) H-153	Androestéril	217	133	12	3
(7) H-153	Fértil	228	122	11	4
D.M.S.H. (0.05)		10	8	5	1

En la variable peso volumétrico se establecieron cuatro grupos de significancia por la prueba de Tukey, el valor mas alto es para el H-48 AE con 770, seguido por el Puma 1167 F con 756, el valor mas bajo es de el H-49 AE , donde esta la versión, si bien es en su origen androestéril, posee la versión de restauración de la fertilidad, otro que tubo valores bajos es el H-50 F con 687, cabe mencionar que los valores mas altos en peso volumétrico están dados por los Pumas excepto el primer lugar y el tercer lugar también esta el H-48 R (restaurado).

En la variable sanidad de mazorca no hubo diferencia estadística significativa, por lo que todos los tratamientos son similares, el valor mas alto esta para el Puma 1167 F con un valor de 9.33, cabe mencionar que la escala que se utilizó es del 1 al 10 propuesta por el CIMMYT, el valor mas bajo es del H-153 F con un valor de 7.33; estos valores reflejan que las daños fitopatógenos a la mazorca son bajos (Cuadro 17).

Para sanidad de planta el valor mas alto correspondió al híbrido Puma 1167 F con un valor de 9.7 y el valor mas bajo fue para el H-153 AE con 8.0, la sanidad de planta es buena ya que los valores son altos, esto quiere decir que las plantas tuvieron un buen desarrollo, no fueron afectadas por problemas fitopatógenos (Cuadro 17).

CUADRO 17. Resultados de medias obtenidas en la evaluación de siete híbridos de maíz bajo las versiones androestériles y fértiles en las variables peso volumétrico, sanidad de mazorca y planta, peso de 200 gramos. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.

Genotipo	Versión Androestéril/ Fértil	Peso volumétrico	Sanidad de mazorca	Sanidad de planta	Peso de 200 gramos
(1) Puma 1167	Androestéril	725	9	9	80
(1) Puma 1167	Fértil	756	9	10	80
(2) Puma 1075	Androestéril	727	8	9	69
(2) Puma 1075	Fértil	697	8	9	74
(3) Puma 1076	Androestéril	710	8	9	79
(3) Puma 1076	Fértil	715	8	9	67
(4) H-48	Androestéril	770	9	9	69
(4) H-48	Fértil	688	8	8	68
(5) H-48	Androestéril	675	8	9	71
(5) H-48	Fértil	737	8	9	65
(6) H-50	Androestéril	697	8	9	71
(6) H-50	Fértil	687	7	9	71
(7) H-153	Androestéril	695	8	8	57
(7) H-153	Fértil	695	7	9	67
D.M.S.H. (0.05)		12	0.5	0.4	6

Para la variable hileras por mazorca, el valor mas alto fue para el H-50 F con un promedio de 18 hileras por mazorca, el Puma 1075 AE es el que obtuvo el valor mas bajo con 14 hileras en promedio por mazorca (Cuadro 18).

En la comparación de medias para la variable granos por hilera, con base en las diferencias altamente significativas, se establecieron dos grupos de significancia, el valor más alto es para el H-48 androesteril con 32 granos por hilera, en promedio por mazorca, el valor mas bajo es para el H-49 R (restaurado), es decir H-49 con origen androestéril, pero con la fertilidad restaurada, con un promedio de 22 hileras por mazorca (Cuadro 18).

En la variable diámetro de mazorca el valor mas alto es para el H-50 F con 5.10 y el valor mas bajo fue para el H-153 AE con 4.30 en promedio (Cuadro 18).

Para la variable Peso de 200 granos, el valor mas alto esta dado por el Puma 1167 F con 80.33 y el valor mas bajo es del H-153 AE con 57.00 (Cuadro 18).

En la variable Longitud de mazorca se presentó significancia estadística, por ello la comparación de medias por el método de Tukey, estableció tres grupos de significancia, hubo diferencias entre los diferentes tratamientos, la longitud mas alta es para el H-48 AE con 16.66 y el valor mas bajo, es para H-48 R (restaurado). En lo que se refiere a la longitud de mazorca se tienen tres grupos de significancia, los híbridos en la versión androestéril que obtuvieron mayor tamaño de mazorca son los genotipos Puma 1075 AE, Puma 1076 AE y H-48 AE, con todos los demás la versión fértil superó a la androestéril. Aquí la versión fértil predominó; está el Puma 1167, H-50, H-153 y el H-48 AE del grupo B donde esta el R (restaurado), presentaron longitud de mazorca mayor a la versión androestéril.

Para la variable % de materia seca se formó un grupo de significancia, esto quiere decir que no hay diferencia estadística entre los tratamientos para esta variable (Cuadro 18).

Para la variable % de grano estadísticamente no hay diferencia para los 7 híbridos en las dos versiones (Cuadro 18).

CUADRO 18. Resultados de medias obtenidas en la evaluación de siete híbridos de maíz bajo las versiones androestériles y fértiles en las longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera y diámetro de mazorca. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.

Genotipo	Versión Androestéril/ Fértil	Longitud de mazorca	Hileras por mazorca	Granos por hilera	Diámetro de mazorca
(1) Puma 1167	Androestéril	16	15	31	4.9
(1) Puma 1167	Fértil	16	14	31	4.8
(2) Puma 1075	Androestéril	15	14	30	4.6
(2) Puma 1075	Fértil	14	15	28	4.7
(3) Puma 1076	Androestéril	15	15	27	4.8
(3) Puma 1076	Fértil	14	16	25	4.9
(4) H-48	Androestéril	17	15	32	4.7
(4) H-48	Fértil	14	16	28	4.8
(5) H-48	Androestéril	16	17	30	4.7
(5) H-48	Fértil	12	15	22	4.4
(6) H-50	Androestéril	14	16	26	4.7
(6) H-50	Fértil	14	18	31	5.1
(7) H-153	Androestéril	13	15	26	4.3
(7) H-153	Fértil	14	15	30	4.5
D.M.S.H. (0.05)		0.8	0.7	2	0.1

En la variable diámetro de olote, en los 14 tratamientos, el valor mas alto fue para Puma 1167 AE con 2.73 cm y el valor mas pequeño fue para el tratamiento H-48 F con 2.33 cm. (Cuadro 19).

Para la variable granos por mazorca, en la interacción genotipos x androesterilidad/fertilidad, se presentó diferencia significativa, en la comparación de medias por la prueba de Tukey, se establecieron dos grupos de significancia, si hay diferencia entre los dos grupos, el valor mas alto es para el H-50 F con 553, en segundo lugar esta el H-48 AE con 497, los valores mas bajos son para el H-153 AE con 378 y el

H-48 R (restaurado) con 324 este ultimo es diferente estadísticamente a todos los tratamientos (Cuadro 19).

CUADRO 19. Resultados de medias obtenidas en la evaluación de siete híbridos de maíz bajo las versiones androestériles y fértiles en las variables diámetro de olate, granos por mazorca, % de materia seca y grano,. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera –verano 2006.

Genotipo	Versión Androestéril/ Fértil	% F/AE	Diámetro de olate	Granos por mazorca	% de materia seca	% de grano
(1) Puma 1167	Androestéril	94.8	2.7	442	78	86
(1) Puma 1167	Fértil	100	2.7	439	79	82
(2) Puma 1075	Androestéril	117.0	2.6	425	81	85
(2) Puma 1075	Fértil	100	2.5	431	79	85
(3) Puma 1076	Androestéril	136.3	2.5	394	80	85
(3) Puma 1076	Fértil	100	2.5	396	78	85
(4) H-48	Androestéril	116.6	2.7	473	81	83
(4) H-48	Fértil	100	2.3	446	78	83
(5) H-48	Androestéril	100	2.5	497	79	82
(5) H-48	Fértil	146.4	2.7	324	78	83
(6) H-50	Androestéril	86.6	2.5	430	78	84
(6) H-50	Fértil	100	2.6	553	78	81
(7) H-153	Androestéril	110.3	2.5	379	76	82
(7) H-153	Fértil	100	2.7	443	80	82
D.M.S.H. (0.05)			0.1	38	1	1

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y las condiciones en que se desarrollo el trabajo se definieron las siguientes conclusiones:

1.- Los híbridos evaluados considerando la media de su comportamiento en las versiones androestériles y fértiles son diferentes estadísticamente, definiéndose al híbrido de Maíz Puma 1167, como el genotipo con mejor capacidad productiva (9690 kg/ha), diferente estadísticamente a H-50 y H-153.

2. Las medias de las versiones androestériles de los siete híbridos evaluados con respecto a las versiones fértiles, para las variables rendimiento, floración masculina, floración femenina, altura de planta y altura de mazorca, definieron que no existen diferencias estadísticas significativas, lo que no coincide con anteriores trabajos.

3. La versión androestéril con un rendimiento de 7740 kg/ha, representa 111.9 % con respecto al rendimiento de la versión fértil que rindió 6917 kg/ha, considerando a este valor como 100 %, cabe mencionar que aunque estadísticamente no hubo diferencia pero numéricamente si se presentó.

4. En los híbridos Puma 1167 y H-50, las versiones fértiles expresaron numéricamente rendimiento superior en 5.2 % y 10% con respecto a la versión androestéril.

5.- En los híbridos Puma 1075 con 17 %, Puma 1076 con 36 %, H-48 con 16.6 %, otra versión de H-48 con 46.4 % y H-153 con 10.3, la versión androestéril fue superior numéricamente a la versión fértil.

6.- Para las variables peso de campo, floración masculina, floración femenina, mazorcas buenas, mazorcas malas, sanidad de mazorca, sanidad de planta, peso de 200 gramos, diámetro de olote, % de materia seca, % de grano, estadísticamente fueron similares.

7.- La hipótesis 1 no se cumplió aunque de los siete materiales evaluados para Valles Altos y Zonas de transición cinco la versión androestéril supero a la versión fértil, fisiológicamente la versión androestéril supera a la versión fértil por la traslocación de fotoasimilados que se va a una sola demanda.

8.-, Las variables estrechamente relacionadas con la productividad de los mejores materiales son: sanidad de planta, sanidad de mazorca, mazorcas buenas, longitud de mazorca.

VI. BIBLIOGRAFÍA

Beck D. L., J. L. Torres F., (2003). Desespigamiento. En: Memoria del curso Producción, tecnología y mantenimiento de la calidad de semilla certificada de variedades mejoradas de maíz del INIFAP con énfasis en los Valles Altos y Zona de Transición. Documento interno, COMECYT - CEVATOL, CIRCE, INIFAP. pp 44-53.

Blanco G., L., S., y Paulino R., F., (2001). Potencial de rendimiento de seis genotipos de maíz de temporal, con dos densidades de población. Tesis de licenciatura. UNAM. Cuautitlán Izcalli. Edo. De Mex. pp 11-13.

CIMMYT. 1995. Manejo de los ensayos e informe de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz. México. D. F: 20 pp.

Espinosa C. A., M. Sierra M., N. Gómez M., C. Reyes M., F. Caballero H., M. Tadeo R., A. Palafox C., O. Cano., F. Rodríguez M., E. Betanzos M., B. Coutiño E., (2003). Seed Production and Andro-Sterilite in normal and Quality Protein Maize. In: Books of Abstracts: Arnel R. Hallauer International Symposium on Plant Breeding. 17-22 August 2003, México City. México, D.F. pp 238-239.

Espinosa C. A., M. Tadeo R., J. Lothrop, S. Azpiroz R., R. Martínez M., J. P. Pérez C., C. Tut y C., J. Bonilla B., A. María Ramírez, Y. Salinas M. (2003). H-4.8 nuevo híbrido de maíz de temporal para los Valles Altos del Centro de México. Agricultura Técnica en México. Vol. 29 (1): 85-87.

Espinosa C. A., M. Tadeo R., R. Martínez M., J. Lothrop., S. Azpiroz R., C. Tut y C., J. Bonilla B., A. María R., J. P. Pérez C., M. A. Ávila P., J. Gámes V., Y. Salinas M., (2004). H-50. Nuevo híbrido de maíz para los Valles Altos de México. Folleto técnico Num. 17. 19 pp.

Espinosa C. A., M. Tadeo R., R. Martínez M., G. Srinivasan, D., Beck, J. Lothrop., S. Azpiroz R., M. A. Ávila P., J. Gámes V., J. P. Pérez C., C. Tut y C., J. Bonilla B., A. María R., Y. Salinas M. (2004). H-50. Nuevo híbrido de maíz para los Valles Altos de México. Folleto técnico Num. 16. 19 pp.

Fleming A. A., Koselnicky G. M., Browne E. B. (1960) Cytoplasmic effect on agronomic characters in a double cross maize hybrid. Agron. Vol. 52: pp 112-115.

Flores M. A., (2001). Consideraciones agronómicas en etapas fenológicas del maíz: manual. Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco: División de ciencias biológicas y de la salud. México. 19pp.

Jugenheimer R. W., (1981). Maíz Variedades Mejoradas Métodos de Cultivo y Producción de Semilla. Editorial Limusa. México. pp. 493-497.

Liu Z. Peter S O, Long M, Weingartner U, Stamp P, Kaeser O (2002) A PCR assay for rapid discrimination of sterile cytoplasm types in maize. Crop Science 42: 566-569.

Llanos C. M. (1984). El Maíz su Cultivo y aprovechamiento. Ediciones Mundi Prensa. España. pp. 15.

Márquez S. F., (1995). Métodos de mejoramiento del maíz. Universidad Autónoma Chapingo. México. pp.33, 62-65

Martínez L. C., L. E. Mendoza O., G. García de los S., M. C. Mendoza C., A. Martínez G. (2006). Rendimiento de grano de híbridos isogénicos de maíz formados mediante androestérilidad vs. Desespigamiento. Fitotecnia mexicana 29:365-368.

Martínez L. C., L. E. Mendoza O., G. García de los S., M. C. Mendoza C., A. Martínez G. (2005). Producción de semilla híbrida de maíz con líneas androfértiles y

androestériles isogénicas y su respuesta a la fertilización y densidad de población. *Fitotecnia Mexicana* 28:127-133.

Partas E. K. (1997). Male Sterility as an Efficient Method of Exploiting Heterosis in Maize. In: *The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. An International Symposium México*. pp. 244-245.

Poehlman M. J., Sleper A. D. (2005). Mejoramiento de las cosechas. pp. 133-137, 213-219, 223-226, 337-338 y 346.

Reyes C. P. 1990. *El maíz y su cultivo*. AGT Editor, S.A. México pp. 9-21.

Reyes C. P., 1985. *Fitogenotécnica básica y aplicada*. AGT Editor, S. A. México. pp 19-20, 78-80, 158-166.

Simeonov N, Ilchovaka, (1995) Effect of Male-Sterility Cytoplasm and Mode of Restoration on the Seed Production and Yield of the Single and Modified Maize Hybrid Knezha 530. In: *Rasteniev` dni-Nauki*. pp 32, 9-10 and 86-89.

Solano A. M., (1998). *Androestérilidad e identificación de restauradores de la fertilidad masculina en híbridos de maíz para Valles Altos*. Tesis Profesional. FESC-UNAM.

Tadeo R. M., A. Espinosa C., R. Martínez M., A. M. Solano, A. Piña D. V. (1997). Use of CIMMYT Germplasm to Develop Maize Hybrids at the UNAM. In: *The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. An International Symposium México*. pp. 240-241.

Tadeo R. M., A. Espinosa C., A. María S., R. Martínez M. (1999). *Androestérilidad en líneas e híbridos de maíz de Valles Altos de México*. En: *Resúmenes de la XLV Reunión Anual del PCCMCA*. 12 a 15 de abril, 1999. Guatemala, Guatemala.

Tadeo R. M., A. Espinosa C., A. María. S., R. Martínez M. (2001). Esterilidad masculina para producir semilla híbrida de maíz. *Ciencia y Desarrollo*. 157: 64-75.

Tadeo R. M., A. Espinosa C., A. Martínez M. R., (2002). Apuntes del curso: Tecnología y producción de semillas. *Ingeniería Agrícola, FES-Cuautitlán*. UNAM. México pp 31-32.

Tadeo R. M., A. Espinosa C., A. María S., R. Martínez M. (2003). Androestérilidad en líneas e híbridos de maíz de Valles Altos de México. *Agronomía Mesoamericana*. 14 (1): 15-19.

Tadeo R. M., A. Espinosa C., R. Martínez M., G. Srinivasan, D. B., J. Lothrop J., L. Torres, S. (2004). Puma 1075 y Puma 1076 híbridos de maíz de temporal para los Valles Altos de México (2200 a 2600 msnm). *Rev. Fitotecnia Mexicana*. VOL. 27 (2): pp 211-212.

Tadeo R. M., A. Espinosa C., R. Martínez M., (2005). Procedimientos técnicos para producción de semilla de híbridos y variedades de maíz en México. pp 8-9.

Tadeo R. M., A. Espinosa C., D. Salazar H., C. Téllez, N. Gómez M., M. Sierra M., F. Caballero H., A. Palafox C., F. Rodríguez M., M. Bayardo P., I. González R. 2006. Productividad de híbridos de maíz de Valles Altos obtenidos con esquema de progenitores androestériles y fértiles. In *Memorias del VI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ciencias Agrícolas, Mexicali B.C.* pp 458-464.

Tadeo R. M., A. Espinosa C., R. Martínez M., A. M. Solano. 2005. Puma 1075 híbrido de maíz para los Valles Altos de México (2200 a 2600 msnm). *Desplegable Técnica no. 1*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, México. 11 pp.

Tadeo R. M., A. Espinosa C., R. Martínez M., A. M. Solano. 2005. 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 pp.

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, Republica Dominicana. pp 49.

Weingartner U., Prest T., J. Camp K., H. Stamp P. (2002). The Plus-hybrid system: a method to increase grain yield by combined cytoplasmic male sterility and xenia. *Maydica* 47. 127-134.