



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

PRODUCTIVIDAD DE GRANO, ANDROESTERILIDAD Y
CAPACIDAD RESTAURADORA DE LA FERTILIDAD DE HÍBRIDOS
DE MAÍZ.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

I N G E N I E R O A G R Í C O L A

P R E S E N T A :

ENRIQUE INOSCENCIO CANALES ISLAS

ASESORES: M.C. MARGARITA TADEO ROBLEDO

DR. ALEJANDRO ESPINOSA CALDERÓN

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO 2010



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: L. A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos
comunicar a usted que revisamos la Tesis :

Productividad de grano, Androesterilidad y Capacidad Restauradora
de la Fertilidad de Híbridos de Maíz.

que presenta el pasante: Enrique Inocencio Canales Islas
con número de cuenta: 30025231-8 para obtener el título de :
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en
el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 12 de Febrero de 2010.

PRESIDENTE	<u>Ing. Miguel Angel Bayardo Parra</u>	
VOCAL	<u>Dr. Alejandro Espinosa Calderón</u>	
SECRETARIO	<u>M.C. Margarita Tadeo Robledo</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Dr. Joob Anastacio Zaragoza Esparza</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>M.C.. Ana María Martínez García</u>	

AGRADECIMIENTOS

A Dios le agradezco por haberme dado la oportunidad de vivir y por ayudarme en los momentos más difíciles de mi vida. Gracias por ponerme en este México que tanto nos necesita como nosotros a él y al que no defraudaré.

Gracias a la Universidad Nacional Autónoma de México, que desde el bachillerato me ha tenido en sus aulas, no olvidaré el aprender a aprender, el aprender a ser y el aprender a hacer del CCH. Gracias por todas las lecciones académicas y de vida tan gratas que pasé contigo. Gracias por darme la satisfacción de estar en la mejor Universidad de México y Latinoamérica. Gracias por darme la dicha de terminar la carrera de Ingeniero Agrícola y que nunca te defraude cuando fui tu alumno. Donde quiera que esté honraré a mi Universidad, por que la Universidad la hacemos todos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), que me otorgó una beca por medio del Dr. Alejandro Espinosa Calderón como apoyo para poder concluir este trabajo.

Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM, que con recursos monetarios de este proyecto se pueden hacer estos trabajos de investigación, obtenido por medio de la M. C. Margarita Tadeo Robledo.

Gracias a mis asesores M. C. Margarita Tadeo Robledo y Dr. Alejandro Espinosa Calderón, por su confianza y apoyo a lo largo de todo este proceso muy importante, por los consejos y experiencia compartida en el Mejoramiento Genético de Maíz.

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

A los miembros del equipo de trabajo de semillas, por el apoyo incondicional en la elaboración de este trabajo. Agradezco a los Ingenieros: Rafael Martínez Mendoza, Israel

Arteaga Escamilla y Demetrio Matías Bautista. Gracias por su tiempo, dedicación, disciplina, constancia y las ganas de trabajar. Espero que tengan el mismo éxito en la conclusión de sus trabajos los compañeros del equipo: Israel Arteaga, Beatriz Martínez, Viridiana y Fátima Hagg.

Gracias a todos los profesores de la carrera de Ingeniería Agrícola, que con su cátedra y conocimientos ayudaron a mi formación profesional; Gracias a mis compañeros de la Generación 29.

Gracias a la Licenciada M. Iveth Huante Correa, que con su apoyo incondicional en este proceso tan importante pude alcanzar las metas que me propuse. Gracias por tu paciencia y comprensión que me has brindado y sobre todo la humildad que te caracteriza.

Gracias a mis amigos, con los que desde la infancia he compartido grandes momentos y que me han apoyado moralmente a seguir adelante.

DEDICATORIAS

Este trabajo de tesis está dedicado a dos de las personas más importantes de mi vida, que son mis padres Juana Islas Fernández y Rosalio Canales Castro, que desde niño me han inculcado los valores más importantes para sobresalir como persona. Quienes se han esforzado para darnos la herencia más importante que puede haber en la vida, que es la educación. Con amor y cariño les dedico este trabajo a ustedes, mis padres, a quienes también agradezco por que no dejaron de confiar en mí.

A mis hermanos, quienes complementan a las personas más importantes de mi vida, Armando Canales Islas, quien me ha dado el ejemplo de que hay que superarnos en la vida y no estancarnos, gracias por apoyarme en los momentos más difíciles cuando necesité de tu persona y acudiste, gracias por los buenos consejos; Montserrat Canales Islas, gracias por el apoyo moral que me has brindado hermana, espero que Armando y yo te hayamos dado el ejemplo e inspiración de superación que necesitas para poder seguir adelante en tus metas como estudiante. Con amor y cariño, también les dedico este trabajo.

De manera muy particular, le doy gracias a toda mi familia por el apoyo moral brindado en todo este tiempo que estuve en la carrera de Ingeniería Agrícola, gracias a mis tíos Alejandro Campos Castro, Miguel Canales Castro y Alfonso Canales Castro.

ÍNDICE.

	Pág.
Índice de cuadros.	iv
Resumen.	viii
I.- INTRODUCCIÓN.	1
1.1.- Objetivo general.	3
1.2.- Hipótesis.	3
II.- REVISIÓN DE LITERATURA.	4
2.1.- Maíz híbrido.	4
2.2.- Tipos de híbridos y variedades.	4
2.2.1.- Híbridos simples.	4
2.2.2.- Híbridos trilineales.	5
2.2.3.- Híbridos dobles.	5
2.2.4.- Híbridos varietales.	6
2.2.5.- Variedades sintéticas.	6
2.2.6.- Variedades mejoradas.	7
2.2.7.- Variedades criollas.	7
2.2.8.- Híbridos no convencionales.	8
2.3.- Heterosis.	8
2.4.- Producción de maíz híbrido en México.	9
2.5.- Obtención de materiales híbridos.	11
2.5.1.- Características que deben cumplir los progenitores para la producción de maíz híbrido.	11
2.5.2.- La producción de semilla híbrida con progenitores de fertilidad normal.	12
2.5.3.- La producción de semilla con progenitores androestériles.	13
2.6.- Trabajos realizados en la FES – Cuautitlán sobre androesterilidad en maíz.	13
2.7.- La androesterilidad.	15
2.7.1.- Esterilidad masculina genética.	16
2.7.2.- La androesterilidad citoplásmica como auxiliar para producir semilla híbrida.	17

2.7.3.- Androesterilidad génico-citoplásmica.	18
2.7.4.- Esterilidad masculina inducida químicamente.	19
2.7.5.- Ventajas de la androesterilidad.	19
2.8.- Genes restauradores de la fertilidad.	20
2.9.- Capacidad productiva de los materiales androestériles de maíz.	21
2.10.- Calidad de la semilla.	21
2.10.1.- Calidad genética.	22
2.10.2.- Calidad fisiológica.	22
2.10.3.- Calidad sanitaria.	22
2.10.4.- Calidad física.	23
2.11.- Aspectos sobre la pureza genética.	23
2.12.- Aspectos que debe cumplir la semilla híbrida certificada.	24
2.12.1.- Diferente.	24
2.12.2.- Uniforme.	24
2.12.3.- Estable.	25
2.12.4.- Novedad.	25
2.12.5.- Denominación.	25
III.- MATERIALES Y MÉTODOS.	26
3.1.- Localización y condiciones ambientales.	26
3.2.- Material genético.	26
3.3.- Diseño experimental.	28
3.4.- Análisis estadístico.	28
3.5.- Establecimiento del experimento.	28
3.6.- Manejo agronómico.	28
3.7.- Variables evaluadas.	29
3.7.1.- Rendimiento.	29
3.7.2.- Plantas establecidas.	29
3.7.3.- Floración masculina.	29
3.7.4.- Floración femenina.	30
3.7.5.- Altura de la planta.	30
3.7.6.- Altura de mazorca.	30
3.7.7.- Sanidad de la planta.	30
3.7.8.- Número de plantas cosechadas.	30

3.7.9.-	Peso de campo.	30
3.7.10.-	Número total de mazorcas.	30
3.7.11.-	Sanidad de la mazorca.	30
3.7.12.-	Porcentaje de humedad.	31
3.7.13.-	Mazorcas buenas.	31
3.7.14.-	Mazorcas malas.	31
3.7.15.-	Peso volumétrico.	31
3.7.16.-	Peso de 200 granos.	31
3.7.17.-	Longitud de mazorca.	31
3.7.18.-	Hileras por mazorca.	31
3.7.19.-	Granos por hilera.	31
3.7.20.-	Diámetro de mazorca.	32
3.7.21.-	Diámetro de olote.	32
3.7.22.-	Granos por mazorca.	32
3.7.23.-	Porcentaje de materia seca.	32
3.7.24.-	Porcentaje de grano.	32
3.7.25.-	Número de plantas fértiles y androestériles.	32
IV.-	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	33
4.1.-	Análisis de varianza para diferentes variables evaluadas.	33
4.2.-	Comparación de medias para híbridos de maíz androestériles, fértiles normales y con restauración.	34
4.3.-	Análisis de varianza de híbridos en versiones androestériles y fértiles.	43
4.4.-	Comparación de medias en híbridos considerando el promedio de las versiones fértiles y androestériles.	45
4.5.-	Comparación de medias para variables evaluadas en versiones fértiles y androestériles.	49
4.6.-	Comparación de medias para la interacción híbridos x androesterilidad/fertilidad.	50
V.-	CONCLUSIONES.	57
VI.	BIBLIOGRAFÍA.	59

INDICE DE CUADROS.

- Cuadro 1.-** Características que deben tener los progenitores femeninos y masculinos para la producción de semilla híbrida de maíz. 12
- Cuadro 2.-** Híbridos de maíz obtenidos con cruzas simples androestériles combinadas con machos fértiles para verificar la androesterilidad y/o capacidad de restauración. Rancho Almaraz, Primavera - Verano. 2007. 27
- Cuadro 3.-** Cuadrados medios y significancia estadística para diversas variables evaluadas en híbridos de maíz androestériles y fértiles normales y con restauración para Valles Altos en el Rancho Almaraz, FESC - UNAM, Primavera - Verano 2008. 34
- Cuadro 4.-** Comparación de medias de las variables rendimiento (kg/ha), floración masculina y femenina, altura de planta y altura de mazorca evaluadas en híbridos de maíz androestériles, fértiles normales y fértiles con restauración. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008. 37
- Cuadro 5.-** Comparación de medias para las variables mazorcas buenas y malas, plantas cosechadas, peso volumétrico y sanidad de mazorca, evaluadas en híbridos de maíz androestériles, fértiles normales y fértiles con restauración. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008. 38
- Cuadro 6.-** Comparación de medias para las variables sanidad de planta, cobertura de mazorca, peso de 200 granos, longitud de mazorca e hileras por mazorca, evaluadas en híbridos de maíz androestériles, fértiles normales y fértiles con restauración. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008. 40

- Cuadro 7.-** Comparación de medias para las variables granos por hilera, diámetro de mazorca, diámetro de olote, granos por mazorca y porcentaje de humedad, evaluadas en híbridos de maíz androestériles, fértiles normales y fértiles con restauración. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008. 41
- Cuadro 8.-** Comparación de medias para las variables para las variables % de grano, % de materia seca, plantas fértiles, plantas androestériles y mazorcas totales, evaluadas en híbridos de maíz androestériles, fértiles normales y fértiles con restauración. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008. 43
- Cuadro 9.-** Cuadrados medios y significancia estadística para diversas variables evaluadas en híbridos fértiles en comparación con su versión androestéril para los factores de variación repetición, genotipos, condición androesteril/fértil e interacción genotipos x condición androesteril/fértil. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera - Verano 2008. 45
- Cuadro 10.-** Comparación de medias para variables evaluadas, rendimiento (kg ha⁻¹), floración masculina y femenina, altura de planta y altura de mazorca en híbridos de maíz considerando el promedio de las versiones fértiles y androestériles. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008. 46
- Cuadro 11.-** Comparación de medias para las variables evaluadas sanidad de planta, cobertura de mazorca, peso de 200 granos, longitud de mazorca e hileras por mazorca en híbridos de maíz considerando el promedio de las versiones fértiles y androestériles. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008. 47
- Cuadro 12.-** Comparación de medias para las variables evaluadas granos por hilera, diámetro de mazorca, diámetro de olote, granos por mazorca y % de humedad en híbridos de maíz considerando el promedio de las

- versiones fértiles y androestériles. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008. 47
- Cuadro 13.-** Comparación de medias para las variables evaluadas porcentaje de grano, porcentaje de materia seca, plantas fértiles, plantas androestériles y mazorcas totales en híbridos de maíz considerando el promedio de las versiones fértiles y androestériles. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008. 48
- Cuadro 14.-** Comparación de medias de diversas variables evaluadas en híbridos de maíz para Valles Altos, de las versiones Androestériles y Fértiles de dichos híbridos. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008. 50
- Cuadro 15.-** Comparación de medias para diversas variables en la interacción híbridos X androesterilidad / fertilidad, para: rendimiento (kg/ha), floración masculina y femenina, altura de planta . Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008. 51
- Cuadro 16.-** Comparación de medias para diversas variables en la interacción híbridos X androesterilidad / fertilidad, para las variables altura de mazorca, mazorcas buenas y malas, plantas cosechadas, peso volumétrico. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008. 52
- Cuadro 17.-** Comparación de medias para diversas variables en la interacción híbridos X androesterilidad / fertilidad, para las variables sanidad de mazorca, sanidad de planta, cobertura de mazorca, peso de 200 granos, longitud de mazorca e. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008. 53
- Cuadro 18.-** Comparación de medias para diversas variables en la interacción híbridos X androesterilidad / fertilidad, para las variables hileras por mazorca, granos por hilera, diámetro de mazorca, diámetro de olote,

granos por mazorca. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008.

54

Cuadro 19.- Comparación de medias para diversas variables en la interacción híbridos X androesterilidad / fertilidad, para las variables porcentaje de humedad, porcentaje de grano, porcentaje de materia seca, plantas fértiles, plantas androesteriles y mazorcas totales. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008.

56

RESUMEN.

La importancia en la investigación del cultivo de maíz tiene fundamentos importantes, ya que México es el centro de origen del maíz (*Zea mays* L.), es el cereal más importante a nivel mundial, desde hace varios años la producción mundial supero al trigo. El volumen cosechado en 2007, fue de 765 millones de toneladas, además se espera un mayor crecimiento por la demanda para la fabricación de etanol, es el principal alimento para la población mexicana, con un consumo per capita de 160 kg por persona por año.

Con el crecimiento acelerado de la población tanto a nivel nacional como internacional, la demanda de los alimentos se ha incrementado, por lo que en México, desde hace varios años no se satisface la demanda interna, por lo que es necesario importar anualmente de 10 millones de toneladas de grano amarillo, de aquí, la importancia que tiene el mejoramiento genético en el cultivo de maíz, por la necesidad de generar nuevos materiales que aporten al productor mayores rendimientos, permitan reducir los costos de producción y se adapten mejor al medio ambiente.

En México la principal institución dedicada a la investigación sobre el mejoramiento genético del maíz para tratar de dar solución a los problemas que se presentan en el campo mexicano, es el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Otras instituciones como la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, dependiente de la UNAM, realizan mejoramiento genético y han ofrecido variedades mejoradas para los Valles Altos de México, también se realiza investigación con androesterilidad desde 1992, donde se ha logrado incorporar esta característica a las líneas progenitoras élite de los híbridos de mayor importancia generados en la propia Universidad e INIFAP respectivamente. El objetivo principal de la esterilidad masculina en la producción de semilla híbrida de maíz es, incrementar la calidad de las semillas y que su utilización en los Valles Altos de México permita reducir los costos de producción.

Existen dos formas de aprovechar la esterilidad masculina en forma comercial, en una de ellas, que se denomina como “uso de mezclas de semillas androesteriles y fértiles” se produce semilla con la versión de hembra androestéril en cierto porcentaje, que generalmente es del orden del 60 al 80% de la superficie, el otro porcentaje se utiliza hembra con fertilidad normal, en ese caso a estas plantas se les desespiga, es decir, se

eliminan las espigas antes de que liberen polen, no así a las hembras androestérides. De esta manera se cosecha la semilla, la cual en ambos casos fue polinizada por el macho común. Se beneficia la semilla, se seca, se selecciona, se desgrana, se clasifica hasta tener lista esta mezcla, para ensacarse, lo que señala que el productor en su parcela, tendrá la proporción similar de plantas androestérides 60 a 80% y el resto sería de plantas de fertilidad normal, la proporción de mezcla de semillas se define a través de experimentos en diferentes combinaciones de semilla androestérida y fértil.

La otra forma de utilizar la androesterilidad, es aquella en la que se emplea un macho al cual se le incorporó previamente la capacidad restauradora de la fertilidad, lo que se verifica por varios ciclos hasta que hay seguridad de la restauración. Con este macho se obtienen híbridos al cruzarse con hembras androestérides, el resultado de una cruce simple androestérida con un macho con capacidad restauradora, es un híbrido fértil completamente, después de realizar este tipo de cruces y tener las combinaciones androestérida x fértil, es indispensable que sean evaluados para confirmar la restauración de la fertilidad.

De esta manera en este trabajo se utilizaron híbridos con característica de androesterilidad, generados en el INIFAP y otros en la FESC, para ser evaluados en el Rancho Almaraz de la FESC – UNAM, en comparación con testigos fértiles como Puma 1076, así como los híbridos androestérides (H-47 AE, H-48 AE, H-49 AE), y dos híbridos comerciales fértiles (H-50 y H-48) generados en el INIFAP, así como otros materiales obtenidos con progenitores que poseen capacidad restauradora. Los objetivos fueron: - Determinar la capacidad productiva y verificar la estabilidad de la androesterilidad y capacidad restauradora de la fertilidad, en un grupo de híbridos de maíz de color blanco androestérides y fértiles, junto con dos genotipos comerciales, en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Estado de México; - Definir las ventajas agronómicas de un grupo de híbridos de maíz de color blanco androestérides y fértiles en comparación con testigos comerciales.

En la FESC-UNAM se estableció este trabajo, en el ciclo primavera-verano de 2008, donde fueron evaluados 20 genotipos, 8 de estos de la FESC-UNAM y 12 del INIFAP, algunos con fertilidad normal, otros con androesterilidad y otros con capacidad restauradora de la fertilidad, en bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

Con base a los resultados, discusión y las condiciones en las que se desarrolló este trabajo se concluye:

Para la variable rendimiento al considerar las medias de producción de versiones fértiles ($10,757 \text{ kg ha}^{-1}$) en comparación con la media de las versiones androestériles (10582 kg ha^{-1}) de seis híbridos de maíz para Valles Altos (Puma 1181, Puma 1075, Puma 1076, H-48, H-47 y H-50), el análisis de varianza no detectó diferencia estadística significativa, es decir los híbridos fértiles no fueron diferentes con respecto a los androestériles.

Los híbridos que presentaron mayores rendimientos de grano fueron el Puma 1181 AE con $12,550 \text{ kg ha}^{-1}$, similar al genotipo H-48 F con un rendimiento de $12,141 \text{ kg ha}^{-1}$ y el Puma 1075 AE con un rendimiento de $11,242 \text{ kg ha}^{-1}$, dos de ellos androestériles y uno con fertilidad masculina normal, los tres se cultivan de manera comercial en su versión de fertilidad normal en los Valles Altos de la República Mexicana.

Los genotipos Puma 1181 AE y el Puma 1075 AE obtuvieron rendimientos mayores que su versión fértil con 15.5% y 2.7 % respectivamente. En cambio, en los híbridos Puma 1076 F con 3.3%, H-47 F con 5.5%, H-48 F con 13.1% y H-50 F con 5.2%, en estos genotipos se definieron rendimientos mayores en la versión fértil que en su versión androestéril con el porcentaje indicado.

De los cuatro genotipos, en los cuales se empleó un progenitor masculino con capacidad de restauración de la fertilidad, en la cruce 149 X110, se observó que le fue restaurada la fertilidad al 100% de las plantas establecidas, en cambio en la cruce 149 X 126, no se presentó la restauración, ya que fue androestéril, lo que indica que el progenitor macho 126, debe ser evaluado nuevamente y rectificar en ciclos posteriores para verificar. Las otras dos cruces a las que les fue restaurada la fertilidad, recuperaron la fertilidad un 50% de las plantas de cada parcela.

El Puma 1181 y Puma 1075, en su versión androestéril y fértil, con origen en la UNAM, FES – Cuautitlán; así como otros híbridos: H-48 y H-50, en su versión androestéril y fértil, con origen en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, mostraron cualidades favorables como: buena productividad de grano, resistencia al acame, resistencia a plagas y enfermedades, buena sanidad de planta y mazorca y buen porcentaje de grano.

I. INTRODUCCIÓN.

La importancia en la investigación del cultivo de maíz tiene fundamentos importantes, ya que México es el centro de origen del maíz (*Zea mays* L.), es el cereal más importante a nivel mundial, desde hace varios años la producción mundial supero al trigo. El volumen cosechado en 2007, fue de 765 millones de toneladas, además se espera un mayor crecimiento por la demanda para la fabricación de etanol, es el principal alimento para la población mexicana, con un consumo per capita de 160 kg por persona por año. Es cada vez más importante para otros países de América y África, tiene un papel relevante como alimento para el ganado (Espinosa *et al.*, 2008 c).

Con el crecimiento acelerado de la población tanto a nivel nacional como internacional, la demanda de los alimentos se ha incrementado, por lo que en México, desde hace varios años no se satisface la demanda interna, por lo que es necesario importar anualmente de 10 millones de toneladas de grano amarillo, siete millones de toneladas de grano entero y tres millones de toneladas de grano quebrado (Espinosa *et al.*, 2008), de aquí, la importancia que tiene el mejoramiento genético en el cultivo de maíz, por la necesidad de generar nuevos materiales que aporten al productor mayores rendimientos, permitan reducir los costos de producción y se adapten mejor al medio ambiente.

En México la principal institución dedicada a la investigación sobre el mejoramiento genético del maíz para tratar de dar solución a los problemas que se presentan en el campo mexicano, es el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), que en conjunto con las instituciones antecesoras como el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), el Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA), la Oficina de Estudios Especiales (OEE), generaron y desarrollaron más de 250 variedades e híbridos de maíz (Espinosa *et al.*, 2003; Espinosa *et al.*, 2004; Espinosa *et al.*, 2008 a, Espinosa *et al.*, 2008 b). Otras instituciones como la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, dependiente de la UNAM, realizan mejoramiento genético y han ofrecido variedades mejoradas para los Valles Altos de México (Tadeo *et al.*, 2003, Espinosa *et al.*, 2008 a), también se realiza investigación con androesterilidad desde 1992, donde se ha logrado incorporar esta característica a las líneas progenitoras elite de los híbridos de mayor importancia generados en la propia Universidad e INIFAP respectivamente (Tadeo *et al.*, 2001; Tadeo *et al.*, 2003). El objetivo principal de la

esterilidad masculina en la producción de semilla híbrida de maíz es, incrementar la calidad de las semillas y que su utilización en los Valles Altos de México permita reducir los costos de producción.

Existen dos formas de aprovechar la esterilidad masculina en forma comercial, en una de ellas, que se denomina como “uso de mezclas de semillas androesteriles y fértiles” se produce semilla con la versión de hembra androestéril en cierto porcentaje, que generalmente es del orden del 60 al 80% de la superficie, el otro porcentaje se utiliza hembra con fertilidad normal, en ese caso a estas plantas se les desespiga, es decir, se eliminan las espigas antes de que liberen polen, no así a las hembras androestériles. De esta manera se cosecha la semilla, la cual en ambos casos fue polinizada por el macho común. Se beneficia la semilla, se seca, se selecciona, se desgrana, se clasifica hasta tener lista esta mezcla, para ensacarse, lo que señala que el productor en su parcela, tendrá la proporción similar de plantas androestériles 60 a 80% y el resto sería de plantas de fertilidad normal, la proporción de mezcla de semillas se define a través de experimentos en diferentes combinaciones de semilla androestéril y fértil (Espinosa *et al.*, 2009).

La otra forma de utilizar la androesterilidad, es aquella en la que se emplea un macho al cual se le incorporó previamente la capacidad restauradora de la fertilidad, lo que se verifica por varios ciclos hasta que hay seguridad de la restauración. Con este macho se obtienen híbridos al cruzarse con hembras androestériles, el resultado de una cruce simple androestéril con un macho con capacidad restauradora, es un híbrido fértil completamente, después de realizar este tipo de cruces y tener las combinaciones androestéril x fértil, es indispensable que sean evaluados para confirmar la restauración de la fertilidad.

De esta manera se cuenta con diferentes híbridos con característica de androesterilidad, generados en el INIFAP y otros en la FESC, mismos que se requiere que sean evaluados en el Rancho Almaraz de la FESC – UNAM, en comparación con testigos fértiles como Puma 1076, así como los híbridos androestériles (H-47 AE, H-48 AE, H-49 AE), y dos híbridos comerciales fértiles (H-50 y H-48) generados en el INIFAP, así como otros materiales obtenidos con progenitores que poseen capacidad restauradora.

1.1.- Objetivo general.

- Determinar la capacidad productiva y verificar la estabilidad de la androesterilidad y capacidad restauradora de la fertilidad, en un grupo de híbridos de maíz de color blanco androestériles y fértiles, junto con dos genotipos comerciales, en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Estado de México.
- Definir las ventajas agronómicas de un grupo de híbridos de maíz de color blanco androestériles y fértiles en comparación con testigos comerciales.

1.2.- Hipótesis.

Los progenitores detectados previamente a este estudio con capacidad restauradora de la fertilidad, que intervienen en la conformación de híbridos en evaluación restablecen la fertilidad masculina de los híbridos en la etapa comercial.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1.- Maíz híbrido.

Es la progenie de la primera generación de un cruzamiento entre líneas endogámicas o híbridos entre ellos (Poehlman, 2005).

De manera más precisa, Robles (1986) señala que un híbrido, en términos generales, es la primera generación que resulta del cruzamiento entre dos progenitores, cuyas características principales son: la manifestación óptima de heterosis y la uniformidad de sus caracteres agronómicos; sobre todo, si los progenitores son líneas puras homocigóticas contrastantes en sus genotipos; resulta así, una población F_1 heterocigótica y homogénea altamente vigorosa y productiva

2.2.- Tipos de híbridos y variedades.

Dentro de los diferentes tipos de variedades que existen en maíz se pueden mencionar: a) Híbridos simples, b) Híbridos trilineales, c) Híbridos dobles, d) Híbridos varietales, e) Variedades sintéticas, f) Variedades mejoradas, g) Criollos y h) Híbridos no convencionales.

2.2.1.- Híbridos simples.

Los híbridos de cruce simple es la progenie híbrida derivada de una polinización entre dos líneas endogámicas homocigóticas. Las plantas de cruzamiento simple son heterocigóticas en todos los loci, en los que los progenitores endogámicos difieren; no obstante, dentro del cruzamiento simple, las plantas son genéticamente idénticas (o casi idénticas). Los híbridos de cruce simple son más vigorosos y productivos que sus progenitores, al recuperar el vigor que perdió en el proceso de autofecundación.

La elección de la línea endogámica que se utilizará como progenitor masculino y la línea que será el progenitor femenino, por lo general está determinada por la línea que produce el suministro más abundante de polen y la que da el mayor rendimiento de semilla (Poehlman, 2005).

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

2.2.2.- Híbridos trilineales.

Es la progenie híbrida de un cruzamiento de tres líneas, que utiliza como progenitor productor de semilla a la cruce simple proveniente del cruzamiento de dos líneas emparentadas y a una línea endogámica no emparentada como el progenitor productor de polen (Poehlman, 2005).

- Menor potencial productivo de grano que los híbridos simples, pero mayor potencial productivo de grano que los híbridos dobles.
- Responden bien para zonas con puntas de riego, humedad residual, y buen temporal.
- Muy buena productividad de semilla.
- Buena uniformidad de altura de planta y mazorca.
- Cosecha mecanizable.
- Se requiere comprar semilla nueva cada año.
- Facilidad para producción de semilla y control de calidad (Espinosa, 2006).

2.2.3.- Híbridos dobles.

Es la progenie híbrida de un cruzamiento entre cuatro líneas endogámicas no emparentadas. Las líneas endogámicas se cruzan en pares para producir dos cruces simples, que a su vez se cruzan para producir el híbrido doble (Poehlman, 2005).

- Menor potencial productivo de grano que híbridos trilineales y mayor que los híbridos varietales.
- Son especiales para zonas de temporal, bajo condiciones desfavorables.

- Buena productividad de semilla de ambos progenitores.
- Regular uniformidad del híbrido final.
- Difícil control de la calidad genética en producción de semillas.
- Cosecha manual.
- Requiere compra de semilla nueva cada año.
- Regular facilidad de producción de semilla.

2.2.4.- Híbridos varietales.

- Menor potencial productivo de grano que los híbridos dobles, pero mayor que las variedades sintéticas.
- Especial para zonas de temporal, en particular para provincias de mediana productividad.
- Posee regular uniformidad.
- Cosecha manual.
- No es necesario adquirir semilla nueva cada año.
- Presenta facilidad para producción de semilla, ya que se obtiene de combinar dos variedades.

2.2.5.- Variedades sintéticas.

Se les denomina a la generación avanzada que procede de semilla obtenida por polinización libre entre varios genotipos de una especie vegetal, las cuales pueden ser líneas consanguíneas, clones o poblaciones seleccionadas por diferentes procesos de mejora (híbridos), (Ramírez, 2006, citado por Matías en 2009).

- Expresan menor potencial productivo de grano que los híbridos varietales, pero mayor que las variedades mejoradas.
- Especial para zonas de temporal deficiente, con condiciones de lluvia y ambiente desfavorable. Su ámbito de recomendación es la provincia de mediana productividad, así como las tierras marginales, es decir, en ambientes difíciles para el maíz.
- Baja uniformidad de altura de planta y mazorca.
- Cosecha manual.

- La semilla puede obtenerse de la propia parcela por cuatro o cinco años, después de renovarse.
- Facilidad para producción de semilla, ya que es un solo lote aislado.

2.2.6.- Variedades mejoradas.

Una variedad mejorada es un grupo de plantas con características bien definidas, semejantes, obtenidas a través de la aplicación de alguna técnica o metodología de mejoramiento genético, las cuales poseen características sobresalientes y comportamiento superior al de las variedades existentes o predecesoras (Tadeo, 2004).

- Poseen menor potencial productivo de grano que las variedades sintéticas, pero mayor potencial productivo que las variedades criollas.
- Son específicos para zonas de temporal deficiente, es decir en las provincias de tierras marginales.
- Poseen de mediana a escasa productividad.
- Cuentan con baja uniformidad de altura de planta, mazorca y tamaño de mazorca.
- La cosecha es de forma manual.
- La semilla para la siembra se obtiene de la misma parcela.
- Facilidad para la producción de semilla, ya que es un solo lote.

2.2.7.- Variedades criollas.

Son variedades locales, las cuales se han obtenido por un proceso de selección por los agricultores a través de los años en diferentes ciclos agrícolas.

- Poseen limitado potencial productivo de grano.
- Específicos para temporal deficiente o con problemas de falta de humedad y manejo. Su ubicación es en las provincias de baja productividad, así como en tierras marginales.
- Poseen baja uniformidad de altura de planta y de mazorca.
- La cosecha debe efectuarse de forma manual.
- La semilla se obtiene de la misma parcela.

- Presenta facilidad para la producción de semilla, ya que implica un solo lote aislado.
- Poseen ventajas comparativas por tipo especial de grano, para uso diferenciado (Chalqueñito, Marceño, Hoja morada).

2.2.8.- Híbridos no convencionales.

Se obtienen de la combinación de: a) Variedad X Línea (Mestizos), b) Híbrido simple X Variedad, c) Variedad X Híbrido simple, d) Híbridos o Variedades estabilizadas y e) Híbrido X Híbrido.

Los híbridos no convencionales, son una alternativa que puede ser de utilidad, de hecho es una práctica usada por los agricultores cuando combinan su criollo con una variedad mejorada.

- Mayor potencial productivo de grano que variedades sintéticas e híbridos varietales, dependiendo del tipo de híbrido no convencional.
- Responden muy bien en provincias de buen potencial productivo.
- Presentan baja uniformidad en altura de planta, mazorca y tamaño de mazorca.
- Se requiere adquirir semilla nueva, pero también puede obtenerse de la propia parcela.
- La producción de semilla es relativamente fácil, así como el control de progenitores.
- La productividad de semilla es buena, al obtenerse de cruce simple o variedad.

2.3.- Heterosis.

La heterosis es un fenómeno en el cual el cruzamiento de dos variedades produce un híbrido que es superior en crecimiento, tamaño, rendimiento o en vigor general, dichos caracteres de amplia importancia en el maíz son de naturaleza cuantitativa y están controlados por un gran número de genes.

El vigor híbrido denota los efectos manifiestos de la heterosis, por lo que se resume que el vigor híbrido:

- La endocria reduce el vigor y produce muchos individuos defectuosos y estériles que automáticamente se eliminan por sí mismos.
- La reproducción por cruzamiento incrementa considerablemente el vigor, tanto en híbridos interespecíficos como intervarietales. Al cruzar dos variedades endocriadas se restaura el vigor perdido y con frecuencia se produce mayor vigor del que las variedades tenían originalmente.
- No todas las variedades endocriadas producen la misma cantidad de vigor cuando se cruzan, ya que hay cruzamientos más efectivos que otros.

La causa de vigor híbrido en el maíz, se identifica en los cruzamientos de los progenitores que generalmente tienen defectos diferentes, que tienden a compensarse unos con otros en la progenie inmediata.

La heterosis tiene como resultado el estímulo general de la planta híbrida, principalmente de la generación F_1 provenientes de la semilla, donde frecuentemente se obtiene un incremento de los rendimientos, madurez precoz, mayor resistencia a plagas y enfermedades, plantas más altas, mayor número y peso de frutos, así como otras partes internas y externas de la planta (Jugenheimer, 1981).

2.4.- Producción de maíz híbrido en México.

El mejoramiento de las plantas de maíz, así como de la producción de nuevos y mejores híbridos, es un proceso continuo, ya que los principales factores que ponen en riesgo la producción son las plagas y enfermedades, condiciones ambientales, genéticas y de manejo. Cuestiones por las que es necesario obtener materiales resistentes a plagas y enfermedades, resistentes a condiciones ambientales desfavorables, de fácil adaptación a la zona donde se establecerán y que genéticamente expresen las características que se requieran (Reyes, 1990).

La producción de semilla híbrida de alta calidad en México, requiere de importantes factores como:

Climáticos: luz, temperatura, precipitación, viento, época del año.

Agronómicos: manejo del suelo (pH, fertilización, drenaje, estado mineral), manejo del agua y capacitación del personal.

Biológicos: material vegetativo, malezas, plagas y enfermedades.

Sociales: superficie, tenencia de la tierra y organizaciones de agricultores.

Económicos: costos de producción y comercialización.

Tecnológicos: maquinaria, mejoramiento genético, técnicas de manejo y asesoría técnica.

Jurídicos: leyes (de semillas) y normas (SNICS), (Tadeo y Espinosa, 2004).

La Productora Nacional de Semillas (PRONASE), la cual fue formada a principios de la década de los 60's, tenía la función primordial de incrementar y reproducir los materiales mejorados genéticamente, además fue quien inició en México la participación en la distribución y comercialización de la semilla al agricultor, con la calidad y precio justo para su alcance (Reyes, 1990).

En 1985 se crea el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, el cual actualmente se encarga de las investigaciones sobre el maíz y sobre la generación del material genético que se puede propagar en diferentes regiones de México, el cual es distribuido por medio del sector privado (Reyes, 1990).

En 1991 se modifica la ley sobre la Producción, Certificación y Comercialización de Semillas y el respectivo reglamento en 1993. Por lo que la PRONASE dejó de ser la única receptora de semilla producida por el INIFAP, aumentando así la participación de pequeñas y medianas empresas en la producción y distribución de materiales del instituto.

Es por eso, que la semilla y la tecnología representan elementos estratégicos para cristalizar los resultados entre el mejoramiento genético y la utilización de semilla, por parte de los agricultores (Espinosa *et al.* 2003).

2.5.- Obtención de materiales híbridos.

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

Los cultivares híbridos se obtienen en tres etapas:

- 1.- Obtención de líneas endogámicas, por lo general mediante varias generaciones de endogamia en una población o segregante de una especie de polinización cruzada.
- 2.- Cruzamiento de pares de líneas endogámicas no emparentadas para producir un cultivar híbrido F_1 de cruzamiento simple que posea muchos loci heterocigóticos.
- 3.- Producción de semilla del cultivar híbrido de cruzamiento simple para distribuirla a los agricultores (Poehlman, 2005).

2.5.1.- Características que deben cumplir los progenitores para la producción de maíz híbrido.

Uno de los principales objetivos del mejoramiento genético de la semilla de maíz es producir altos rendimientos de grano de excelente calidad para los agricultores y consumidores. Por lo que los progenitores deben reunir las características que el productor considere óptimas para su mejor manejo. Y por ende, es necesario utilizar las técnicas de producción que reduzcan los costos, utilizando progenitores que nos faciliten la producción de semilla híbrida de maíz de manera eficiente (Jugenheimer, 1988).

Cuadro 1.- Características que deben tener los progenitores femeninos y masculinos para la producción de semilla híbrida de maíz.

Progenitor femenino	Progenitor masculino
Adaptable a la cosecha mecánica	
Altos rendimientos de semilla viable	
Tallos, raíces y mazorcas fuertes	
Buena cubierta de mazorca	Debe proporcionar el polen en buena cantidad y calidad en el momento adecuado
Tamaño y forma de semilla grande	
Buena germinación	
Semillas longevas	
Plántula vigorosas	

(Jugenheimer, 1988).

2.5.2.- La producción de semilla híbrida con progenitores de fertilidad normal.

La producción de semilla con progenitores de fertilidad normal, se realiza en campos alternando dos surcos de macho por seis de hembra, dependiendo del polen producido por el progenitor masculino, procurando sembrar el menor número posible de surcos macho posibles (Tadeo *et al.*, 2001).

Es necesario inspeccionar los campos de producción de semilla antes del desespigamiento, con el fin de asegurarse que no haya contaminación con polen de otras parcelas, o si no se reúnen las condiciones para la producción de semilla, dar de baja el lote de producción (Tadeo *et al.*, 2001).

La inflorescencia masculina en el progenitor femenino debe ser eliminada antes de la floración o liberación de polen, para conservar la pureza y la estabilidad genética de la semilla del híbrido que se desea producir. Labor que es muy laboriosa y costosa (Tadeo *et al.*, 2001).

2.5.3.- La producción de semilla con progenitores androestériles.

La producción de semilla con progenitores androestériles. Se realiza sin necesidad de realizar la labor de desespigue, mediante la utilización de la androesterilidad (Espinosa y Tadeo, 2007).

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

En Estados Unidos de América, la androesterilidad dejó de utilizarse por las empresas productoras de semilla desde 1970, debido a la única fuente de esterilidad citoplasmática denominada cms-T (incorporada a la mayoría de los híbridos para facilitar la producción de semilla), que mostró susceptibilidad al tizón foliar causado por el hongo *Helminthosporium maydis* raza T, de tal manera que ocasionó una epifita que afectó el 90% de las siembras en la faja maicera de ese país (Airy *et al.*, 1978; Grogan, 1971; Tadeo *et al.*, 1997).

2.6.- Trabajos realizados en la FES – Cuautitlán sobre androesterilidad en maíz.

Se tienen como referencia algunos de los trabajos realizados en la UNAM con apoyo del INIFAP, específicamente en la FES – Cuautitlán sobre androesterilidad en maíz, han sido pocos, pero con resultados muy importantes, estos con fines de comprobar que materiales androestériles son de suma importancia en la producción de semilla de buena calidad y rendimientos altos.

El primero de los trabajos que se realizaron en esta institución fue elaborado por: **Ana María Solano**, en el año de 1998, como trabajo de tesis para Ingeniera Agrícola, cuyos objetivos fueron, identificar líneas de maíz de Valles Altos con capacidad restauradora de la fertilidad masculina a través de su progenie y, verificar la capacidad restauradora de la fertilidad masculina de las líneas de maíz identificadas, en híbridos androestériles de

Valles Altos. Así como evaluar el rendimiento y las características agronómicas de estos híbridos.

En este trabajo obtuvieron resultados en 2 ciclos, en el primero se obtuvo, que de los 32 híbridos evaluados, 9 resultaron fértiles en un 100% y 3 con fertilidad parcial, lo que indica que las líneas EHT-29-2, EHT-49-3, IA49-1, IA49-2 Y P2-1 son restauradores de la fertilidad y que los genes de la restauración están en condición homocigótica dominante, en cambio las líneas 43-1, EHT-30-5 Y EHT-9-6 tiene los genes restauradores en forma heterocigótica, y el resto de las líneas paternas tiene estos genes en forma homocigótica recesiva. Todas las líneas restauradoras de la fertilidad generaron buenas características agronómicas y las no restauradoras generaron híbridos, que se pueden utilizar para formar híbridos trilineales con alguna de las líneas que se identificaron como restauradores de la fertilidad.

Cuando los híbridos llegaron a floración se identificaron los restauradores de la fertilidad, se cruzaron estos híbridos con híbridos androestériles, de este modo se obtuvo el material genético que se empleó en el segundo ciclo de evaluación (1996), en donde además de evaluar la fertilidad de los 41 híbridos androestériles, se evaluó su rendimiento comparándolos con 9 híbridos fértiles experimentales y dos híbridos comerciales como testigos.

Las líneas identificadas en el primer ciclo como restauradoras, es decir P2-1 y EHT-49-3, confirmaron ser restauradoras de la fertilidad masculina, en el segundo ciclo ya que 2 y 17 híbridos en los que participaron como progenitores respectivamente, recuperaron la fertilidad masculina. Para el caso de los restauradores EHT-9-6 y EHT-30-5, que se habían identificado como parcialmente restauradores, originaron en dos condiciones, fértiles y parcialmente fértiles.

El segundo trabajo fue elaborado por Emma Hernández Hernández, en el año 2000, como tesis para Ingeniera Agrícola, su objetivo fue: determinar la capacidad productiva y la calidad de la semilla de cruces simples androestériles y compararla con la presentada por la versión fértil.

Con propósito de generar información acerca del comportamiento de cruzas androestériles con respecto a su versión fértil en términos de rendimiento y calidad de semilla se procedió a evaluar 6 cruzas simples androestériles con dos, tres y cuatro retrocruzas hacia la línea receptora de la esterilidad con sus respectivas cruzas simples fértiles.

No se presentó diferencia estadística por efecto de la androesterilidad en los genotipos evaluados. La producción media de materiales androestériles fue de 5490 kg/Ha y de 5300 kg/Ha en los materiales fértiles.

Todos los materiales androestériles presentaron mayor porcentaje de semilla comercial y altura de planta y mazorca inferior con relación a su versión fértil.

2.7.- La androesterilidad.

La androesterilidad es la imposibilidad por parte de la planta de generar órganos reproductivos o polen viable para la fertilización de la flor femenina. Esta condición puede ser hereditaria, y puede deberse a causas genéticas o citoplasmáticas (Poehlman, 2005).

Esto elimina la necesidad del proceso de emasculación en plantas como cebolla y sorgo, así como el desespigamiento del maíz. En las líneas de macho estéril las flores no producen anteras funcionales, por lo que no puede haber autopolinización. La esterilidad masculina puede ser controlada por la acción de genes específicos o por mecanismos hereditarios en el citoplasma (Poehlman, 2005).

Como ya se mencionó con anterioridad, para la obtención de líneas androestériles es necesario convertir una línea fértil en estéril mediante un programa de retrocruzamiento, el cual fue ideado por el botánico Alemán Joseph Koelreuter en el siglo XVIII (Jugenheimer, 1988).

El método de retrocruza se realiza para la incorporación de caracteres de herencia simple. En donde se incorpora un gen dominante o recesivo proveniente de un progenitor donante (D) en una línea o variedad seleccionada llamada progenitor recurrente (R) (Robles, 1986. Citado por Hernández en 2000).

Otra forma de explicar la retrocruza es, que para obtener una población con esterilidad causada genéticamente es necesario cruzar las líneas con una fuente de esterilidad, autofecundar la F1, y cosechando siempre plantas estériles, hacer una o dos retrocruzas más hacia las líneas, mezclar retrocruzas y continuar el avance generacional por medio de la cosecha de plantas estériles (Márquez, 1991).

El método requiere de la elección cuidadosa del progenitor no recurrente, necesita de una población de tamaño suficiente para mantener la segregación del tipo deseado, y el ligamiento puede obstaculizar el éxito del método.

El retrocruzamiento permite la segregación de los genes que el investigador desea transferir, y proporciona estabilidad genética para los genes que el desea conservar sin cambio. Obviamente, el carácter por transferir debe identificarse con una claridad razonable. El número de retrocruzas depende del grado de homocigosis deseado (Jugenheimer, 1988).

Hay diferentes causas por las cuales se puede obtener esterilidad masculina y son las siguientes:

2.7.1.-Esterilidad masculina genética.

Esta se manifiesta por medio de la actividad de los genes nucleares que inhiben el desarrollo normal de las anteras y el polen. La etapa precisa en la que se interrumpe el desarrollo del polen varía con la especie, o bien con el gen específico que determina la esterilidad masculina. La eficacia del gen de la 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 este gen puede ser completa o parcial, por lo que sí puede haber polen viable, lo que limitaría su utilidad en programas de fitomejoramiento (Poehlman, 2005).

La esterilidad masculina es determinada predominantemente por un alelo recesivo, *ms*. El alelo dominante *Ms*, resulta en la formación de anteras y polen normales. En el caso de las especies diploides el genotipo *msms* corresponde a la esterilidad masculina, en tanto que los genotipos *MsMs* y *Msms* corresponden a la fertilidad masculina.

Este tipo de esterilidad se ha presentado principalmente en sorgo, cebada, maíz y remolacha azucarera (Poehlman, 2005).

2.7.2- La androesterilidad citoplásmica como auxiliar para producir semilla híbrida.

La androesterilidad citoplásmica como auxiliar para producir semilla híbrida se utilizó por primera vez con fines comerciales en la cebolla a fines de la década de 1940.

Esta 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 del polen y las anteras. Con frecuencia el citoplasma estéril resulta de introducir cromosomas nucleares en un citoplasma extraño. Sólo se transmite por medio de la planta hembra. (Poehlman, 2005).

Los genes nucleares y el citoplasma interactúan para producir plantas con esterilidad masculina y plantas con fertilidad masculina.

Las plantas que poseen citoplasma estéril y genes recesivos restauradores de la fertilidad (**CMS, rfrf**) son plantas con esterilidad masculina. En cambio, las plantas que poseen citoplasma estéril y genes dominantes restauradores de la fertilidad (**CMS, RfRf** o **CMS, Rfrf**), o bien citoplasma normal y genes restauradores de la fertilidad o dominante o recesivos (**N, RfRf**; **N, Rfrf**; o **N, rfrf**) son plantas con fertilidad masculina. Suponiendo que un gen restaurador de la fertilidad funcionara para restaurar la fertilidad, las plantas con esterilidad masculina pueden tener tres tipos de progenie de acuerdo con el genotipo de planta que aporta el polen.

CMS, rfrf x **N** o **CMS, RfRf** → **CMS, Rfrf** (toda la fertilidad masculina)

CMS, rfrf x **N** o **CMS, Rfrf** → 50% **CMS, Rfrf** (con fertilidad masculina)
50% **CMS, rfrf** (con fertilidad masculina)

CMS, rfrf x **N, rfrf** → **CMS, rfrf** (toda con esterilidad masculina)

En la planta de maíz se requieren de 2 genes dominantes para restaurar la fertilidad en plantas de maíz con esterilidad masculina citoplásmica, y éstos genes son necesarios para modificar y restaurar totalmente la fertilidad en una amplia gama de ambientes (Poehlman, 2005).

El uso más amplio ha sido en el maíz, sorgo, mijo perla, girasol y las remolachas azucareras. En el caso del maíz, la esterilidad masculina citoplásmica desplazó al sistema de desespigamiento de las plantas hembra o formadoras de semilla para producir semilla híbrida (Poehlman, 2005)

2.7.3.- Androesterilidad génico-citoplásmica.

Este tipo de androesterilidad depende de la interacción de un gen nuclear recesivo con un plasmagén (citogén), de tal manera que el factor recesivo (rf) para androesterilidad produce su efecto en forma homocigota (rfrf), y en presencia del citoplasma que posee el plasmagén para esterilidad masculina (Chávez, 1993. Citado por Salazar en 2008). De tal manera que:

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

Está gobernada por efectos citoplásmicos transmitidos por la hembra y efectos genéticos ubicados en los cromosomas; la esterilidad ocurre cuando se combinan ambos tipos de información genética, si el citoplasma codifica para fertilidad y la información del núcleo determina esterilidad hay formación de polen pero no restaura la fertilidad en su progenie. Pero si en el núcleo hay información para fertilidad en homocigosis y heterocigosis (MsMs y Msms respectivamente), si es dominante se tiene el macho restaurador (Villaseñor, 1996. Citado por Hernández en 2000).

2.7.4.- Esterilidad masculina inducida químicamente.

Esta le ofrece al fitomejorador la alternativa de usar la esterilidad masculina de tipo genético o de tipo citoplasmático para producir semilla híbrida. Las sustancias químicas que inducen la esterilidad masculina reciben los nombres de gameticidas, inhibidores de polen o agentes químicos de hibridación. Esta última denominación se prefiere ahora en virtud de que los compuestos químicos son potencialmente útiles para controlar el polen en la producción de semilla híbrida (Poehlman, 2005).

El procedimiento general consiste en aplicar una aspersion foliar antes de la floración, que inhibe la producción de polen viable, pero no daña los órganos reproductores pistilados ni afecta el desarrollo de la semilla. La investigación sobre estos productos se ha llevado a cabo en algodón, maíz, trigo, sorgo y hortalizas, y se siguen haciendo investigaciones sobre el tema (Poehlman, 2005).

2.7.5.- Ventajas de la androesterilidad.

De manera general, el uso de semilla androestéril mejorada es un factor tecnológico indispensable en la producción de semilla y de grano de maíz, ya que es un insumo del cual depende hasta del 60% que se tenga éxito en el sistema de producción.

La incorporación de androesterilidad y definición de materiales restauradores de la fertilidad y esquema completo para producir semilla sin recurrir al desespigamiento en producción de semilla de híbridos del INIFAP, otorgará elementos para apoyar el abasto de semillas certificadas con la calidad genética obtenida por los fitomejoradores. El esquema de androesterilidad evitará que se den de baja lotes de producción de semilla por fallas en el proceso de desespigue, además de apoyar empresas en baja escala productiva y promover un mejor abasto de semillas.

Con la androesterilidad se trata de eficientizar el incremento de semillas de los híbridos, con la calidad genética adecuada y requerida bajo las normas establecidas, pero de manera esencial asegurar que se distribuya semilla con buena calidad genética.

Con los esquemas de androesterilidad se podrá elevar el uso de semilla de híbridos de maíz, con la seguridad de obtener un insumo de calidad, con menos costos de producción tanto de semilla como de grano, por prescindir del desespigue.

2.8.- Genes restauradores de la fertilidad.

Los genes restauradores de la fertilidad, con genotipo ($Rf\ Rf$), pueden ser introducidos en las líneas endogámicas mediante una serie de retrocruzamientos.

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 del alelo dominante restaurador de la fertilidad, el citoplasma estéril deja de funcionar y las anteras producen polen normal; sin embargo, en presencia de los alelos recesivos contrastantes, la esterilidad masculina se expresa. 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 símbolos Rf (restauradores de la fertilidad) en el trigo, en maíz y el girasol, y M_s (del inglés male-sterile = esterilidad masculina) en la cebolla, el sorgo y el mijo perla (Poehlman, 2005).

Para esto se utiliza el modelo de las líneas A, B y R para producir semilla híbrida, que se elaboró utilizando líneas con androesterilidad citoplásmica, denominadas líneas A; las líneas que mantienen la fertilidad masculina, llamadas líneas B (mantenedora); y líneas androfértiles, restauradoras de la fertilidad, conocidas como líneas R, (restauradora de la fertilidad). El procedimiento se efectúa en los siguientes pasos:

- 1.- Introducción de un citoplasma androestéril en la línea A mediante el método de retrocruzamiento.
- 2.- Mantenimiento de la línea A androestéril mediante polinización por una línea que mantiene la fertilidad masculina con un genotipo idéntico, la línea B.
- 3.- Obtención de líneas restauradoras de la fertilidad, denominadas líneas R.
- 4.- Cruzamiento de las líneas A y R (Poehlman, 2005).

En concreto, se realiza una cruce trilineal entre (A X B) R, el resultado es una planta normal fértil.

2.9.- Capacidad productiva de los materiales androestériles de maíz.

Los rendimientos de las líneas con esterilidad pueden ser más altos que los rendimientos de las líneas con fertilidad masculina desespigados, ya que el proceso de desespigue causa con frecuencia daño a las plantas reduciendo por lo tanto la producción. Además, la energía que normalmente se consume en la formación de polen puede derivarse hacia la producción de semilla (Poehlman, 1983).

Las dimensiones de la diferencia de rendimiento varían con el ambiente, las prácticas de manejo y la estructura genética del material (CIMMYT, 1997).

2.10.- Calidad de la semilla.

De acuerdo con investigaciones realizadas por D. L. C. Ana en 2001, y a la necesidad de determinar la calidad de semillas surgió en Europa, como consecuencia de problemas constatados en la comercialización. De esta forma, en 1869, fue creado en Alemania el primer laboratorio de semillas y en 1876, fue publicado el primer manual de análisis de semillas. Simultáneamente en América se realizaban los procedimientos iniciales para la realización de la pruebas de pureza y de germinación que dieron origen a las primeras reglas para el análisis de semillas en 1897.

Puede establecerse como calidad de semilla de acuerdo con Andrade en 1992, al nivel o excelencia alcanzado por las semillas cuando son producidas y beneficiadas en forma óptima. La semilla puede ser de superior hasta mala calidad.

De manera más precisa, la calidad de la semilla se define como el nivel o grado de excelencia, el cual es asumido por las semillas solamente cuando son comparadas con un estándar aceptable. Esta calidad se trata de obtener con cuidados durante la producción en el campo, cosecha, limpieza, tratamiento, almacenamiento, transporte, hasta que la semilla llega al agricultor que la usará en su parcela (Tadeo y Espinosa, 2006).

La calidad de la semilla es un concepto integral que está formada por cuatro componentes:

- 1.- Componente genético.
- 2.- Componente fisiológico.
- 3.- Componente sanitario.
- 4.- Componente físico.

El máximo nivel de calidad se obtiene en la madurez fisiológica.

2.10.1.- Calidad genética.

Esta se refiere, a la variedad obtenida por el fitomejorador; la calidad genética es óptima cuando se asegura la identidad genética o pureza varietal de acuerdo con la semilla original. La máxima calidad genética está relacionada con la copia fiel de la variedad obtenida por el fitomejorador.

2.10.2.- Calidad fisiológica.

A esta también se le conoce como calidad biológica, que esta integrada por características relacionadas con la capacidad fisiológica y metabólica para establecer nuevas plántulas y plantas sanas e individuos; estas características son entre otras: viabilidad, germinación y vigor.

2.10.3.- Calidad sanitaria.

Se refiere al hecho que la semilla se encuentre libre de microorganismos, los cuales representan una seria dificultad para la producción de semilla de alta calidad, que posteriormente puede limitar la capacidad productiva de grano de la variedad o del híbrido. La semilla con calidad sanitaria debe estar libre de patógenos (insectos, hongos, bacterias y virus) que puedan afectar a la propia semilla. Debe estar libre de enfermedades transmitidas por semilla (que afectan al propio cultivo en su desarrollo, y que puede diseminar un problema fitopatológico).

Las formas de contaminación de la semilla son:

- Mezclados con las semillas, pero no unidos a ellas, por ejemplo: esclerocios, esporas de hongos.
- Asociados superficialmente, por ejemplo: hongos de almacén.
- Portados internamente en las semillas, que pueden ser transmitidos a las plántulas, por ejemplo: *Ustilago nuda*, en cereales; Carbón de la espiga del maíz.

Las enfermedades afectan de forma directa e indirecta la producción de semilla:

Directa: el patógeno ataca a la semilla de alguna manera en cualquier punto de las fases de la producción. Las consecuencias son visibles: decoloración, manchas, tamaño, forma, es pequeña, moho, calentamiento, etc.

Indirecta: Las enfermedades reducen la capacidad de un cultivo de elevar al máximo el rendimiento, así como la calidad del producto que se cosechará (Andrade, 1992).

2.10.4.- Calidad física.

Se refiere al nivel de excelencia con relación al tamaño, forma, color, brillantez, densidad de la semilla, entre otras características. Considerándose también el porcentaje de semilla pura, peso de la semilla, etc.

La humedad, es uno de los factores más importantes de determinar durante la cosecha, ya que de éste depende el inicio de la cosecha de la semilla, con la finalidad de evitar al máximo el daño mecánico; todo el equipo que se utilice durante la recolección deberá estar limpio, para evitar las mezclas de semilla con otros lotes que se hayan cosechado con anterioridad (Tadeo y Espinosa, 2004).

2.11.- Aspectos sobre la pureza genética.

Elementos indispensables para mantener la pureza genética en un programa de producción de semillas:

- Uso de semilla aprobada únicamente en multiplicación de semilla.
- Inspección y aprobación de campo, previo a la siembra.

- Inspección en etapas críticas del cultivo mediante:
 - a) Verificación de pureza genética, detección de mezclas, hierbas, hierbas nocivas y enfermedades de semilla (o transmitidas vía semilla).
 - b) Muestreo y sellado en lotes limpios.
 - c) Comparación de muestras en lotes, potencialmente aprobados.

Factores que afectan la pureza genética:

- Origen de la semilla.
- Contaminaciones mecánicas.
- Contaminaciones durante la polinización.
- Estabilidad genética.
- Efectos de selección.

2.12.- Aspectos que debe cumplir la semilla híbrida certificada.

A nivel internacional, de acuerdo con la Asociación de Agencias Oficiales de Semillas (AOSCA), en Estados Unidos de Norteamérica y la Asociación Internacional para Pruebas de Semillas (International Seed Testing Association, ISTA), coinciden en señalar que las variedades mejoradas deben cumplir con los siguientes elementos:

2.12.1.- Diferente.

Una variedad tendrá carácter de distinta, cuando se distinga técnica y claramente por uno o varios caracteres pertinentes de cualquier otra variedad. Cuya existencia sea conocida en el momento en que se solicite la protección ante UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales), dichos caracteres deberán reconocerse y describirse con precisión.

2.12.2.- Uniforme.

Este parámetro se refiere a que se puedan describir las variaciones, de las características esenciales y típicas. La variedad será homogénea cuando sea suficientemente uniforme en sus características pertinentes, a reserva de la variación previsible por su producción sexuada o por multiplicación vegetativa.

2.12.3.- Estable.

Esta debe mantenerse sin cambios y con un grado razonable de confiabilidad; tendrá la característica de estable una variedad vegetal que conserve inalterados sus caracteres pertinentes, después de reproducciones o propagaciones sucesivas (Tadeo, 2004).

La estabilidad se refiere a la capacidad de los genotipos de mostrar un comportamiento altamente previsible en función del estímulo ambiental (Gordón, 2006).

Una variedad estable cuenta con la capacidad de amortiguamiento o flexibilidad para cambiar de actitud, que para el caso de variedades agrícolas, significaría ajustar su rendimiento a las condiciones ambientales, es decir, variedades capaces de ajustar sus procesos vitales para mantener la productividad (Allard y Hansch, 1969. Citados por Márquez en 1991).

2.12.4.- Novedad.

Una variedad mejorada para mantener el carácter de novedad, cuando no se haya enajenado en territorio nacional, o bien no se haya enajenado antes dentro del año anterior a la fecha de presentación de la solicitud de Título de Obtentor o no se haya enajenado en el extranjero, o bien la enajenación se haya realizado dentro de los seis años anteriores a la presentación de la solicitud, para el caso de perennes, incluidos sus portainjertos, dentro de los cuatro años anteriores a la presentación de la solicitud.

2.12.5.- Denominación.

Toda variedad debe poseer su propia denominación, con apego a los lineamientos, lo cual está regulado y requiere revisión para asegurar que sea diferente a cualquier nombre ya existente en el país o en el extranjero, lo que evita confusiones y duplicaciones.

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.- Localización y condiciones ambientales.

El experimento se desarrolló en las parcelas de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM, en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México, ubicado a 19° 41' 35" de latitud norte y 99° 11' 42" de longitud oeste, a una altitud de 2252 m.

En este lugar se presenta un clima C(wo)(w) (bi'), que significa: templado, el más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias en 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).

Temperatura media anual de 15.7 °C, el mes más frío es enero con 11.8 °C en promedio, 2.3 °C de temperatura mínima y 26.5 °C de máxima. La precipitación de 605 mm, siendo de mayo a octubre los meses en donde se concentra la precipitación; julio es el mes más lluvioso con 128.9 mm y febrero el mes más seco con 3.8 mm. Es necesario contar con riego, ya que la probabilidad de lluvia es del 50%.

El promedio anual de días con heladas es de 64; las heladas tempranas pueden presentarse entre el 8 y 10 de septiembre, y las tardías en el mes de mayo.

Las granizadas se presentan en verano y son escasas.

Los suelos que tenemos en la Facultad son Vertisoles pélicos, de textura fina, arcillosos, son suelos pesados y duros cuando se secan; su pH varía de 6 a 7.

3.2.- Material genético.

Se evaluaron diferentes cruzas trilineales, donde se emplean diferentes cruzas simples androestériles, las cuales fueron combinadas por una línea progenitora fértil, del cual, se tiene cierta evidencia que puede poseer características y capacidad restauradora, estas combinaciones se establecen al año siguiente y la manera de verificar si el macho posee la capacidad restauradora, donde se confirma si esta combinación libera polen.

En caso de no liberar polen, entonces el significado es que no posee la característica de restauración de la fertilidad.

Los materiales que se utilizaron fueron los híbridos androestériles H-47 AE, H-48 AE, H-49 AE, y dos híbridos fértiles H-50 y H-48 (cuadro 2).

Cuadro 2. Híbridos de maíz obtenidos con cruzas simples androestériles combinadas con machos fértiles para verificar la androesterilidad y/o capacidad de restauración. Rancho Almaraz, primavera verano. 2007.

No.	Genealogía	Tipo de híbrido	Tipo de androesterilidad/fertilidad
1	P – 1076 AE	Trilineal	Androestéril
2	P – 1076 F	Trilineal	Fértil Normal
3	P – 1075 AE	Trilineal	Androestéril
4	P – 1075 F	Trilineal	Fértil Normal
5	P – 1181 AE	Trilineal	Androestéril
6	P – 1181 F	Trilineal	Fértil Normal
7	H – 47 AE	Trilineal	Androestéril
8	H – 47 F	Trilineal	Fértil Normal
9	H – 48 AE	Trilineal	Androestéril
10	H – 48 F	Trilineal	Fértil Normal
11	H – 49 AE	Trilineal	Androestéril
12	P – 1169	Trilineal	Fértil Normal
13	H – 50 AE	Doble	Androestéril
14	H – 50 F	Doble	Fértil Normal
15	H – 51 AE	Trilineal	Androestéril
16	149 X 109	Trilineal	Fértil restaurada
17	149 X 110	Trilineal	Fértil restaurada
18	149 X 126	Trilineal	Fértil restaurada
19	156 X 109	Trilineal	Fértil restaurada
20	P – 1157 F	Trilineal	Fértil normal

3.3.- Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones, la parcela útil estuvo constituida de un surco de 5 metros de largo.

3.4.- Análisis estadístico.

Los datos se analizaron mediante el programa estadístico PROC GLM (SAS, 1999). Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias por método de Tukey, al 0.05 de significancia para cada una de las variables evaluadas en el grupo de 20 híbridos.

3.5.- Establecimiento del experimento.

El experimento se estableció en el ciclo primavera verano del año 2008 y la fecha de siembra se realizó el 28 de abril de 2008.

3.6.- Manejo agronómico.

La preparación del terreno consistió en: un paso de arado, dos rastreos, nivelación y surcado.

Surcado en la tercera semana de abril.

Siembra última semana de abril.

5 riegos de auxilio.

Control de malezas en posemergencia a la maleza con Gesaprim (Atrazina) 2 kg/Ha y Herbamina (2 – 4 D amina) 2 lt/Ha.

Fertilización durante el surcado, con dosis 80 – 40 – 00.

Cosecha el 20 de Noviembre.

La medición de las variables será en el transcurso del ciclo del cultivo y otras hasta la cosecha.

3.7.- Variables evaluadas.

Se evaluaron las siguientes variables:

3.7.1.- Rendimiento, que se obtuvo con la siguiente fórmula:

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

Donde:

P. C.= Peso de campo de la totalidad de las mazorcas cosechadas de cada parcela expresada en kilogramos.

% M. S. = Porcentaje de materia seca, obtenidos de la muestra del grano de 5 mazorcas cosechadas.

% G. = Porcentaje de grano, se obtiene del cociente del peso de la muestra de cinco mazorcas sin olote y el peso de la muestra de las 5 mazorcas con olote multiplicado por cien.

F. C. = Factor de conversión para obtener rendimiento por hectárea, que 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%.

El resultado obtenido se expresa en kg ha^{-1} .

3.7.2.- Plantas establecidas. Se refiere al número de plantas por parcela de un surco. Se determinaron las plantas establecidas después del raleo. En la etapa vegetativa se eliminaron plantas para manejar una densidad de plantación de 75 000 plantas por Hectárea, es decir, 30 plantas por parcela experimental.

3.7.3.- Floración masculina. Se tomó en cuenta desde el momento en que se realiza la siembra hasta que han aparecido el 50% de las espigas.

3.7.4.- Floración femenina. Se tomó el dato considerando el día de la siembra hasta la aparición del 50% de los estigmas, que a su vez miden de 2 a 3 cm de longitud.

3.7.5.- Altura de la planta. En 5 – 10 plantas seleccionadas al azar, se midió la distancia desde la base de la planta hasta el punto donde comienza a dividirse la espiga (panoja). Se registró la altura de la planta en centímetros.

3.7.6.- Altura de mazorca. En las mismas 5 – 10 plantas cuya altura se midió, se determinó la distancia en cm desde la base de la planta hasta el nudo con la mazorca más alta.

3.7.7.- Sanidad de la planta. Los datos sobre el aspecto de la planta deben ser tomados en la etapa en que las brácteas se tornan de color café, cuando las plantas están aún verdes y ya se han desarrollado por completo las mazorcas. En cada parcela, se evaluaron características tales como la altura de planta y de la mazorca, la uniformidad de las plantas, el daño causado por enfermedades e insectos y el acame según una escala de 1 a 5, donde 1 es excelente y 5, deficiente.

3.7.8.- Número de plantas cosechadas. Se registraron el número de plantas cosechadas en cada parcela, sin importar que la planta tenga una mazorca, dos mazorcas o ninguna.

3.7.9.- Peso de campo. Después de cosechar todas las plantas, se registró en kilogramos y hasta con un lugar decimal el peso de las mazorcas con olotes. La cosecha de maíz se realizó hasta que el contenido de humedad fue del 15 al 25%. Esto permitió la expresión completa del acame de tallo y de raíz y de las diferencias entre las familias en cuanto a pudriciones de la mazorca. Además, cuando el contenido de humedad es bajo, el grano resulta más fácil de desgranar para determinar ese contenido y los medidores de la humedad funcionan con mayor precisión.

3.7.10.- Número total de mazorcas. Se registró la cantidad total de mazorcas cosechadas, excluyendo las mazorcas secundarias que sean muy pequeñas (molotes).

3.7.11.- Sanidad de la mazorca. Después de la cosecha, pero antes de tomar una muestra para determinar la humedad se extendió la pila de mazorcas frente a cada parcela y se

calificaron características tales como daños por enfermedades e insectos, tamaño de la mazorca, llenado de grano y uniformidad de las mazorcas. Registre estos resultados en números enteros en la columna “ASP MZ”.

3.7.12.- Porcentaje de humedad. Se tomaron 5 mazorcas de cada parcela, se desgranó cada mazorca, se hizo una mezcla del grano obtenido y con esta muestra a granel se determinó el porcentaje de humedad en el grano en el momento de la cosecha. El porcentaje de humedad debe ser registrado sólo en el momento de la cosecha y en cifras hasta un lugar decimal.

3.7.13.- Mazorcas buenas. Del total de plantas cosechadas, se separaron las mazorcas más sanas (mazorcas con menos del 50 % de daño en su estructura), para así contarlas y registrar el número.

3.7.14.- Mazorcas malas. Son las mazorcas que tienen un daño mayor al 50 % en su estructura.

3.7.15.- Peso volumétrico. Se tomó una muestra de cinco mazorcas, se desgranaron, se pesa el grano en una balanza hectolítrica para obtener la relación de la muestra a un litro, se expresa así: kg hl^{-1} .

3.7.16.- Peso de 200 granos. Se tomó una muestra de cinco mazorcas, se desgranaron, se cuentan 200 granos y se pesan, se registra el dato en gramos.

3.7.17.- Longitud de mazorca. Se tomó una muestra de cinco mazorcas, se miden desde la base hasta la punta en cada una, se promedia y se registra el número en cm.

3.7.18.- Hileras por mazorca. Se tomó una muestra de cinco mazorcas, se cuenta el número de hileras de cada mazorca, se obtiene el promedio y se registra el número.

3.7.19.- Granos por hilera. Se tomó una muestra de cinco mazorcas, se cuenta el número de granos de cada hilera de cada mazorca, se obtiene el promedio y se registra el número.

3.7.20.- Diámetro de mazorca. Se tomó una muestra de cinco mazorcas, se mide la parte media de cada mazorca con un vernier, se obtiene el promedio y se registra el número.

3.7.21.- Diámetro de olote. Se tomó una muestra de cinco mazorcas, se mide la parte media de cada olote con un vernier, se obtiene el promedio y se registra el número.

3.7.22.- Granos por mazorca. Se obtuvo multiplicando el promedio de hileras de cada mazorca por el promedio de granos por hilera.

3.7.23.- Porcentaje de materia seca. Se tomó una muestra de cinco mazorcas, se desgranaron y se toma una muestra de 250 gr de grano, se obtiene el porcentaje de humedad por medio de un determinador eléctrico tipo stenlite, posteriormente al 100% se le resta el valor obtenido y resultado es el porcentaje de materia seca y se registra el número.

3.7.24.- Porcentaje de grano. Se obtuvo así: **(Peso de la muestra de cinco mazorcas sin olote / Peso de la muestra de cinco mazorcas con olote) X 100.**

3.7.25.- Número de plantas fértiles y androestériles. Se revisaron las plantas de cada parcela, para comprobar que los genotipos fértiles y los androestériles se mantuvieran como tales.

(CIMMYT, 1985).

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1.- Análisis de varianza para diferentes variables evaluadas.

En el cuadro 3, se presentan los cuadrados medios, obtenidos de los análisis de varianza efectuados para las diferentes variables, así como nivel de significancia estadística para los factores de variación repetición y genotipo, en diferentes híbridos de maíz para Valles Altos en el Rancho Almaraz, FESC - UNAM, Primavera-Verano 2008.

Para la variable rendimiento se presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en el factor de variación genotipo, en cambio, no se encontró diferencia significativa para repeticiones. La media que presentó la variable rendimiento fue de 10540 kg ha⁻¹, con un coeficiente de variación de 8.2 %.

Para el factor de variación genotipos, se identificaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en las variables: floración masculina, floración femenina, altura de planta, mazorcas buenas, peso volumétrico, hileras por mazorca, diámetro de mazorca, plantas fértiles y plantas androestériles. La media de plantas fértiles fue de 11 plantas y 19 plantas androestériles, con un coeficiente de variación de 22.7 % y 12.7 % respectivamente.

Para el factor de variación repetición, se detectó significancia al 0.01 de probabilidad en la variable granos por hilera con una media de 30.9 granos y un coeficiente de variación del 5.56 %, en las variables altura de planta, altura de mazorca, peso de 200 granos e hileras por mazorca sólo se aprecia diferencia significativa al 0.05 de probabilidad, en el resto de las variables no se presentaron diferencias significativas.

CUADRO 3. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables evaluadas en híbridos de maíz androestériles y fértiles normales y con restauración para Valles Altos en el Rancho Almaraz, FESC - UNAM, Primavera -Verano 2008.

Variable	CUADRADOS MEDIOS					
	Repetición	S	Genotipos	S	Media	CV
Rendimiento	2824939.6	NS	4463894.2	**	10540	8.2
Floración masculina	0.512	NS	21.4	**	79	1.6
Floración femenina	1.033	NS	25.11	**	79	1.5
Altura de planta	701.4	*	638.9	**	266	5.1
Altura de mazorca	595.1	*	480.2	*	159	8.4
Mazorcas buenas	29.8	NS	38.6	**	33	11.3
Peso volumétrico	188.3	NS	1041.8	**	775.3	1.8
Peso de 200 granos	180.13	*	107.3	*	69.7	10.2
Longitud de mazorca	0.89	NS	1.59	*	15.8	6.14
Hileras/mazorca	2.1	*	2.4	**	15.85	5.7
Granos por hilera	24.05	**	7.74	*	30.9	5.56
Diámetro de mazorca	0.057	NS	0.062	**	4.81	3.18
Diámetro de olote	0.006	NS	0.021	NS	2.56	4.55
Plantas Fértiles	20.8	NS	358.2	**	19	12.7
Plantas AE	19.9	NS	357.4	**	11	22.7

S: significancia estadística al 0.01 de probabilidad (**), al 0.05 de probabilidad (*); CV: Coeficiente de variación (%), NS: No significativo.

4.2.- Comparación de medias para híbridos de maíz androestériles, fértiles normales y con restauración.

En el cuadro 4, se muestra la comparación de medias de los 20 genotipos de maíz para Valles Altos evaluados en el Rancho Almaraz de la FESC-UNAM, en el ciclo primavera verano 2008, entre estos materiales, algunos poseen el carácter de androesterilidad otros la fertilidad normal y otros más con la característica de restauración de la fertilidad, que se refiere a que aún cuando uno de los progenitores es androestéril, el progenitor macho posee la capacidad de restaurar la fertilidad.

Para rendimiento en la comparación de medias de los 20 genotipos, se establecieron cuatro grupos de significancia, los cinco tratamientos con rendimientos más altos y en los cuales no hubo diferencia estadística significativa fueron: el híbrido Puma 1181 AE con 12550 kg ha⁻¹, seguido del H-48 F con 12142 kg ha⁻¹ y H-51 AE con 11595 kg ha⁻¹, después de ubicó el híbrido 149 X 126, con fertilidad restaurada, que rindió 11554 kg ha⁻¹, en el quinto sitio

se ubicó el híbrido Puma 1075 AE, el cual produjo 11242 kg ha⁻¹, lo anterior indica que de los cinco primeros lugares en producción, tres son híbridos androestériles, dos son fértiles normales y uno correspondió a fertilidad restaurada, es decir con progenitor con capacidad de restauración.

A diferencia de lo anterior, los rendimientos más bajos correspondieron al híbrido Puma 1157 fértil con 7986 kg ha⁻¹, el cual presentó diferencia estadística significativa con respecto a los demás híbridos; seguido del híbrido con fertilidad restaurada 149 X 109 con 9376 kg ha⁻¹ y el híbrido con fertilidad restaurada 156 x 109 con 9478 kg ha⁻¹. Uno de los objetivos de este trabajo fue revisar el comportamiento de híbridos con fertilidad restaurada, como es el caso de estos dos materiales, en ambos el progenitor masculino, que poliniza a las cruza simples hembras androestériles, restaura la fertilidad; sin embargo en este trabajo los rendimientos se ubicaron en la parte baja con respecto a otros materiales, si bien el rendimiento representa 99.8 % con respecto al rendimiento de Puma 1076 F, que rindió 9491 kg ha⁻¹, que podría utilizarse como testigo ya que es un material comercial (Tadeo *et al.*, 2003), otro material que podría tomarse como referencia es el H-50 fértil, el cual se utiliza en forma extensiva en los Valles Altos (Espinosa *et al.*, 2003) y rindió 10341 kg ha⁻¹, en este caso, el rendimiento de la cruza 156 X 109 representó el 91.6 %.

Entre los cuatro híbridos de fertilidad restaurada, evaluados en este trabajo, la cruza 149 X 126 que se ubicó en el cuarto lugar en rendimiento con 11554 kg ha⁻¹, supero con 11.7 % al híbrido H-50, no hay diferencia estadística significativa, pero esto indica una buena capacidad productiva y la ventaja que representa la restauración de la fertilidad y no recurrir a la mezcla de semilla androestéril y fértil, como se emplea cuando no se cuenta con la restauración. Este híbrido que utiliza la cruza de un progenitor con capacidad de restauración de la fertilidad rindió en forma estadísticamente similar a H-51 AE (11595 kg ha⁻¹), el cual es el primer híbrido androésteril que se desarrolla para los Valles Altos de México (Espinosa *et al.*, 2008, Espinosa *et al.*, 2009).

Los materiales evaluados, por su rendimiento en orden decreciente Puma 1181 AE, H-51 AE, Puma 1075 AE, H-47 AE, confirmaron su buen potencial de rendimiento, lo que favorece su uso comercial y respaldan el proceso de validación (Espinosa *et al.*, 2008; Espinosa *et al.*, 2009), así como su inscripción en el Catalogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV), lo que se realiza para los dos maíces de INIFAP, en el caso de la

cruza con fertilidad restaurada (149 X 126), es necesario continuar con evaluaciones en siguientes ciclos, para verificar su capacidad productiva.

En cuanto a floración masculina se establecieron cinco grupos de significancia donde los genotipos más tardíos fueron el Puma 1076 F con 83 días y los más precoces los híbridos con fertilidad restaurada (149 X 109, 156 X 109 y 149 X 110) con 76 días; en la floración femenina se presentaron seis grupos de significancia, los híbridos que fueron más tardíos fueron el Puma 1076 F 84 días y el más precoz fue el H-51 AE con 75 días (Cuadro 4).

En altura de planta y altura de mazorca se establecieron dos grupos de significancia, con valores muy similares; en altura de planta el híbrido que presentó valores más altos fue el H-47 F con 286 cm y el híbrido con fertilidad restaurada 149 X 110 con 252 cm, el de más baja. En altura de mazorca el híbrido con valores más altos fue el H-48 AE con 190 cm y el valor más bajo fue el híbrido Puma 1076 F con 142 cm (Cuadro 4).

CUADRO 4. Comparación de medias de las variables rendimiento (kg/ha), floración masculina y femenina, altura de planta y altura de mazorca evaluadas en híbridos de maíz androestériles, fértiles normales y fértiles con restauración. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008.

Genotipo	Tipo fertilidad	Rend. (kg/ha)	Flor. Masc. (días)	Flor. Fem. (días)	Altura Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)
Puma 1181 AE	AE	12550 a	80 bcd	80 cdef	262 ab	170 a
H-48 F	F	12142 ab	77 de	78 efgh	277 a	170 ab
H-51 AE	AE	11595 abc	75 e	75 h	263 ab	154 b
149 X 126	F (R)	11554 abc	77de	77 fgh	259 ab	149 b
Puma 1075 AE	AE	11242 abc	77 de	77 fgh	272 a	163 ab
H-47 F	F	11004 abc	77 de	78 efgh	283 a	160 ab
Puma 1075 F	F	10940 abc	77 de	78 efgh	274 a	158 ab
Puma 1181F	F	10867 abc	81 abc	81 abcd	273 a	151 b
H-48 AE	AE	10823 abc	78 cde	79 defg	277 a	190 a
Puma 1169	F	10783 abc	80 bcd	80 cdef	279 a	156 ab
H-47 AE	AE	10584 abc	78 cde	79 defg	266 a	160 ab
H-50 F	F	10341 abc	80 bcd	80 cde	272 a	163 ab
H-49 AE	AE	10147 bcd	77 de	77 fgh	263 ab	164 ab
H-50 AE	AE	10063 bcd	80 abcd	81 bcde	281 a	170 ab
Puma 1076 AE	AE	10055 bcd	81 abc	82 abc	263 ab	153 b
149 X 110	F (R)	9780 cd	76 e	76gh	252 ab	149 b
Puma 1076 F	F	9491 cd	83 a	84 a	228 b	142 b
156 X 109	F (R)	9478 cd	76 e	77 fgh	256 ab	150 b
149 X 109	F (R)	9376 cd	76 e	77 gh	256 ab	153 b
Puma 1157	F	7986 d	82 ab	84 ab	262 ab	146 b
D.M.S.H. (0.05)		2266	3	3	36	35

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

AE: Androestéril; F: Fértil; F(R): Fertilidad Restaurada.

Al ordenarse los híbridos evaluados, en los casos donde se utilizó la versión androésteril y la versión fértil, en el caso de Puma 1181 AE, presentó valores más altos en un 15.5 % con respecto a la versión fértil. En otras versiones androestériles, donde se presentaron rendimientos positivos mayores con respecto a su versión fértil, fueron el Puma 1075 AE con 2.8 % y el Puma 1076 AE con 5.9%, en contraparte en H-48 AE, H-47 AE y H-50 AE, con 89.1%, 96.2% y 97.3%, rindieron menos que sus versiones fértiles, lo que contrasta con trabajos previos (Téllez, 2008; Salazar, 2008).

CUADRO 5. Comparación de medias para las variables mazorcas buenas y malas, plantas cosechadas, peso volumétrico y sanidad de mazorca, evaluadas en híbridos de maíz androestériles, fértiles normales y fértiles con restauración. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008.

Genotipo	Mazorcas buenas	Mazorcas malas	Plantas cosechadas	Peso volumétrico	Sanidad de mazorca
Puma 1181 AE	38 a	1 a	32 a	803 ab	10 a
H-48 F	36 a	4 a	30 a	778 a	10 a
H-51 AE	35 a	3 a	31 a	763 cd	8 a
149 X 126	36 a	4 a	30 a	783 abcd	9 a
Puma 1075 AE	34 ab	4 a	30 a	766 bcd	9 a
H-47 F	36 a	5 a	32 a	765 cd	9 a
Puma 1075 F	35 ab	4 a	30 a	770 abcd	9 a
Puma 1181F	31 ab	3 a	30 a	805 a	9 a
H-48 AE	36 a	1 a	31 a	752 d	9 a
Puma 1169	31 ab	2 a	29 a	795 abc	10 a
H-47 AE	34 ab	6 a	31 a	754 d	9 a
H-50 F	32 ab	3 a	33 a	770 abcd	9 a
H-49 AE	32 ab	4 a	31 a	755 d	10 a
H-50 AE	30 ab	2 a	32 a	752 d	9 a
Puma 1076 AE	30 ab	4 a	32 a	788 abcd	9 a
149 X 110	34 ab	5 a	31 a	770 abcd	8 a
Puma 1076 F	30 ab	5 a	30 a	786 abcd	9 a
156 X 109	30 ab	4 a	31 a	788 abcd	9 a
149 X 109	33 ab	4 a	29 a	779 abcd	8 a
Puma 1157	25 b	3 a	27 a	785 abcd	9 a
D.M.S.H. (0.05)	10	7	7	37	2

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

En la variable peso de 200 granos, se presentan dos grupos de significancia, el híbrido con mayor peso fue el Puma 1181 AE con 79 gr y el Puma 1181 F con 76 gr. El híbrido H-48 F con 56 gr presentó el valor más bajo y diferencia estadística significativa con respecto a los demás.

Para la variable hileras por mazorca, se tuvieron tres grupos de significancia, siendo el híbrido H-50 F el que tuvo el valor más alto con 17, el que tuvo el menor resultado fue el Puma 1181 AE y Puma 1181 F con 14 (Cuadro 6).

En las variables sanidad de planta, cobertura de mazorca y longitud de mazorca, se observó un sólo nivel de significancia, lo que nos dice, que no hay diferencia estadística (Cuadro 6).

En la comparación de medias de los diferentes híbridos para la variable granos por hilera, se obtuvieron 2 grupos de significancia. El híbrido H-51 AE, presentó el valor más alto con 34 granos y el que presentó menor valor con 28 granos fue el Puma 1075 Fértil (Cuadro 7).

El resultado que se obtuvo para las variables diámetro de mazorca, diámetro de olote, granos por mazorca y porcentaje de humedad, tuvieron un solo grupo de significancia, y no encontramos diferencia estadística significativa (Cuadro 7).

CUADRO 6. Comparación de medias para las variables sanidad de planta, cobertura de mazorca, peso de 200 gramos, longitud de mazorca e hileras por mazorca, evaluadas en híbridos de maíz androestériles, fértiles normales y fértiles con restauración. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008.

Genotipo	Sanidad de planta	Cobertura de mazorca	Peso de 200 granos	Longitud de mazorca	Hileras por mazorca
Puma 1181 AE	9 a	9 a	79 a	16 a	14 bc
H-48 F	8 a	8 a	56 b	16 a	17 ab
H-51 AE	8 a	8 a	71 ab	17 a	15 abc
149 X 126	9 a	9 a	70 ab	16 a	15 abc
Puma 1075 AE	9 a	9 a	71 ab	17 a	16 abc
H-47 F	9 a	9 a	68 ab	15 a	16 abc
Puma 1075 F	8 a	8 a	72 ab	15 a	16 abc
Puma 1181F	9 a	9 a	76 a	16 a	14 c
H-48 AE	8 a	8 a	72 ab	16 a	15 abc
Puma 1169	8 a	8 a	67 ab	17 a	16 abc
H-47 AE	9 a	9 a	68 ab	16 a	16 abc
H-50 F	9 a	9 a	68 ab	15 a	17 a
H-49 AE	8 a	8 a	72 ab	16 a	15 abc
H-50 AE	8 a	8 a	72 ab	15 a	16 abc
Puma 1076 AE	8 a	9 a	66 ab	16 a	15 abc
149 X 110	9 a	9 a	70 ab	14 a	16 ab
Puma 1076 F	9 a	9 a	61 ab	16 a	15 abc
156 X 109	9 a	9 a	76 a	15 a	17 ab
149 X 109	9 a	9 a	69 ab	14 a	16 ab
Puma 1157	8 a	8 a	64 ab	15 a	16 abc
D.M.S.H. (0.05)	2	2	19	3	2

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

CUADRO 7. Comparación de medias para las variables granos por hilera, diámetro de mazorca, diámetro de olote, granos por mazorca y % de humedad, evaluadas en híbridos de maíz androestériles, fértiles normales y fértiles con restauración. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008.

Genotipo	Granos por hilera	Diámetro de mazorca	Diámetro de olote	Granos por mazorca	% de humedad
Puma 1181	32 ab	4.7 a	2.5 a	471 a	13.6 a
H-48 F	31 ab	5.0 a	2.5 a	527 a	13.1 a
H-51 AE	34 a	4.8 a	2.6 a	511 a	13.1 a
149 X 126	31 ab	4.6 a	2.6 a	477 a	13.8 a
Puma 1075 AE	31 ab	4.8 a	2.6 a	512 a	13.0 a
H-47 F	30 ab	4.8 a	2.5 a	484 a	13.1 a
Puma 1075 F	28 b	4.9 a	2.6 a	463 a	13.0 a
Puma 1181F	32 ab	4.7 a	2.7 a	451 a	13.8 a
H-48 AE	31 ab	4.8 a	2.4 a	485 a	13.3 a
Puma 1169	33 ab	4.7 a	2.6 a	532 a	13.9 a
H-47 AE	30 ab	4.9 a	2.5 a	488 a	13.2 a
H-50 F	31 ab	5.0 a	2.4 a	522 a	13.4 a
H-49 AE	30 ab	4.7 a	2.5 a	455 a	13.0 a
H-50 AE	30 ab	5.0 a	2.5 a	480 a	13.3 a
Puma 1076 AE	30 ab	4.7 a	2.5 a	466 a	13.3 a
149 X 110	30 ab	4.8 a	2.4 a	492 a	13.1 a
Puma 1076 F	32 ab	4.6 a	2.6 a	483 a	13.3 a
156 X 109	29 ab	4.8 a	2.7 a	490 a	13.2 a
149 X 109	29 ab	4.9 a	2.6 a	482 a	13.6 a
Puma 1157	32 ab	4.7 a	2.6 a	512 a	13.5 a
D.M.S.H. (0.05)	4	0.4	0.31	104	1.1

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Los resultados de la variable porcentaje de grano, definieron dos grupos de significancia. Donde sobresalen los híbridos H-50 AE y F, 179 X 110 restaurado, H-48 AE y F, Puma 1169 y H-47 AE, con porcentaje de grano alto; con un elevado número de mazorcas el H-47 F, Puma 1181 AE, H-47 F y AE.

De las variables más importantes, plantas fértiles, se definieron cuatro grupos de significancia, donde los híbridos con mayor número de plantas fértiles fueron el H-48 F, H-47 F, Puma 1181 F, Puma 1075 F, H-50 F, 149 X 110 restaurado y Puma 1157 F, con 30 plantas fértiles, lo que los hace los más estables en cuanto a su versión fértil. Los que tuvieron menos plantas fértiles fueron 149 X 126 restaurado con una planta fértil, Puma

1076 F con 15 plantas fértiles, y 149 X 109 restaurado con 16, que fueron los más inestables teniendo el carácter de fertilidad. En cambio el genotipo 149 X 126 restaurado con 29 plantas androestériles, debió de haber resultado fértil, lo que nos dice que uno de los progenitores no funcionó para restaurarle la fertilidad por lo que se mantuvo androestéril (Cuadro 8).

La otra variable que complementa la anterior, es la de número de plantas androestériles, la cual cuenta con cinco grupos de significancia, que tienen una relación muy estrecha con la variable plantas fértiles. Los genotipos con mayor número de plantas androestériles son el Puma 1181 AE con 28 plantas androestériles, Puma 1075 AE con 19 plantas y Puma 1076 AE con 17 plantas. Que los hace los más estables con el carácter de androestéril. Los demás genotipos con el carácter de androesterilidad tuvieron menos del 50 % o menos de plantas androestériles (Cuadro 8).

La variable mazorcas totales presenta dos grupos de significancia, los híbridos con mayor número de mazorcas fueron el H-47 F y H-47 AE, Puma 1181 AE, H-48 F, 149 X 126 restaurado con 40. El que presento valores más bajos fue el Puma 1157 con 29 (Cuadro 7).

CUADRO 8. Comparación de medias para las variables para las variables % de grano, % de materia seca, plantas fértiles, plantas androestériles y mazorcas totales, evaluadas en híbridos de maíz androestériles, fértiles normales y fértiles con restauración. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008.

Genotipo	% de grano	% de materia seca	Plantas Fértiles	Plantas androestériles	Mazorcas totales
Puma 1181 AE	87 ab	86 a	2 d	28 a	40 a
H-48 F	88 a	87 a	30 a	0 e	40 a
H-51 AE	87 ab	87 a	15 bc	15 bc	38 a
149 X 126	87 ab	86 a	1 d	29 a	40 a
Puma 1075 AE	87 ab	87 a	11 c	19 b	38 ab
H-47 F	87 ab	87 a	30 a	0 e	41 a
Puma 1075 F	87 ab	87 a	30 a	0 e	39 ab
Puma 1181F	87 ab	86 a	30 a	0 e	35 ab
H-48 AE	88 a	87 a	17 bc	14 bc	37 ab
Puma 1169	88 a	86 a	18 b	12cd	33 ab
H-47 AE	88 a	87 a	15 bc	15 bc	40 a
H-50 F	88 a	86 a	30 a	0 e	36 ab
H-49 AE	87 ab	87 a	16 bc	15 bc	37 ab
H-50 AE	89 a	87 a	24 a	6 de	32 ab
Puma 1076 AE	87 ab	87 a	13 bc	17 bc	34 ab
149 X 110	89 a	87 a	30 a	0 e	39 ab
Puma 1076 F	87 ab	87 a	15 bc	15 bc	35 ab
156 X 109	83 b	87 a	12 bc	19 bc	34 ab
149 X 109	88 a	86 a	16 bc	14 bc	37 ab
Puma 1157	87 ab	86 a	30 a	0 e	29 b
D.M.S.H. (0.05)	4	3	6	6	11

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

4.3.- Análisis de varianza de híbridos en versiones androestériles y fértiles.

De los 20 genotipos analizados en los apartados anteriores, se separaron seis híbridos, de los cuales se tiene la versión androestéril y fértil, con estos materiales se realizaron análisis de varianza, información que se presenta concentrando los cuadrados medios y el nivel de significancia estadística para los factores de variación repetición, genotipo, condición androestéril/fértil, y la interacción genotipos x condición androestéril/fértil de diferentes variables evaluadas en los híbridos Puma 1181, Puma 1075, Puma 1076, H-48, H-47 y H-50.

En el Cuadro 9, se presenta información para la variable rendimiento, el factor de variación repetición y genotipo expresan significancia estadística, con una media de 10670 kg ha⁻¹ y un coeficiente de variación de 9.7%, un valor aceptable considerando las condiciones en las que se estableció el cultivo. En las variables mazorcas malas, sanidad de planta y cobertura de mazorca hubo significancia estadística de 0.05 de probabilidad, en el factor de variación repetición; en el factor de variación genotipo, en las variables altura de planta, mazorcas malas, peso volumétrico y peso de 200 granos, se tienen significancia estadística al igual que en la variable altura de mazorca en el factor de variación condición androestéril/fértil.

Con alto nivel de significancia en el factor de variación genotipo, se definieron las variables floración masculina y femenina, altura de mazorca, granos por hilera, porcentaje de grano con una media de 87.67% y un coeficiente de variación de 0.87%; en las variables plantas androestériles y plantas fértiles tenemos altos niveles de significancia para los factores de variación genotipo, condición androestéril/fértil, así como la interacción genotipos x condición androestéril/fértil, con una media de 21 y 9 plantas respectivamente, un coeficiente de variación de 10.9% para plantas androestériles y 24.1% para plantas fértiles.

CUADRO 9. Cuadrados medios y significancia estadística para diversas variables evaluadas en híbridos fértiles en comparación con su versión androestéril para los factores de variación repetición, genotipos, condición androesteril/fértil e interacción genotipos x condición andresteril/fértil. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera - Verano 2008.

Variable	CUADRADOS MEDIOS									
	Rep	S	Gen	S	AE/F	S	Gen x AE/F	S	Media	CV
Rendimiento	4893746	*	6706893	*	365822	NS	2406742	NS	10670	9.7
Floración masculina.	0.14	NS	33.2	**	0.75	NS	2.75	NS	79	1.8
Floración femenina.	0.19	NS	35.9	**	1.02	NS	3.02	NS	80	1.6
Altura de planta.	463	NS	1128	*	75	NS	675.7	NS	269	5.5
Altura de mazorca.	334.6	NS	885.8	**	1260.7	*	122.6	NS	163	7.7
Peso de 200 gramos.	263.2	NS	223.1	*	216.75	NS	72.15	NS	69.46	11.1
Longitud de mazorca.	0.64	NS	0.75	N S	0.99	NS	0.63	NS	15.66	6.1
Hileras/mazorca.	2.35	NS	5.57	**	1.02	NS	0.97	NS	15.77	5.81
Granos por hilera.	14.14	NS	6.25	N S	0.33	NS	5.13	NS	30.87	6.22
Diámetro de mazorca.	0.06	NS	0.15	**	0.02	NS	0.02	NS	4.8	3.3
Plantas AE	12.35	NS	180	**	2310.2	**	170.14	**	21	10.9
Plantas fértiles	11.63	NS	177.45	**	2296.3	**	172.53	**	9	24.1

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

4.4.- Comparación de medias en híbridos considerando el promedio de las versiones fértiles y androestériles.

En el siguiente análisis se muestra que en la variable rendimiento se presentaron tres grupos de significancia, donde se muestra que el híbrido con mejor rendimiento fue el Puma 1181 con 11709 kg ha⁻¹, seguido del H-48 con 11344 kg ha⁻¹, y el que tuvo el rendimiento más bajo fue el híbrido H-50 con 9835 kg ha⁻¹(Cuadro 10).

En floración masculina y femenina hubo tres niveles de significancia, el híbrido más precoz fue el Puma 1075 y el más tardío Puma 1076 (Cuadro 10).

En la variable altura de planta y altura de mazorca presentaron dos y tres niveles de significancia respectivamente. El híbrido que presentó alturas mayores fue el H-48 y H-50, el híbrido que presentó alturas menores fue el Puma 1076 y Puma 1181 (Cuadro 10).

CUADRO 10. Comparación de medias para variables evaluadas, rendimiento (kg ha⁻¹), floración masculina y femenina, altura de planta y altura de mazorca en híbridos de maíz considerando el promedio de las versiones fértiles y androestériles. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008.

Genotipo	Rendimiento (kg/ha)	Floración Masculina (días)	Floración Femenina (días)	Altura de Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)
Puma 1181	11709 a	81 ab	81 b	268 ab	160 bc
H-48	11344ab	78 c	78 c	277 a	180 a
Puma 1075	11091 ab	77 c	78 c	273 a	161 bc
H-47	10704 abc	78 c	79 c	274 a	160 bc
H-50	9835 bc	80 b	81 b	277 a	167 ab
Puma 1076	9334 c	83 a	83 a	246 b	148 c
D.M.S.H. (0.05)	1565	2	2	22	19

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

En las variables peso de 200 granos e hileras por mazorca para los híbridos evaluados, se presentaron dos grupos de significancia. En la variable peso de 200 granos el híbrido Puma 1181 presentó el peso más alto con 78 gr y el Puma 1076 con el peso más bajo, de 63 gr; para la variable hileras por mazorca tenemos que el híbrido H-48 y Puma 1075 presentaron los valores más altos con 16 y el que presentó valores más bajos fue el Puma 1181 con 14.

Las variables sanidad de planta, cobertura de mazorca y longitud de mazorca, no presentaron diferencias significativas (Cuadro 11).

CUADRO 11. Comparación de medias para las variables evaluadas sanidad de planta, cobertura de mazorca, peso de 200 gramos, longitud de mazorca e hileras por mazorca en híbridos de maíz considerando el promedio de las versiones fértiles y androestériles. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008.

Genotipo	Sanidad de planta	Cobertura de mazorca	Peso de 200 granos	Longitud de mazorca	Hileras por mazorca
Puma 1181	9 a	9 a	78 a	16 a	14 b
H-48	8 a	8 a	64 b	16 a	16 a
Puma 1075	9 a	9 a	72 ab	16 a	16 a
H-47	9 a	9 a	69 ab	15 a	16 a
H-50	9 a	9 a	70 ab	15 a	16 a
Puma 1076 F	8 a	9 a	63 b	16 a	15 ab
D.M.S.H. (0.05)	1	1	12	1.4	1

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

En las variable diámetro de mazorca y porcentaje de humedad se obtuvieron dos grupos de significancia, en diámetro de mazorca el híbrido H-50 obtuvo el valor más alto, con 5 cm de ancho, el más bajo fue el del híbrido Puma 1076 con 4.7 cm. En el porcentaje de humedad el valor más alto lo presenta el híbrido Puma 1181 con 13.7% y el Puma 1075 con 13% con el valor más bajo. El resto de las variables no presentan diferencia estadística significativa (Cuadro 12).

CUADRO 12. Comparación de medias para las variables evaluadas granos por hilera, diámetro de mazorca, diámetro de olote, granos por mazorca y % de humedad en híbridos de maíz considerando el promedio de las versiones fértiles y androestériles. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008.

Genotipo	Granos por hilera	Diámetro de mazorca	Diámetro de olote	Granos por mazorca	% de humedad
Puma 1181	32 a	4.7 b	2.6 a	461 a	13.7 a
H-48	31 a	4.9 ab	2.5 a	506 a	13.2 ab
Puma 1075	30 a	4.9 ab	2.6 a	488 a	13.0 b
H-47	30 a	4.8 ab	2.5 a	486 a	13.2 ab
H-50	30 a	5.0 a	2.5 a	501 a	13.4 ab
Puma 1076 F	31 a	4.7 b	2.6 a	475 a	13.3 ab
D.M.S.H. (0.05)	3	0.2	0.1	60	0.6

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

En las variables porcentaje de grano y porcentaje de materia seca, se obtuvieron dos grupos de significancia; en porcentaje de grano el híbrido H-50 tuvo el valor más alto con 89%, seguido del H-48 y H-47; para porcentaje de materia seca el híbrido Puma 1075 tuvo el valor más alto con 87% y el Puma 1181 obtuvo el valor más bajo con 86.3% de materia seca (Cuadro 13).

El resultado de las variables plantas fértiles y plantas androestériles, se determinaron tres grupos de significancia. Para el número de plantas fértiles los híbridos que tuvieron mayores valores fueron el híbrido H-50 con 27 plantas, H-48 y H-47 con 23; en la variable plantas androestériles los híbridos con valores más altos fueron el Puma 1076 con 16 y el Puma 1181 con 14. Y aunque en el presente resultado se tienen las versiones fértiles y androestériles promediadas, se observa la superioridad en el número de plantas fértiles que plantas androestériles.

En la variable mazorcas totales no se presentó diferencia estadística significativa.

CUADRO 13. Comparación de medias para las variables evaluadas % de grano, % de materia seca, plantas fértiles, plantas androestériles y mazorcas totales en híbridos de maíz considerando el promedio de las versiones fértiles y androestériles. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008.

Genotipo	% de grano	% de materia seca	Plantas Fértiles	Plantas androestériles	Mazorcas totales
Puma 1181	87 b	86.3 b	16 c	14 a	37 a
H-48	88 ab	86.8 ab	23 b	7 b	39 a
Puma 1075	87 b	87.0 a	20 b	10 b	39 a
H-47	88 ab	86.8 ab	23 b	7 b	40 a
H-50	89 a	86.6 ab	27 a	3 c	34 a
Puma 1076	87 b	86.7 ab	14 c	16 a	35 a
D.M.S.H. (0.05)	1	0.6	3	3	7

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

4.5.- Comparación de medias para variables evaluadas en versiones fértiles y androestériles.

En el cuadro 14, se muestra la comparación de medias de las diversas variables evaluadas de diferentes híbridos en sus versiones fértiles y androestériles. En el que para la variable rendimiento se muestra un solo grupo de significancia, que indica que no hay diferencia estadística significativa del 0.05 de probabilidad. De las dos versiones, los híbridos que obtuvieron mayores rendimientos fueron los fértiles con 10757 kg ha^{-1} en promedio, los de la versión androestéril tuvieron 10582 kg ha^{-1} en promedio.

En la variable altura de mazorca, se tienen dos niveles de significancia, la versión androestéril tiene los valores más altos, con 168 cm de altura y la versión fértil con 157 cm de altura.

Para la variable peso volumétrico se identificaron dos grupos de significancia, la versión fértil obtuvo el peso mayor con 780 kg/hl y la versión androestéril 769 kg/hl.

Otro resultado importante es en las variables plantas androestériles y plantas fértiles, donde tenemos dos grupos de significancia, la versión fértil tiene los valores más altos en el número de plantas androestériles con 27, con la versión androestéril tiene los valores más altos en el número de plantas fértiles con 16 plantas.

El resto de las variables no tuvieron diferencia estadística significativa del 0.05 de probabilidad.

CUADRO 14. Comparación de medias de diversas variables evaluadas en híbridos de maíz para Valles Altos, de las versiones Androestériles y Fértiles de dichos híbridos. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008.

Variable	VERSIONES		
	ANDROESTÉRIL	FÈRTIL	DSH (0.05)
Rendimiento	10582 a	10757 a	608
Altura de planta.	270 a	268 a	9
Altura de mazorca.	168 a	157 b	7
Mazorcas buenas.	34 a	34 a	2
Peso volumétrico.	769 b	780 a	8
Peso de 200 granos.	71 a	67 a	4.5
Longitud de mazorca.	16 a	15.5 a	0.56
Granos por hilera.	31 a	31 a	1
Diámetro de mazorca.	4.8 a	4.8 a	0.1
Diámetro de olote.	2.54 a	2.56 a	0.06
Plantas AE	14 b	27 a	1
Plantas fértiles	16 a	3 b	1

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

4.6.- Comparación de medias para la interacción híbridos x androesterilidad / fertilidad.

En la comparación de medias para la variable rendimiento en la interacción híbridos x androesterilidad/fertilidad, se determinó que el genotipo con mejor rendimiento fue el Puma 1181 AE con 12550 kg/Ha, que superó a su versión fértil con 15.5 % en producción. Esto ha sido descrito en diferentes trabajos, donde se han reportado resultados similares, los cuales demuestran que se debe a la asimilación y aprovechamiento de nutrientes y fotosintatos, hacia la principal fuente de demanda de estos, que en este caso fue la producción de grano y evitándose así el gasto de energía en la generación de polen.

Otros de los mejores híbridos con buenos resultados fueron el H-48 Fértil con 12141 kg/Ha, su versión androestéril obtuvo 10546 kg/Ha, que representa el 86.9% de la versión fértil; el Puma 1075 AE con 11242 kg/Ha, 2.7% más que su versión fértil que obtuvo 10940 kg/Ha.

El híbrido Puma1076 AE tuvo el rendimiento más bajo con 9178 kg/Ha, que representa el 96.7% de su versión fértil, que tuvo un rendimiento de 9491 kg/Ha. En este caso como en

el de otros genotipos, donde la versión fértil tuvo mejores rendimientos que la versión androestéril, puede deberse a diferentes factores que no tienen relación con la esterilidad o fertilidad, por que no necesariamente la versión androestéril debe superar a la versión fértil, depende de también de procesos fisiológicos y metabólicos de la misma planta.

Para la variable floración masculina, los más precoces fueron el Puma 1075 Fértil y AE, H-47 Fértil y H-48 Fértil con 77 días a floración; los más tardíos fueron el Puma 1076 Fértil con 83 días a floración y el Puma 1076 AE y el Puma 1181 Fértil con 81 días a floración.

Para la variable floración femenina el híbrido más precoz fue el Puma 1075 AE con 77 días a floración, el Puma 1075 F, H-47 F y H-48 F con 78 días a floración; el híbrido más tardío fue el Puma 1076 F con 84 días a floración.

En altura de planta el genotipo que tuvo valores más altos fue el H-47 F con 283 cm, H-50 AE con 281 cm, el H-48 F y H-48 AE con 277cm de altura. Los que tuvieron alturas menores fueron el Puma 1181 AE con 262 cm y el Puma 1076 AE con 263 cm.

CUADRO 15. Comparación de medias para diversas variables en la interacción híbridos X androesterilidad / fertilidad, para: rendimiento (kg/ha), floración masculina y femenina, altura de planta. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008.

Genotipo	AE/F	Rendimiento (kg/ha)	% AE VS F	Floración Masculina (días)	Floración Femenina (días)	Altura de Planta (cm)
Puma 1076	AE	9178	96.7	81	82	263
Puma 1076	F	9491	100	83	84	228
Puma 1075	AE	11242	102.7	77	77	272
Puma 1075	F	10940	100	77	78	274
Puma 1181	AE	12550	115.5	80	80	262
Puma 1181	F	10867	100	81	81	273
H-47	AE	10404	94.5	78	79	266
H-47	F	11004	100	77	78	283
H-48	AE	10546	86.9	78	79	277
H-48	F	12141	100	77	78	277
H-50	AE	9573	94.8	80	81	281
H-50	F	10097	100	80	80	272

En la variable altura de mazorca los genotipos con alturas mayores fueron el H-48 F con 190 cm y el Puma 1181 AE, H-48 F y H-50 AE con 170 cm de altura de mazorca. Los híbridos con menores alturas fueron el Puma 1181 F con 151 cm y el Puma 1076 F con 142 cm de altura.

En la genotipo que presentó mayor número de mazorcas buenas fue el Puma 1181 AE con 38 y sólo con 1 mazorca mala, el H-47 F, el H-48 AE y H-48 F con 36 mazorcas buenas; el híbrido con mayor número de mazorcas malas fue el H-47 AE.

En la variable plantas cosechadas, donde se cosecharon más plantas fue en los genotipos H-50 F con 33 plantas y el Puma 1076 AE, Puma 1181 AE, H-47 AE, H-47 F y H-50 AE con 32 plantas, dentro de estos no se encontró diferencia significativa.

Para la variable peso volumétrico, los híbridos con pesos más altos fueron el Puma 1181 F con 805 kg/hl y el Puma 1181 AE con 802 kg/hl; los que presentaron los pesos más bajos fueron el H-50 AE y el H-48 AE con 752 kg/hl.

CUADRO 16. Comparación de medias para diversas variables en la interacción híbridos X androesterilidad / fertilidad, para las variables altura de mazorca, mazorcas buenas y malas, plantas cosechadas, peso volumétrico. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2008.

Genotipo	AE/F	Altura Mazorca (cm)	Mazorcas buenas	Mazorcas malas	Plantas cosechada s	Peso volumétrico
Puma 1076	AE	153	30	4	32	788
Puma 1076	F	142	30	5	30	786
Puma 1075	AE	163	34	4	31	766
Puma 1075	F	158	35	4	31	770
Puma 1181	AE	170	38	1	32	802
Puma 1181	F	151	31	3	30	805
H-47	AE	160	34	6	32	754
H-47	F	160	36	5	32	765
H-48	AE	190	36	1	31	752
H-48	F	170	36	4	30	777
H-50	AE	170	30	2	32	752
H-50	F	163	32	3	33	770

En el resultado de sanidad de mazorca, para todos los genotipos fue muy bueno, el que tuvo mayor calificación fue el H-48 F con 10, el H-50 AE tuvo la calificación de 8, que fue la más baja, esta con daños ligeros por hongos.

Para las variables sanidad de planta y sanidad de mazorca, los genotipos que tuvieron mejores calificaciones fueron el Puma 1075 AE, Puma 1181 AE y el H-47 F con 9, el resto de los genotipos tuvieron calificación promedio de 8. El híbrido 1076 F en la variable cobertura de mazorca tuvo el valor de 9, uno de los más altos junto con los ya mencionados.

En la variable peso de 200 granos, los genotipos que tienen mayores valores fueron el Puma 1181 AE con 79 gr y el Puma 1181 F con 76 gr, el que tuvo los pesos más bajo fue el H-48 F con 56 gr.

Para el resultado de longitud de mazorca no hubo diferencia estadística, los que tuvieron longitudes mayores fueron los híbridos Puma 1076 AE y Fértil, Puma 1075 AE, Puma 1181 AE y Fértil, H-48 AE y Fértil, con una media de 16 cm de longitud.

CUADRO 17. Comparación de medias para diversas variables en la interacción híbridos X androesterilidad / fertilidad, para las variables sanidad de mazorca, sanidad de planta, cobertura de mazorca, peso de 200 gramos, longitud de mazorca e. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2006.

Genotipo	AE/F	Sanidad de mazorca	Sanidad de planta	Cobertura de mazorca	Peso de 200 granos	Longitud de mazorca
Puma 1076	AE	9	8	8	66	16
Puma 1076	F	9	8	9	61	16
Puma 1075	AE	9	9	9	71	16
Puma 1075	F	9	8	8	72	15
Puma 1181	AE	9	9	9	79	16
Puma 1181	F	9	8	8	76	16
H-47	AE	9	8	8	68	15
H-47	F	9	9	9	69	15
H-48	AE	9	8	8	72	16
H-48	F	10	8	8	56	16
H-50	AE	8	8	8	72	15
H-50	F	9	9	9	68	15

En la variable granos por hilera encontramos que lo híbrido que presentó valores más altos fueron el Puma 1076 F, Puma 1181 AE y Puma 1181F con 32 granos por hilera, y el de menor valor fue el Puma 1075 F con 28 granos por hilera.

En la variable granos por mazorca se obtuvo diferencia estadística significativa, donde el genotipo que tuvo el mayor número de granos por mazorca fue el H-48 F con 527, seguido del H-50 F con 522; el genotipo que tuvo valores más bajos fue el Puma 1181 F con 451 y el Puma 1075 F con 463 granos por mazorca.

Para las variables hileras por mazorca, diámetro de mazorca y diámetro de olote no se encontraron diferencias estadísticas significativas.

CUADRO 18. Comparación de medias para diversas variables en la interacción híbridos X androesterilidad / fertilidad, para las variables hileras por mazorca, granos por hilera, diámetro de mazorca, diámetro de olote, granos por mazorca. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera – Verano 2006.

Genotipo	AE/F	Hileras por mazorca	Granos Por hilera	Diámetro de mazorca	Diámetro de olote	Granos por mazorca
Puma 1076	AE	15	30	4.7	2.5	466
Puma 1076	F	15	32	4.6	2.6	483
Puma 1075	AE	16	31	4.8	2.6	512
Puma 1075	F	16	28	4.9	2.6	463
Puma 1181	AE	14	32	4.7	2.5	471
Puma 1181	F	14	32	4.7	2.7	451
H-47	AE	16	30	4.9	2.5	488
H-47	F	16	30	4.8	2.5	484
H-48	AE	15	31	4.8	2.4	485
H-48	F	17	31	5.0	2.5	527
H-50	AE	16	30	5.0	2.5	480
H-50	F	17	31	5.0	2.4	522

En la variable porcentaje de humedad no encontramos diferencia estadística significativa, ya que el porcentaje que se tiene está dentro de lo permitido, que es menos del 15 % de humedad.

El porcentaje de materia seca, el resultado más alto lo presenta el genotipo Puma 1075 AE con 87.0 %, seguido del Puma 1075 F y H-48 F con 86.9 % de materia seca; el resultado más bajo lo tiene el Puma 1181 F con 86.2 % de materia seca.

En la variable de porcentaje de grano, es importante mencionar que la diferencia estadística significativa fue muy ligera, aunque se tiene que el genotipo que obtuvo mejor resultado fue el H-50 AE con 89.1 % de grano, y el que obtuvo el valor más bajo fue el Puma 1181 F con 86.7 % de grano.

De las variables más importantes evaluadas esta investigación es el número de plantas fértiles (androfértiles) con un alto nivel de significancia estadística, en el cual se obtuvo que los híbridos Puma 1075 F, Puma 1181 F, H-47 F, H-48 F y H-50 F tuvieron un 100 % de plantas fértiles, mientras que el híbrido Puma 1076 F, sólo obtuvo el 50 % de plantas fértiles del total (de 30 que fue el número de plantas por parcela).

Para lo que complementa el resultado anterior, tenemos la variable número de plantas androestériles con un alto nivel de significancia estadística, donde se obtuvo que el genotipo que se mantuvo más estable fue el Puma 1181 AE con 28 Plantas con este carácter, seguido del Puma 1075 AE con 19 plantas androestériles; el genotipo con menor número de plantas androestériles fue el H-50 AE, con 6 plantas con este carácter, seguido del H-48 AE con 13 plantas androestériles.

CUADRO 19.- Comparación de medias para diversas variables en la interacción híbridos X androesterilidad / fertilidad, para las variables % de humedad, % de grano, % de materia seca, plantas fértiles, plantas androestériles y mazorcas totales. Rancho Almaraz, FESC UNAM, Primavera - Verano 2008.

Genotipo	AE/F	% de humed ad	% de grano	% de materia seca	Plantas Fértiles	Plantas androestériles	Mazorcas totales
Puma 1076	AE	13.3	87.5	86.6	13	16	34
Puma 1076	F	13.3	87.3	86.7	15	15	35
Puma 1075	AE	13.0	87.3	87.0	11	19	38
Puma 1075	F	13.0	86.9	86.9	30	0	39
Puma 1181	AE	13.6	87.5	86.4	2	28	40
Puma 1181	F	13.8	86.7	86.2	30	0	35
H-47	AE	13.2	87.8	86.7	15	15	40
H-47	F	13.1	87.3	86.8	30	0	41
H-48	AE	13.3	87.9	86.7	16	13	37
H-48	F	13.1	88.3	86.9	30	0	40
H-50	AE	13.3	89.1	86.7	24	6	32
H-50	F	13.4	88.3	86.5	30	0	36

V.- CONCLUSIONES.

Con base en los resultados obtenidos, así como la discusión y objetivos planteados, de acuerdo a las condiciones en las que se desarrolló este trabajo se concluye lo siguiente.

Para la variable rendimiento al considerar las medias de producción de versiones fértiles ($10,757 \text{ kg ha}^{-1}$) en comparación con la media de las versiones androestériles (10582 kg ha^{-1}) de seis híbridos de maíz para Valles Altos (Puma 1181, Puma 1075, Puma 1076, H-48, H-47 y H-50), el análisis de varianza no detectó diferencia estadística significativa, es decir los híbridos fértiles no fueron diferentes con respecto a los androestériles.

Los híbridos que presentaron mayores rendimientos de grano fueron el Puma 1181 AE con $12,550 \text{ kg ha}^{-1}$, similar al genotipo H-48 F con un rendimiento de $12,141 \text{ kg ha}^{-1}$ y el Puma 1075 AE con un rendimiento de $11,242 \text{ kg ha}^{-1}$, dos de ellos androestériles y uno con fertilidad masculina normal, los tres se cultivan de manera comercial en su versión de fertilidad normal en los Valles Altos de la República Mexicana.

Los genotipos Puma 1181 AE y el Puma 1075 AE obtuvieron rendimientos mayores que su versión fértil con 15.5% y 2.7 % respectivamente. En cambio, en los híbridos Puma 1076 F con 3.3%, H-47 F con 5.5%, H-48 F con 13.1% y H-50 F con 5.2%, en estos genotipos se definieron rendimientos mayores en la versión fértil que en su versión androestéril con el porcentaje indicado.

El genotipo que se mantuvo estable con el carácter de androesterilidad fue Puma 1181 AE con 93 % de plantas androestériles (28 plantas de 30), el resto de los genotipos androestériles se mantuvieron con un 60 % o menos con plantas androestériles en cada parcela.

De los cuatro genotipos, en los cuales se empleó un progenitor masculino con capacidad de restauración de la fertilidad, en la cruce 149 X110, se observó que le fue restaurada la fertilidad al 100% de las plantas establecidas, en cambio en la cruce 149 X 126, no se presentó la restauración, ya que fue androestéril, lo que indica que el progenitor macho 126, debe ser evaluado nuevamente y rectificar en ciclos posteriores para verificar. Las

otras dos cruzas a las que les fue restaurada la fertilidad, recuperaron la fertilidad un 50% de las plantas de cada parcela.

El Puma 1181 y Puma 1075, en su versión androestéril y fértil, con origen en la UNAM, FES – Cuautitlán; así como otros híbridos: H-48 y H-50, en su versión androestéril y fértil, con origen en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, mostraron cualidades favorables como: buena productividad de grano, resistencia al acame, resistencia a plagas y enfermedades, buena sanidad de planta y mazorca y buen porcentaje de grano.

La utilización de genotipos androestériles en la producción de semilla de maíz y el uso de esta semilla en forma comercial, se considera que son actividades que repercuten dentro del sistema de producción agrícola de este cultivo, ya que puede representar un incremento en el rendimiento de grano para el productor.

La capacidad restauradora de la fertilidad es una de las maneras como puede aprovecharse en forma comercial el esquema de androesterilidad, ya que evita la utilización de mezclas de semillas fértiles y androestériles, lo que beneficia en la generación de estos híbridos que tendrán como objetivo la producción de grano o en su caso producir genotipos para la producción de semilla híbrida de maíz.

VI. BIBLIOGRAFÍA.

Airy J. M., Tatum L. A., Sorenson J. W. 1978. La producción de semillas. Producción de semilla híbrida de maíz y sorgo para grano. *In: Anuario estadístico de semillas*. Trad. de la 4ª ed. en inglés por Antonio Marino y Pánfilo Rodríguez. Ed. CECOSA. México. pp. 274-285.

Bouer H. O. 1973. Fitogenética aplicada. Los conocimientos de la herencia vegetal al servicio de la humanidad. Editorial Limusa. México.

Camargo I., Gordón R., Fuentes M. 2003. Estabilidad y confiabilidad de los nuevos híbridos de maíz en comparación al testigo regional HB-83, 1998-2000. *Agronomía Mesoamericana*, Vol. 14 (2): 129-134, 2003. ISSN 1021-7444.

CIMMYT. 1985. Manejo de los ensayos e informe de los datos para el Programa de Ensayos internacionales de maíz del CIMMYT. México, D.F.

D. L. C. Ana. 2001. Evaluación de la calidad de las semillas. Tema central de la Revista SEED News, mayo/junio 2001.

De La Rosa A., De León H., Martínez G., Rincón F. 1999. Heterosis, habilidad combinatoria y diversidad genética en híbridos comerciales de maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía Mesoamericana*. Vol. 11 (1): 113-122. ISSN 1021-7444.

De León C. H., Rincón S. F., Reyes V. M. H., Sámano G. D., Martínez Z. G., Cavazos C. R., Figueroa C. J. de D. 2005. Potencial de rendimiento y estabilidad de combinaciones germoplásmicas formadas entre grupos de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 28 (2): 135-143. ISSN 0187-7380.

Espinosa C. A., Tadeo R. M., Tapia N. A. 2000. Variedades no convencionales como opción para elevar la productividad de maíces locales en Valles Altos de México. *Agronomía Mesoamericana*. Vol. 11 (1): 159-161.

Espinosa C. A., Tadeo R. M. 2002. Tecnología de producción de semillas de los híbridos H-48, H-50 y H-153 con esquema de androesterilidad. En: Memoria del Día de Campo CEVAMEX. Memoria Técnica No. 2. CEVAMEX, CIRCE, INIFAP. Chapingo, México. P. 13-15.

Espinosa T., A. 2003. Aspecto contable de una empresa productora de semillas. Tesis Licenciatura. FESC, UNAM.

Espinosa C. A., Sierra M., Gómez N. 2003. Producción y tecnología de semillas mejoradas de maíz por el INIFAP en el escenario sin la PRONASE. *Agronomía Mesoamericana*, Vol. 14 (2): 117-121.

Espinosa C., A., J. Piña R., A. Caetano de O. y M. Mora V. 2004. Listado de variedades liberadas por el INIFAP de 1980 a 2003. Publicación Especial No. 2, INIFAP, CIRCE, CEVAMEX, Chapingo, México. 30 p.

Espinosa C. A., Tadeo R. M., Gómez M. N., Sierra M. M., Martínez M. R., Virgen V. J., Palafox C. A., Caballero H. F., Vázquez C. G., Salinas M. Y. Septiembre, 2009. H-47, híbrido de maíz para Valles Altos con androesterilidad para la producción de semilla. Memoria Técnica Número 10. 9ª Expo Nacional de Maquinaria Agrícola. INIFAP, CEVAMEX.

Espinosa. C., A.; Tadeo. R., M.; Martínez. M., R.; Arteaga. E., I.; González R. I. Programa Cooperativo Centroamericano de Cultivos y Animales. 2008. Reunión anual 54. AGROENERGÍA. Reposicionamiento Global de la Agricultura. Pág. 166, 201.

Espinosa C. A., Tadeo R. M., Turrent F., A., Gómez M. N., Sierra M. M., Palafox C., A., Caballero H., F., Valdivia B., R., Rodríguez, F. 2008 a. El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias. Revista de Difusión de la Facultad de Ciencias de la UNAM.* 92-93: 118-125.

Espinosa C. A., Tadeo R. M., Turrent F., A., Sierra M. M., Gómez M. N., Palafox C. A., Rodríguez M., F., Caballero H. F., Valdivia B., R., Zamudio G., B. 2008 b. Las semillas

insumo fundamental para avanzar hacia suficiencia alimentaria y reserva estratégica de granos. En: Reserva Estratégica de Alimentos: Una alternativa para el desarrollo del campo Mexicano y la Soberanía alimentaria. Coordinadores Alfonso Ramírez Cuellar, Benito Ramírez Valverde, Beatriz A. Cavalloti Vázquez, Carlos F. Marcof Alvarez, Alfredo Cesín Vargas. CEDRSSA-SAGARPA-CP-UACH. Pp. 77-89.

Espinosa C. A., Turrent F., A., Tadeo R. M., Gómez M. N., Sierra M. M., Caballero H. F. 2008 c Importancia del uso de semilla de variedades mejoradas y nativas de maíz en México. En: Desde los Colores del maíz, Una agenda para el campo mexicano. Coordinador J. Luis Seefoó Luján. El Colegio de Michoacán. Volumen I: 233-255.

Espinosa C. A., Tadeo R. M., Sierra M. M., Turrent F., A., Valdivia B., R., Zamudio G., B. 2009. Híbridos de maíz bajo diferentes combinaciones de semilla androestéril y fértil en México. *Agronomía Mesoamericana*. 20 (2): 211-216.

Espinosa C. A., Tadeo R. M., Meza G. L., González- Rojo I., Arteaga E. I., Matías B. D., Sierra M. M., Valdivia B. R., Gómez M. N., Palafox C. A., Zamudio G. B. Farías O. M., Caballero H. F. 2009. Eliminación de panoja en híbridos de maíz de fertilidad normal en comparación con genotipos androestériles. Memoria 55 Reunión Anual de la Sociedad del PCCMCA. Campeche, México. P. 61.

Espinosa C. A., Tadeo R. M., Sierra M. M., Turrent F., A., Valdivia B. R., Zamudio G. B. 2009. Híbridos de maíz bajo diferentes combinaciones de semilla androesteril y fértil en México. *Agronomía Mesoamericana*. 20(2): 211-216.

Espinosa C. A., Tadeo R. M., Gómez M. N., Sierra M. M., Martínez M. R., Virgen V. J., Palafox C. A., Caballero H. F., Vázquez C. G., Salinas M. Y. Septiembre, 2009. H-49, híbrido de maíz para Valles Altos con androesterilidad para la producción de semilla. Memoria Técnica Número 10. 9ª Expo Nacional de Maquinaria Agrícola. INIFAP, CEVAMEX.

Espinosa C. A., Tadeo R. M., Gómez M. N., Sierra M. M., Martínez M. R., Virgen V. J., Palafox C. A., Caballero H. F., Vázquez C. G., Salinas M. Y. Septiembre, 2009. H-51, híbrido de maíz para Valles Altos con androesterilidad para la producción de semilla.

Memoria Técnica Número 10. 9ª Expo Nacional de Maquinaria Agrícola. INIFAP, CEVAMEX.

González E., A.; Islas G., J.; Espinosa C., A.; Vázquez C., J. A.; Wood, S. 2008. IMPACTO ECONÓMICO DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL MAÍZ EN MÉXICO: HÍBRIDO H-48. Publicación Técnica No. 25. Serie: Estudios de Evaluación del Impacto Económico de Productos del INIFAP. SAGARPA. INIFAP.

Gordón M. R., Camargo B. I., Franco B. J., González S. A. 2006. Evaluación de la adaptabilidad y estabilidad de 14 híbridos de maíz, Azuero, Panamá. *Agronomía Mesoamericana*. Vol. 17 (2): 189-199. ISSN 1021-7444.

Grogan C. O., Francis C. A., Sarvella P. A. 1971. Influence of cytoplasmic male sterility on dry matter accumulation in maize. *Crop Sci.* 5: 365-367.

Gutiérrez del R. E., Palomo G. A., Espinoza B. A., De La Cruz L. E. 2002. Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la comarca lagunera, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 25 (3): 271-277. ISSN 0187-7380.

Hernández C. J. M., Esquivel E. G. 2004. Rendimiento de grano y características agronómicas en germoplasma de maíz de Valles Altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 27 septiembre (Especial 1): 27-31. ISSN 0187-7380.

Hernández H. E. 2000. Capacidad productiva de semillas de cruza simples de maíz androestéril en comparación con la versión normal. Tesis de licenciatura. FESC-UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.

Jugenheimer P. D, Robert W. 1998. Maíz. Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Editorial Limusa. México.

Márquez S. F. Genotecnia vegetal. 1991. Métodos, Teoría, Resultados. Tomo I. LGT Editor S. A. Chapingo, México.

Martínez L. C., Mendoza O. L. E., García De Los S. G., Mendoza C. M. C., Martínez G. Á. 2005. Producción de semilla híbrida de maíz con líneas androfértiles y androestériles isogénicas y su respuesta a la fertilización y densidad de población. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 28 (2): 127-133. ISSN 0187-7380.

Matías B. D. 2009. Productividad de híbridos de maíz para Valles Altos de semilla obtenida con progenitores fértiles y androestériles. Tesis de licenciatura. FESC-UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.

Nava P. F., Mejía C. J. A., Castillo G. F., Molina G. J. D. 2000. Evaluación de maíces precoces e intermedios en Valles Altos Centrales de México. I. Poblaciones sobresalientes. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 23 (1): 119-128. ISSN 0187-7380.

Ortiz T. C., Espinosa C. A., Azpíroz R. H. S., Sahagún C. S. 2005. Producción y tecnología de semillas de maíz del INIFAP para los Valles Altos y zonas de transición. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Valle de Toluca. 122 p. Libro Técnico Número 3. Zinacantepec, Estado de México.

Pérez A. R. 1964. Restauración de la fertilidad por maíces mexicanos en la fuente T de esterilidad citoplasmática masculina. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados Chapingo. Texcoco, Estado de México, México. 31 p.

Poehlman John Milton, Allen Sleper David. 2005. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Segunda edición. Editorial Limusa. México.

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

Reyes C. P. 1985. Fitogenotécnica básica y aplicada. AGT Editor, S. A. México.

Reyes Castañeda, Pedro. 1990. El maíz y su cultivo. Primera edición. A. G. T. Editor, S. A. México.

Robles S. R. 1986. Genética elemental y fitomejoramiento práctico. Limusa, Primera edición. México.

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

Serrano R. J. 2008. Productividad de diferentes mezclas de semilla androestéril y fértil de híbridos puma de maíz en dos fechas de siembra. Tesis de Licenciatura de la Carrera de Ingeniería Agrícola. FES – UNAM. Cuautitlán Izcalli. México.

Solano, A. M. 1998. Androesterilidad e Identificación de Restauradores de la Fertilidad Masculina en Híbridos de Maíz para Valles Altos. Tesis de Licenciatura de la Carrera de Ingeniería Agrícola FES – UNAM. Cuautitlán Izcalli. México.

Tadeo R. M.; Espinosa C., A. 2004. Producción y Tecnología de Semillas. UNAM. FES – Cuautitlán. División de Ciencias Agropecuarias. PAPIME EN209803. Ingeniería Agrícola. México.

Tadeo R. M.; Espinosa C. A, Martínez M. R., Srinivasan G., Beck D., Lothrop J., Torres J. L., Azpiroz R. S. 2004. “Puma 1075 y Puma 1076, híbridos de maíz de temporal para los Valles Altos de México (2200 a 2600 msnm)”. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 27 (2): 211-212.

Tadeo R. M., Espinosa C. A., Beck D., Torres J. L. 2007. Rendimiento de semilla de cruza simples fértiles y androestériles progenitoras de híbridos de maíz. *Agricultura Técnica de México*, Mayo-Agosto, Vol. 33 (2): 175-180. ISSN 0568-2517.

Tadeo R. M., Espinosa C. A., Beck D., Torres J. L., Hernández H. E. 2000. Rendimiento de semilla de cruza simples de maíz androestériles y fértiles progenitoras de híbridos trilineales. En: Memoria de XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI. P.134. Irapuato, Guanajuato.

Tadeo R. M., Espinosa C. A., Serrano R. J., Arteaga E. I., Meza G. L., Matías B. D., Sierra M. M., Valdivia B. R., Gómez M. N., Zamudio G. B. 2009. Productividad de diferentes combinaciones de semilla androestéril y fértil en dos híbridos de maíz. Memoria 55 Reunión Anual de la Sociedad del PCCMCA 2009. Campeche, México. P.43.

Tadeo R., M., Espinosa C., A., Solano, A. M., Martínez M., R. 2001. Esterilidad masculina para producir semilla híbrida de maíz. Revista Ciencia y desarrollo, Número 157.

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

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