

14



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"CAPACIDAD PRODUCTIVA DE SEMILLA DE CRUZAS
SIMPLES DE MAIZ ANDROESTERILES EN
COMPARACION A LA VERSION NORMAL".

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERA AGRICOLA
P R E S E N T A ;
EMMA HERNANDEZ HERNANDEZ

287184

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

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México



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

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
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:

"Capacidad productiva de semilla de cruza simples de maíz
androestériles en comparación con la versión normal".

que presenta la pasante: Emma Hernández Hernández
con número de cuenta: 9114843-4 para obtener el título de:
Ingeniera Agrícola

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

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán izcalli, Méx. a 17 de octubre de 2000

PRESIDENTE	<u>Inq. Alfonso Delgado Antunez</u>	
VOCAL	<u>Inq. Miguel Bayardo Parra</u>	
SECRETARIO	<u>M.C. Margarita Tadeo Robledo</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Inq. Hilda Carina Gómez Villar</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>I.A. Benjamín Frontana de la Cruz</u>	

AGRADECIMIENTOS

A todas aquellas personas que me condujeron y enseñaron lo valioso del trabajo, la honestidad y el compromiso.

Gracias porque han sido inspiración, motivación, apoyo, consejo, reto y tolerancia. Pero sobre todo porque han ayudado a que surja en mí la energía y el coraje necesarios para salir adelante.

DEDICATORIAS

A mis padres, por darme la oportunidad de estudiar la más grata de las profesiones.

A ti campesino, que eres vivo ejemplo de lucha, pero sobre todo a los maiceros quienes cautivados por esta planta maravillosa han contribuido a su trascendencia.

A todos los que con su cariño, apoyo, incondicionalidad y estímulo ayudaron a que este sueño se volviera realidad.



*Maíz, para unos representas la simpleza,
para otros, sustento y fortaleza.
Y sin saber que en tí se encierra
enseñanza, humildad y grandeza, se te desprecia.*

*Eres desperdicio para unos,
eres lucha para otros.
Pero ante todo eres la presencia mágica de la naturaleza.*

Emma Hdez. Hdez.

ÍNDICE

INDICE DE CUADROS Y FIGURA	VII	
RESUMEN	IX	
ANTECEDENTES	X	
I	INTRODUCCIÓN	1
	1.1. OBJETIVO	2
	1.2. HIPÓTESIS	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.	
	2.1. La industria de maíz híbrido en México.	3
	2.2. Características deseables de progenitores para la producción de semilla híbrida de maíz.	4
	2.3. Producción de semilla de maíz con progenitores de fertilidad normal	5
	2.3.1. Desespigamiento	5
	2.4. Producción de semilla de maíz con progenitores androestériles	7
	2.5. Uso de la androesterilidad en la producción de cultivos agrícolas.	7
	2.6. Tipos de androesterilidad	9
	2.6.1. Génica	10
	2.6.2. Citoplásmica	11
	2.6.3. Génico-citoplásmica	12
	2.7. Método de retrocruza para la obtención de líneas androestériles.	12
	2.8. Capacidad productiva de materiales androestériles de maíz.	13
	2.9. Costos de producción de semilla.	17

MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Localización y condiciones ambientales.	19
3.2. Material genético.	19
3.3. Diseño experimental.	19
3.4. Análisis estadístico.	20
3.5. Manejo agronómico.	20
3.6. Variables evaluadas.	21
3.6.1. Días a floración masculina.	21
3.6.2. Días a floración femenina.	21
3.6.3. Altura de planta y mazorca.	21
3.6.4. Sanidad de planta.	21
3.6.5. Calificación de mazorca	21
3.6.6. Porcentaje de mazorcas buenas y malas	21
3.6.7. Longitud de mazorca.	21
3.6.8. Número de granos/hilera.	22
3.6.9. Número de hileras/mazorca.	22
3.6.10. Diámetro de mazorca y olote.	22
3.6.11. Porcentaje de grano.	22
3.6.12. Peso volumétrico.	22
3.6.13. Porcentaje de semilla grande, mediana y pequeña.	22
3.6.14. Rendimiento	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	24
V. CONCLUSIONES.	37
VI. PERSPECTIVAS	38
VI. LITERATURA CONSULTADA.	39
ANEXO	43

ÍNDICE DE CUADROS

LISTA DE CUADROS Y FIGURA		Pág
Figura 1	Esquema de retrocruza	14
Cuadro 1.	Material genético de cruza simples de maíz utilizado en el ciclo P/V 1999-00 sembrado en "El Llano", mpio. de Tula, Hgo.	20
Cuadro 2.	Cuadrados medios y significancia estadística de las variables evaluadas para la interacción GxV (Androestéril/Fértil) en cruza simples de maíz en el ciclo P/V 1999-00.	25
Cuadro 3.	Comparación de medias de seis cruza simples de maíz (Versión androestéril y fértil) de las variables rendimiento, altura de planta, altura de mazorca y floración femenina.	26
Cuadro 4.	Comparación de medias de seis cruza simples de maíz (versión androestéril y fértil) de las variables sanidad de planta, % de mazorcas buenas y malas y calificación de mazorca.	26
Cuadro 5.	Comparación de medias de seis cruza simples de maíz (versión androestéril y fértil) de las variables longitud de mazorca, No. de granos/hilera, No. de hileras/mazorca y diámetro de mazorca y olote.	27
Cuadro 6.	Comparación de medias de seis cruza simples de maíz (versión androestéril y fértil) de las variables porcentaje de grano, peso de 200 granos y porcentaje de semilla grande, mediana y pequeña.	27

Cuadro 7.	Cuadrados medios y significancia estadística de las variables evaluadas en seis cruzas simples androestériles de maíz en comparación con su versión fértil.	29
Cuadro 8.	Resultados para las variables rendimiento, floración femenina y altura de planta y de mazorca en la evaluación de seis cruzas simples de maíz en versión androestéril y fértil (Tukey $p= 0.05$)	31
Cuadro 9.	Resultados para las variables sanidad de planta, porcentaje de mazorcas buenas y malas y calificación de mazorca en la evaluación de seis cruzas simples de maíz en versión androestéril y fértil (Tukey $p= 0.05$)	32
Cuadro 10.	Resultados para las variables peso volumétrico, peso de 200 granos y porcentaje de grano en la evaluación de seis cruzas simples de maíz en versión androestéril y fértil (Tukey $p= 0.05$)	34
Cuadro 11.	Resultados para las variables longitud de mazorca, No. de granos/hilera, No. de hileras/mazorca y diámetro de mazorca y de olote en la evaluación de seis cruzas simples de maíz en versión androestéril y fértil (Tukey $p= 0.05$)	35
Cuadro 12.	Resultados para las variables porcentaje de semilla grande, mediana y pequeña en la evaluación de seis cruzas simples de maíz en versión androestéril y fértil (Tukey $p= 0.05$)	36

RESUMEN

La androesterilidad constituye un medio eficaz para simplificar la formación de híbridos no sólo porque disminuye los costos de producción, ya que al no desespigarse las plantas hembra por ser estériles, se ahorra entre 25 y 35 jornales/ha. que son requeridos para efectuar tal labor sino también porque se evita contaminaciones de polen y se facilita el control de la calidad genética de los híbridos producidos.

Con el propósito de generar información acerca del comportamiento de cruza androestériles con respecto a su versión fértil en términos de rendimiento y calidad de semilla se procedió a evaluar seis cruza simples androestériles con dos, tres y cuatro retrocruza hacia la línea receptora de la esterilidad con sus respectivas cruza simples fértiles. El experimento se estableció en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, en parcelas de dos surcos de cinco metros de largo. Se realizó un análisis de varianza en forma factorial, efectuándose una comparación de medias por el método de Tukey al 0.05 de significancia estadística para cada una de las variables evaluadas.

Características importantes evaluadas para realizar tal comparación fueron: rendimiento, altura de planta y mazorca, porcentaje de semilla comercial (grande y mediana) y calificación de mazorca las cuales son consideradas por los productores de semilla.

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.

El mayor rendimiento entre los genotipos correspondió al CML242 (RC4) x CML349 con 5963 kg/ha que superó en 10 por ciento a la versión fértil, el menor fue el presentado por el genotipo CML242 (RC4) x CML246 con 4273 kg/ha y cuyo rendimiento fue similar al de su contraparte fértil.

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

ANTECEDENTES

El desarrollo de híbridos de maíz en México es relativamente reciente y aún más el uso de tales materiales alcanza cuando mucho el 14% de la superficie sembrada con este cultivo.

La semilla híbrida de maíz se obtiene del cruzamiento de dos progenitores, uno funge como polinizador (macho) y el otro como receptor del polen y productor de semilla (hembra). A este último se deberá eliminar la inflorescencia o panícula para evitar que derrame polen y contamine a tales plantas. Esto constituye un problema ya que debe tenerse especial cuidado en protegerse de que no haya una posible autofecundación o cruzamiento con otra clase de polen por lo que los lotes de producción de semilla tienen que ser aislados de 200 a 400 metros de otros maíces.

En la actualidad, la semilla de maíz híbrido puede producirse sin necesidad de realizar la labor de desespigue, mediante el uso de la androesterilidad. En México existen pocos trabajos reportados sobre el aprovechamiento de tal característica; el último del que se tiene conocimiento es el realizado por Pérez en 1964, donde clasificó en restauradores y no restauradores de la fertilidad masculina distintas razas mexicanas de maíz y determinó su probable mecanismo de restauración en la fuente T de esterilidad citoplásmica masculina.

En la producción de semilla híbrida de maíz con progenitores androestériles son necesarias líneas androestériles por lo que debe convertirse una línea fértil a estéril mediante el método de retrocruza en el cual el progenitor donante es la línea estéril y el progenitor recurrente la línea que se desea transformar en estéril.

Las investigaciones posteriores se han enfocado a la identificación de fuentes de esterilidad e incorporación de ésta a líneas específicas, identificación de restauradores de la fertilidad masculina y la evaluación del efecto de la densidad de siembra y condiciones ambientales sobre el comportamiento de androestériles básicamente; sin embargo, información acerca del rendimiento obtenido por líneas o cruza simples androestériles en comparación con su versión normal o fértil no existe por lo que con el presente trabajo se busca por un lado en generar información y por otro dar respuesta a la necesidad de eficientizar el proceso de producción de

semilla híbrida de maíz abatiendo costos y generando materiales con mejor potencial productivo. Para ello se han utilizado materiales que han sido trabajados durante varios ciclos agrícolas por el CIMMYT y la propia UNAM para así generar una alternativa viable para las empresas semilleras interesadas en los mismos.

I. INTRODUCCIÓN.

El uso del maíz híbrido ha dado lugar no sólo al crecimiento de grandes empresas semilleras sino también ha llevado a la necesidad de crear nuevas tecnologías para eficientizar el proceso de producción de los materiales de interés comercial. Tal es el caso de la incorporación de la esterilidad masculina a líneas de maíz en donde la planta es incapaz de producir gametos masculinos funcionales logrando con ello eliminar el problema que ocurre en el desespigamiento de progenitores hembra, asegurando por lo tanto la calidad e identidad genética de los híbridos producidos, esto da como resultado una reducción en los costos de producción generados por la labor de desespigue así como el que se reduzca los problemas inherentes a ésta.

La androesterilidad dejó de ser utilizada en la década de los 70's cuando las líneas parentales y los híbridos que poseían el tipo de citoplasma Texas presentaron susceptibilidad al tizón foliar ocasionado por el hongo *Helminthosporium maydis* raza T que ocasionó una epifitía y pérdida de cosechas en gran parte de la faja maicera en E. U. A. (Curtis, 1983; Jugenheimer, 1990; Solano, 1998). Sin embargo, con el descubrimiento de nuevas fuentes de esterilidad masculina se evita la dependencia de una sola y limita los problemas generados con la raza T, además en los Valles Altos de México (2200-2600 msnm) las condiciones agroclimáticas podrían limitar el desarrollo de tal hongo, por ello, en la Universidad Nacional Autónoma de México, desde 1992, se ha trabajado con líneas progenitoras tanto del CIMMYT como de la UNAM para incorporar la androesterilidad, con la finalidad de facilitar la producción de semilla y el mantenimiento de la calidad genética.

Actualmente se cuenta con algunas líneas con la característica de androesterilidad incorporada y con 2, 3 y 4 retrocruzas hacia la línea inicial, dentro de estos materiales se cuenta con algunas cruza simples que participan en diferentes híbridos de maíz liberados por la UNAM, INIFAP así como por otras empresas semilleras e instituciones que emplean el germoplasma del CIMMYT.

A diferencia de la forma convencional de producción de semilla en donde se utiliza 2 líneas (progenitores) de fertilidad normal, en la producción de semilla con progenitores androestériles es necesario contar primero, con líneas androestériles lo cual es resultado de convertir una línea fértil a estéril mediante el método de retrocruza y segundo, contar con líneas restauradoras de la fertilidad

masculina ya que de lo contrario, la progenie (híbrido) que se produce será androestéril y por lo tanto, en la parcela del productor de grano no existirá una fuente de polen que pueda polinizar y por consiguiente producir (Jugenheimer, 1990). La transferencia de esterilidad masculina de una línea a otra y la identificación de restauradores de la fertilidad del polen es por tanto una operación complicada, altamente técnica y que requiere mucho tiempo para la obtención de resultados (Bauman, 1952).

Por otro lado, la evaluación de la capacidad productiva de cruzas androestériles así como de su versión normal, en términos de rendimiento, calidad de semilla y características agronómicas, es de gran importancia ya que permitirá tomar una decisión con respecto al uso de uno u otro material, considerando siempre la obtención de mejores resultados en la producción de semilla. Por lo anteriormente expuesto en este trabajo se planteó el siguiente objetivo e hipótesis.

1.1. OBJETIVO.

1. Determinar la capacidad productiva y la calidad de semilla de cruzas simples androestériles y compararla con la presentada por la versión fértil.

1.2. HIPÓTESIS.

El rendimiento y calidad de semilla de cruzas simples androestériles son superiores a los presentados por la versión normal.

La versión androestéril presenta características agronómicas deseables como altura de planta y mazorca, sanidad de planta y un mayor porcentaje de semilla comercial.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La industria de maíz híbrido en México.

El crecimiento de la industria del maíz híbrido ha estado ligado no sólo a la investigación y el desarrollo tecnológico, específicamente en el área de la genética sino también al apego de un marco jurídico, es decir, a la reglamentación de organismos reguladores no sólo de la investigación sobre los cultivos y la certificación sino también de la producción y comercialización de la semilla (López y García, 1997).

En México, la transferencia de la tecnología biológica como la hibridación ha sido muy lenta, principalmente por las limitantes de adaptabilidad de los materiales generados ya que son sensibles a los cambios de temperatura y fotoperíodo, al suministro de humedad y a una serie de patógenos de tal forma que la mayoría de las variedades híbridas son exclusivas de la localidad donde se generaron (Solleiro *et al.*, 1996; Benitez, 1999). Lo anterior hace que la superficie sembrada con semilla mejorada apenas llegara a un 20 ó 22 % del área maicera total en 1980 (Badillo, 1980), incrementándose 26 ó 32 % en la década de 1990.

En un inicio (década de los 60's) tanto la producción como la distribución de semilla estuvo a cargo de la Productora Nacional de Semillas (PRONASE), habiendo una mínima participación de la iniciativa privada. Es hasta 1983 y con mayor énfasis en 1991 cuando se establece un nuevo marco legal y normativo, el cual elimina restricciones a la participación empresarial en todo lo relacionado con la producción y comercio de semillas, la tecnología del INIFAP ahora puede transferirse y distribuirse a través del sector privado, estableciéndose para ello un marco jurídico, regulatorio y normativo. Así, algunas empresas privadas nacionales han iniciado modestos programas de ensayos usando principalmente germoplasma generado por el sector público en el INIFAP y el CIMMYT, como punto de partida para desarrollar sus propias variedades y así establecerse en el mercado (López y García, 1997).

En la actualidad la semilla de maíz es considerada como el componente de producción que presenta la mejor tasa de retorno a capital debido a la capacidad multiplicativa de esta especie (cantidad

de semilla sembrada con relación al volumen de grano cosechado por área) y del potencial de rendimiento de las variedades modernas e híbridos generados por diferentes instituciones

Según datos del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) en 1997 se produjeron aproximadamente 266 000 ton de semilla de maíz para ser certificada por tal organismo. Considerando que la superficie sembrada de maíz es de 8 000 000 has. y de las cuales 3 500 000 has. cuentan con las características óptimas para ser sembradas con materiales certificados, con esto se puede concluir que la cantidad de semilla producida actualmente no satisface la demanda.

2.2. Características deseables de los progenitores para la producción de semilla híbrida de maíz.

Dentro de las características que tienen mayor importancia o que es conveniente incorporar en los progenitores femeninos son la presencia de un solo tallo, el cual deberá ser fuerte, para reducir así la tarea de desespigado, es deseable que posea, buena excursión de espiga, uniformidad de la floración y escasa resistencia (fibra) en el pedúnculo de la espiga para que se facilite su eliminación; el pedúnculo de la mazorca tiene que ser fuerte, debe adaptarse a la recolección mecánica y producir rendimientos elevados de semilla comercial. Es conveniente además que presente buena cobertura de mazorca, un tamaño y forma de semilla grande, buena germinación, semillas longevas y plántulas de mucho vigor, que sea altamente adaptable, teniendo un alto grado de uniformidad en el crecimiento del tallo y altura de planta (Jugenheimer, 1959).

En el caso del progenitor masculino se tendrá especial cuidado en que proporcione el polen en el momento apropiado y en cantidades adecuadas (Jugenheimer, 1990).

Es necesario además, seleccionar progenitores que tengan una madurez similar de tal forma que la floración femenina coincida con la liberación de polen (sincronía floral), estas líneas deben ser evaluada por rendimiento, adaptación y producción de semilla. Así mismo, la estabilidad de los diferentes caracteres relacionados con la producción de semilla se considera de gran importancia.

2.3. Producción de semilla con progenitores de fertilidad normal.

El sistema de producción de semilla híbrida de maíz comprende básicamente la siembra de progenitores masculino y femenino los cuales estarán en una relación de 1:2, 1:4 o 2:6, dependiendo principalmente de la habilidad para producir polen del progenitor masculino (Beck, 1999). Las inspecciones comenzarán después del establecimiento del cultivo en campo con el fin de detectar deficiencias de aislamiento y corregirlas si es posible o proceder a dar de baja el lote de producción (Svensson y Fuentes, 1983). Una vez asegurado el aislamiento, antes de que comiencen a espigar las plantas se debe eliminar plantas fuera de tipo tanto en los surcos hembra como en los macho. Posterior a esto, se eliminará también la inflorescencia masculina en el progenitor femenino antes de la floración o liberación del polen con el fin de conservar la pureza y la estabilidad genética de la semilla del híbrido a producir (Feistritzer *et al.*, 1983), a esto se le llama: desespigamiento.

2.3.1. Desespigamiento.

El período de desespigamiento es usualmente el período más crítico y difícil de manejar en la producción de semilla de maíz híbrido. Para obtener los niveles necesarios de pureza genética, todas las espigas de los surcos hembra deben ser removidos antes de que se libere el polen y/o antes de la aparición de los estigmas, o bien cuando éstas hayan sobresalido completamente de las hojas terminales además de eliminar plantas fuera de tipo para permitir que sólo sean fecundadas por el polen liberado por las plantas del progenitor masculino. Esto ocurre comúnmente de 1 a 2 días después de que las espigas empiezan a ser visibles (Sánchez, 1988; Beck, 1999).

El tiempo que se requiere para realizar la labor de desespigue usualmente es de 2 semanas pero puede fluctuar entre 1 a 5 semanas o más. Esto puede deberse a que hubo una germinación retrasada y desuniforme del campo de cultivo, a variaciones de fertilidad del suelo, problemas de encharcamiento en las primeras etapas del cultivo, estrés hídrico antes de la floración, infestaciones severas de insectos o campos con alta incidencia de enfermedades foliares.

Algunos aspectos considerados por Beck, (1999) que pueden complicar el proceso de desespigamiento son:

1. Condiciones climáticas desfavorables durante el desarrollo de las plantas que traen consigo desuniformidad de desespigue, por lo tanto, los campos deberán ser inspeccionados diariamente.

2. El tipo de planta progenitor hembra ya que algunas líneas tienen espigas que son físicamente más duras de arrancar o tienen espigas que se rompen fácilmente, otras tienen espigas que empiezan a liberar polen antes de emerger totalmente de las hojas superiores o hay algunas en las que los estigmas aparecen al mismo tiempo que se produce el polen.

3. Condiciones climáticas desfavorables durante el desespigue tales como viento o lluvia severa que pueden acamar o enredar el progenitor femenino al momento de la emergencia de la espiga, dificultando el manejo.

El desespigamiento es una labor costosa que requiere un alto cuidado y nivel de eficiencia por parte del personal contratado, que implica el empleo de 21-34 jornales /ha (Espinosa y Tadeo, 1998) de tal forma que no sólo se conserve la pureza genética deseada sino también evitar un desembolso de recursos que se generarían por concepto de labores adicionales, con el objeto de cumplir con las estipulaciones de certificación que señalan que no más del 1% de espigas del progenitor femenino derrame polen en cualquier inspección o un total de 2% en todas las inspecciones (Jugenheimer, 1959).

El CIMMYT, (1987) menciona que el costo de despanojar puede representar hasta el 15% de los costos totales de producción en híbridos dobles.

Una de las formas de mejorar o evitar lo anterior es el empleo de emasculadores mecánicos los cuales pueden ser bastante eficaces si se les maneja de forma adecuada, esto depende de una buena nivelación del terreno y de las características que presente el progenitor femenino como son la uniformidad de las plantas en altura y tiempo de floración, así como el que la espiga al momento de la emisión del polen no se encuentre envuelta por más de una hoja, ya que el material foliar dañado representa un punto de entrada para enfermedades; además diversos estudios señalan que el área foliar que se encuentra por encima de la mazorca es esencial durante la formación del grano y maduración

del mismo teniendo por lo tanto, un efecto importante sobre la cantidad y calidad de semilla producida (Riccelli, et al., 1977; Curtis, 1983; Espinosa *et al.*, 1997). Sin embargo, se hace necesario el desespigamiento manual para remover las espigas que se hayan omitido o de plantas de maduración tardía, chaparras o de los hijuelos (Beck, 1999).

2.4. Producción de semilla de maíz con progenitores androestériles.

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

Pérez (1991) define a la esterilidad masculina como la ausencia de los estambres, ausencia o aborto de las anteras, infertilidad de los granos de polen o inhabilidad de las anteras para abrirse o permitir la salida de polen.

En la producción de semilla híbrida de maíz con progenitores androestériles son necesarias líneas androestériles por lo que debe convertirse una línea fértil a estéril mediante un programa de retrocruzamiento, en donde el progenitor donante es la línea estéril y el progenitor recurrente la línea que se desea transformar a estéril (Márquez, 1988).

2.5. Uso de la esterilidad citoplásmica masculina en la producción de cultivos agrícolas.

Los primeros casos de androesterilidad se encontraron en el cultivo de cebolla y después en maíz, tabaco, girasol, linaza, tomate, sorgo, trigo, arroz y otras especies en donde se forman híbridos para aprovechar los efectos de la heterosis. La cebolla es una de las plantas en donde se ha utilizado la androesterilidad con gran éxito para la producción de híbridos. Brauer, (1969) menciona que esto se debe quizá a que el tipo de androesterilidad encontrado está determinado por la interacción de un factor citoplasmático con factores génicos. Este tipo de herencia de la androesterilidad permite formar 2 líneas idénticas que difieren solamente en el factor citoplasmático de esterilidad para conservar al progenitor femenino mediante reproducción sexual se utiliza un progenitor masculino restaurador de la fertilidad. Este mismo tipo de interacción se ha encontrado en sorgo en donde también las condiciones ecológicas afectan el grado de esterilidad ya que se ha observado que bajo condiciones de temperatura

alta y sequia aumenta la fertilidad del polen en las plantas androestériles y en los híbridos, fertilidad que se aprecia en todos los linajes.

En jitomate, plantas con esterilidad masculina muestran anteras deformes situadas hacia la base del estilo, en calabaza, una alternativa a la polinización manual para obtención de semilla híbrida a gran escala es el uso de macho estéril. Aquí se han encontrado dos genes recesivos para esterilidad del macho en *Cucurbita pepo* y *C. máxima*. Por otra parte, la más alta proporción de plantas macho estéril que puede esperarse es de 50%, producido por el cruzamiento de plantas heterocigotas (ms/t) con homocigotas (ms/ms) para el gene macho estéril (Whitaker y Robinson, 1986). Las plantas macho estériles desarrolladas a partir de la planta original producen flores normales excepto que el polen no es viable.

En cebada, un simple par de genes recesivos (ms ms) determina la producción de anteras estériles, para evitar el trabajo de emasculación al hacer cruzas (Poehlman, 1987).

El interés por el uso de la esterilidad citoplásmica masculina como medio para eliminar el desespigamiento en los campos de producción comercial de semilla híbrida de maíz surgió en 1933 cuando Rhoades demostró que la esterilidad del polen era primordialmente controlada por plasmagenes existentes en el citoplasma, por lo tanto, es de herencia únicamente materna; el efecto de los plasmagenes causa aborción del polen, toda la planta y espiga es normal (Reyes, 1990). Un estudio sistemático de muchos segmentos cromosómicos no pudo demostrar que alguno de éstos tuviera un marcado efecto sobre la esterilidad del polen (Sprague citado por Pérez, 1964).

Algunos de los aspectos considerados por Duvick citado por Pérez, (1964) al hacer uso de la esterilidad citoplásmica masculina son:

1. Elegir adecuadamente el tipo de fuente androestéril que dé los mejores resultados haciendo pruebas de la crusa simple o línea para saber si realmente se comporta como estéril en un citoplasma en particular.
2. Se debe estar seguro de que éstas se van a comportar como estériles todos los años y en

todos los lugares en donde se vaya a usar como progenitor femenino.

3. Cuando se trabaja en una cruce simple macho que se desea que actúe como restaurador es necesario estar seguro de que posee un restaurador real, esto es, que al darse la interacción de la fertilidad del polen y el ambiente, la cruce o línea sea restauradora en cada una de las pruebas que se realicen.

Por otro lado, Sprague citado por Pérez, (1964) mencionó que la dependencia de la industria del maíz híbrido de la esterilidad citoplásmica para evitar el despanojado tiene como desventaja principal que el tiempo requerido para el desarrollo y evaluación de un nuevo híbrido llega a ser de hasta 10 años, considerando un período adicional de varios años para introducir las características de esterilidad y restauración de la fertilidad dentro de nuevas líneas después de que éstas hayan demostrado su valor.

2.6. Tipos de androesterilidad.

El mecanismo genético que se ha usado para simular la alogamia en las plantas autógamas es la esterilidad masculina que permite el cruzamiento por polinización libre entre plantas fértiles (machos) y plantas estériles (hembras).

Chávez (1993) señala que hay androesterilidad cuando los órganos reproductores masculinos (gametos) de las plantas se encuentran mal desarrollados o abortados de tal manera que no se forma polen viable y que ésta aparece de forma esporádica, tanto en especies alógamas como en autógamas como consecuencia de:

- a) Genes mutantes (generalmente recesivos).
- b) Factores citoplásmicos.
- c) Efectos combinados de ambos.

Esto ocasiona: aborto de polen, que las anteras no abran o que sean pistiloides (anteras transformadas en pistilos).

Sigarroa citado por Fregoso (1995), la define como la capacidad de un gameto masculino para

fecundar al óvulo, a causa de su falta de funcionalidad por causas genéticamente determinadas. Bajo este nombre la agrupa en 3 tipos: androesterilidad funcional, en la cual el polen existe pero los estambres son indehiscentes; esterilidad polínica donde existe poco polen o no existe y esterilidad estaminal en la que existe malformación del androceo y ausencia de estambres.

Have citado por el mismo autor define la esterilidad masculina como la incapacidad de las plantas para producir o liberar polen funcional, pudiendo ocurrir algunas veces bajo condiciones extremas del ambiente o por la aplicación de productos químicos; sin embargo esta característica es comúnmente controlada por factores hereditarios, teniéndose así tres tipos de esterilidad: esterilidad génica, en la cual el polen es gobernado por uno u ocasionalmente más genes; esterilidad citoplásmica, la cual es llevada a cabo por partículas hereditarias extracromosómicas y, esterilidad génico-citoplásmica, la cual es resultado de la acción conjunta de factores extracromosómicos y genes nucleares.

2.6.1. Androesterilidad génica.

Márquez (1985) menciona que este tipo de esterilidad es causado por factores genéticos y puede ser transmitida a la progenie por medio del citoplasma siendo posible restaurar la fertilidad.

Generalmente es gobernada por un gen recesivo (ms) dándose la aborción del polen. Para mantener la fertilidad de estas plantas se cruzan con una planta androfértil (heterocigótica fértil: $Msms$), tal es el caso de sorgo en donde la esterilidad es causada por factores genéticos y puede ser transmitida a la progenie por medio del citoplasma, siendo posible restaurar la fertilidad.

Al ser condicionada por gen (es) recesivo(s): $msms$ y de herencia simple localizado en los cromosomas (núcleo) la esterilidad desaparece en los híbridos (Angulo y Sánchez, 1955).

Con el objeto de mantener las plantas recesivas para androesterilidad, se cruzas éstas con plantas $Msms$, las cuales serán fértiles.

Para obtener semilla híbrida a través de androesterilidad, se siembran las líneas androestériles

en forma alternada con los individuos que se desea utilizar como machos, eliminándose plantas que se reconozca visualmente que son fértiles. Una vez obtenida esta línea androestéril se mantiene mediante polinización con una línea macho fértil que sea idéntica en todos sus pares de genes (línea isogénica) excepto que no posee el gen de esterilidad (Chávez, 1993).

2.6.2. Androesterilidad citoplásmica.

Robles citado por Fregoso, (1995) señala que este tipo de esterilidad es transmitido por partículas de ADN contenidas en el citoplasma denominadas plasmagenes; se usa en la formación de cruza simples o cruza dobles en especies vegetales alógamas de importancia como maíz, girasol, sorgo.

Angulo (1955) menciona que este tipo de sistema es el que se emplea en la producción de semilla sin castrar siendo necesario recurrir al procedimiento de restauración de la fertilidad mediante la mezcla del híbrido obtenido sin desespigue y aquel que se obtuvo de manera convencional para que haya producción de grano en el campo de maíz del productor. Villaseñor (1996) indica que este tipo de esterilidad se debe a factores citoplásmicos heredados del gameto femenino que causa la aborción del polen y que es por ello que se requiere de un polinizador con la capacidad de restaurar la fertilidad.

Poehlman (1987), por su parte señala que debido a que el citoplasma se transmite únicamente por medio del huevo, ya que los espermatozoides contribuyen en una parte pequeñísima a integrar el citoplasma del cigote, la esterilidad masculina heredada citoplasmáticamente solamente se transmite a través de la planta madre y que la acción de este tipo de esterilidad puede ser modificada por la acción de genes restauradores de polen y que al estar éstos localizados en los cromosomas serán aportados por los progenitores hembra y macho.

Las líneas con esterilidad masculina formadas por medio de este método de retrocruza contienen solamente genes del progenitor recurrente y citoplasma del progenitor no recurrente (Chávez, 1993).

Este mismo autor señala que este tipo de androesterilidad tiene muchas ventajas en plantas ornamentales debido a que toda la descendencia de las plantas con esterilidad también es androestéril, independientemente del polinizador utilizado. Estas plantas mantienen por más tiempo las flores, permaneciendo más frescas durante más días.

Es útil para la producción de híbridos simples y dobles de cebolla, remolacha, trigo, sorgo y maíz.

2.6.3. Androesterilidad génico-citoplásmica.

Depende de la interacción entre genes y factores citoplásmicos. En este caso, la descendencia no es necesariamente androestéril, sino que puede ser androfértil dependiendo de la presencia de genes restauradores en el genotipo polinizador. Cuando la descendencia F1 resulta androfértil, la planta que se usó como polinizador posee genes que tienen la capacidad de restaurar la fertilidad en un citoplasma androestéril. De esta forma los casos de androesterilidad citoplásmica se transforman en androesterilidad génico-citoplásmica (Chávez, 1993).

Villaseñor (1996) menciona que está gobernada por efectos citoplásmicos transmitidos por la hembra y efectos genéticos ubicados en los cromosomas; la esterilidad ocurre, por tanto, 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. Cuando en el núcleo hay información para fertilidad en homocigosis y heterocigosis (MsMs y Msms respectivamente), si es dominante, se tiene el macho restaurador.

2.7. Método de retrocruza para la obtención de líneas androestériles.

El método de retrocruza ha sido adaptado para transmitir de una variedad a otra carácter (es) que depende(n) de un número bajo de factores hereditarios que pudieran provenir de un progenitor poco deseable ya sea por su calidad y/o productividad mientras que el otro progenitor (recurrente) es una variedad comercial, con las características convenientes, excepto en el que es de interés (Brauer, 1969).

Robles (1986) indicó que 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).

La forma general de obtener una población con esterilidad causada genéticamente es cruzar las líneas con una fuente de esterilidad, autofecundar la F1, y cosechando siempre plantas estériles, hacer una o dos retrocruzas hacia las líneas, mezclar retrocruzas y continuar el avance generacional por medio de la cosecha de plantas estériles (Márquez, 1985). Figura 1.

Conforme se avanza en retrocruza se va haciendo doble selección, para la fijación del carácter de interés y hacia las características del genotipo recurrente para recobrarlo.

Si bien es cierto que entre mayor sea el número de retrocruzas efectuadas es indicio de que los genes del progenitor recurrente son más "difíciles de recobrar" también es cierto que al efectuarse un número mayor de retrocruzas se logrará un alto grado de homocigosis, con la correspondiente pérdida de variabilidad y por lo tanto, la expresión de la heterosis al efectuar la cruce simple será mayor.

Angulo (1955) sugirió que para convertir una línea pura en androestéril de tipo citoplásmico Sin modificar sus demás características eran necesarios de 3 a 5 retrocruzamientos. Para Duvick (1965) 6 retrocruzas son suficientes para la recuperación del genotipo recurrente.

Es necesario además obtener sublíneas fértiles para poder obtener y conservar las androestériles en donde las primeras tienen que carecer de genes restauradores de la esterilidad masculina para que así, la línea se retrocruce con la sublínea (Angulo, 1955).

2.8. Capacidad productiva de materiales androestériles.

El potencial de rendimiento de los distintos genotipos de maíz es bajo en las variedades locales y aumenta desde las variedades de polinización libre a los híbridos no tradicionales, los dobles, los triples y finalmente los simples. Las dimensiones de la diferencia de rendimiento varían con el ambiente, las prácticas de manejo y la estructura genética del material (CIMMYT citado por López y García, 1997).

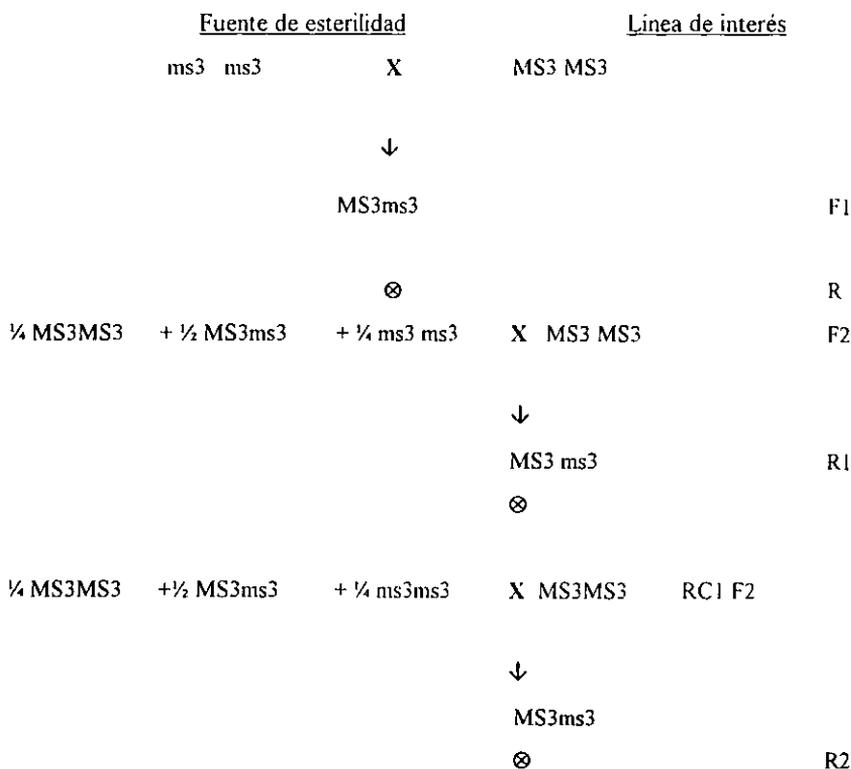


Figura 1. Esquema de retrocruza.

Márquez, (1964) mencionó que las retrocruzas (líneas estériles) son similares en todos los aspectos a sus correspondientes líneas fértiles excepto en la producción del polen y en que el citoplasma es muy pequeño. Esto coincide con lo visto en el cultivo de cebolla en donde la línea estéril es parecida morfológicamente a la línea original (Poehlman, 1987).

Evaluaciones realizadas por Jones y Mangelsdorf en 1949 (Duvick, 1956) con 4 cruza trilineales y 10 cruza dobles obtuvieron que el promedio de rendimiento fue de 102.2 bushels/acre y 102.8 bushels/acre para las cruza estériles y fértiles, respectivamente. En el mismo reporte mencionaron que en 8 híbridos comerciales y 4 híbridos experimentales cultivados en una localidad comparados con sus respectivas cruza dobles estériles se registraron 154 bushels/acre para las estériles y 145 bushels/acre para las fértiles. Los autores notaron una tendencia de las líneas estériles a la reducción en la altura del tallo, acortamiento de entrenudos, especialmente el superior y un menor

número de días a madurez con respecto a las líneas fértiles.

Rogers y Edwarson en 1948, usando el citoplasma androestéril (Texas o citoplasma T) y versiones normales en varias cruzas simples no restauradoras en experimentos establecidos en dos localidades encontraron sólo diferencias significativas en el rendimiento entre tipos estériles y fértiles en una localidad pero en otra localidad fue 2 bushels/acre más que los normales siendo significativa la diferencia. La interacción de híbridos estériles contra fértiles fue significativa en ambas localidades, indicando que el efecto de la condición citoplásmica en el rendimiento variaba con los híbridos. Estos autores mencionan que dos cruzas dobles estériles rindieron de 2 a 3 bushels/acre más que sus contrapartes. Jones et al evaluando 26 híbridos estériles encontraron que el rendimiento fue mayor que sus contrapartes bushels/acre en donde el contenido de humedad de los estériles fue el mismo que el de los fértiles.

Duvick (1956) evaluó el comportamiento de 5 cruzas dobles y 2 cruzas simples androestériles con su versión normal en 3 localidades y con 6 densidades de siembra obteniendo que el rendimiento promedio de los materiales evaluados fue el mismo tanto en la versión normal como la androestéril. Sin embargo al realizar el análisis de varianza hubo diferencias significativas en la interacción citoplasma X localidad, citoplasma X híbridos y citoplasma X densidad de siembra.

Encontró también que el rendimiento de estériles comparado con la fértil variaba de acuerdo con la localidad donde se estableció el experimento y con la densidad de siembra. Los androestériles tendieron a rendir más comparados con su contraparte cuando la densidad de siembra se incrementó (16 000 plantas/acre y 22 000 plantas/acre).

En cuanto al número de plantas estériles menciona que las condiciones ambientales, en ese caso tiempo caluroso y estrés hídrico que coincidió con la etapa de floración, tuvo un efecto para que la esterilidad se expresara en un grado mayor. Con respecto a la humedad del grano, acame y presencia del tizón foliar no se encontraron diferencias significativas entre los androestériles y los androfértiles, siendo los primeros los que presentaron menor acame.

Duvick (1965) mencionó que diversos autores como Jones et al. indicaron que no todos los

híbridos con esterilidad citoplásmica rendían más que su contraparte normal. Por su parte Evett, Josephson y Kincer; Johnston y Snyder concluyeron que el citoplasma tenía poco o ningún efecto en el rendimiento.

Márquez (1964) con base a sus investigaciones realizadas indicó que el más alto rendimiento en cruza simples estériles podría deberse a que una menor cantidad de energía se gastaba en la producción de espiga estéril que aquella requerida para producir espiga fértil.

Por otra parte, se ha comprobado que el ambiente tiene efecto en el comportamiento de una línea o cruza simple androestéril, Josephson y Jenkins citados por Pérez, (1964) observaron que el porcentaje de plantas hembra-estéril variaba tanto en diferentes campos donde eran sembrados como en un solo lugar al variar las fechas de siembra. Otro investigador afirmó que la cantidad de aborción de polen fue influenciada y en algunos casos en forma muy marcada por las condiciones ambientales.

Jones y Duvick citados por Pérez, (1964) reportaron que algunas líneas y cruza simples eran más estables que otras bajo un amplio rango de condiciones ambientales y que cuando las condiciones de humedad tanto del suelo como de la atmósfera eran bajas en el periodo de floración causaban la expresión máxima de esterilidad.

Grogan citado por Duvick (1965) reportó que desespigando maíces fértiles se daba un incremento en el rendimiento cuando el maíz creció bajo condiciones de estrés (sequía, baja fertilidad, alta densidad de siembra) Este incremento fue expresado en pocas plantas estériles y en mazorcas largas.

Quizá durante el periodo de floración las androestériles tienen una respuesta superior a deficiencias de humedad, así como al existir una alta población de plantas (Duvick, 1956).

El desespigue reduce la competencia entre la formación de mazorca y la espiga por disponibilidad de nutrientes, bajo condiciones de estrés la adición de éstos a la mazorca puede hacer posible que haya una buena formación de la misma (Duvick, 1956).

Jugenheimer, (1990) mencionó que se puede obtener un poco de semilla y de mejor calidad de plantas androestériles que de plantas desespigadas. Esto queda explicado al considerar que la energía y nutrientes que normalmente son usados para la producción de polen se desvían hacia la producción de semilla mientras que al realizar el desespigue, especialmente cuando se arranca 1, 2, 3 o hasta 4 hojas/planta, el rendimiento se reduce 8, 15, 18 y 29%, respectivamente (Dungan y Woodworth citados por Jugenheimer, 1990). Las plantas que se desespigan, sin arrancar ninguna hoja, rinden el 1% más que las no desespigadas.

Poehlman (1987) menciona que los rendimientos de las líneas con esterilidad pueden ser más altos que los obtenidos por las que poseen fertilidad normal y son desespigadas ya que el proceso de desespigue causa con frecuencia daño a las plantas reduciendo por lo tanto su producción considerando además que la energía que normalmente se consume en la formación del polen puede derivarse hacia la producción de la semilla.

En cuanto a la altura de planta algunos estudios han mostrado que los híbridos androestériles son más pequeños que los normales, habiendo un acortamiento del internudo por debajo de la espiga.

Duvick (1965) afirmó que híbridos no restauradores de la fertilidad eran más pequeños que los restauradores de la misma especialmente en altura de planta y que la esterilidad del polen hacía que fuera igualmente más pequeña. Indicó que se debería tener cuidado en la distinción entre los efectos del citoplasma, per se, y de los efectos secundarios del citoplasma, por ejemplo, el efecto de la esterilidad del polen estaba en sí mismo causado por el citoplasma.

2.9. Costos de producción de semilla.

A diferencia de la producción convencional de híbridos comerciales, en la producción de semilla se consideran dos gastos importantes: compra de progenitores y contratación de jornales para realizar la labor de desespigue.

En los países en desarrollo como México, se estima que los costos de la semilla progenitora y de despanojar representan el 11% del costo de producción de la semilla de las variedades de

polinización libre y el 20% de los híbridos dobles mientras que en E.U.A. esos 2 costos representan el 39% del costo de producción de los híbridos simples (CIMMYT citado por López y García, 1997).

El INIFAP vende la semilla básica de variedades de polinización libre a cinco veces el precio que tiene la semilla comercial mientras que la de los híbridos su precio es siete veces mayor que el presentado por la semilla comercial.

El costo de la semilla progenitora, en este caso, androestéril variará tanto por los costos de investigación y desarrollo que implica la generación de la semilla progenitora como por los costos de producirla, pero tendrá que ser muy similar al presentado por la versión fértil de tal manera que sea una alternativa para los productores de semilla.

López (1997) menciona que para que un híbrido resulte atractivo para la producción de semilla, en términos económicos, el rendimiento de ésta o del progenitor tiene que ser por lo menos lo suficientemente alto para cubrir los costos del desarrollo, la producción, el procesamiento y la promoción, y en general algunas utilidades de la inversión.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización y condiciones ambientales.

El experimento fue establecido en terrenos de la Productora Nacional de Semillas (PRONASE) en la localidad denominada "El Llano", municipio de Tula de Allende, perteneciente al estado de Hidalgo ubicado a 20°15' de latitud norte y 99°11' de longitud oeste. El lugar se encuentra a 2000 msnm. De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (1983), se trata de un clima $BS1 Kw''(w)(i')g$ que corresponde a un clima semiseco con lluvias en verano, cuya precipitación promedio es de 462.1 mm siendo el mes de septiembre el más lluvioso, la temperatura promedio oscila entre los 16-20°C y la mínima es de 14°C.

Cuenta con suelos profundos y fértiles de tipo vertisol, de textura media.

3.2. Material genético.

Se utilizaron seis cruces simples, cada una en la versión fértil y androestéril; tres de ellas se obtuvieron empleando la línea hembra en su nivel de retrocruza 4, dos en el nivel de segunda retrocruza y una, en el nivel de tercera retrocruza.

La versión fértil de cada una de las cruces fue obtenida por el Centro de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y la versión androestéril por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

3.3. Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con 3 repeticiones.

Tanto la parcela experimental como la parcela útil fue igual a 2 surcos de 5 metros cada una.

Cuadro 1. Material genético de cruzas simples de maíz utilizado en el ciclo primavera-verano 1999-2000 sembrado en "El Llano", municipio de Tula, Hgo.

Genotipo fértil	Genotipo androesteril
CML244 x CML349	CML244 (RC3) X CML349
CML241 X CML239	CML241 (RC2) X CML239
CML242 X CML239	CML242 (RC4) X CML239
CML242 X CML239	CML242 (RC4) X CML239
CML242 X CML349	CML242 (RC4) X CML349
CML242 X CML246	CML242 (RC4) X CML246

RC2, RC3 y RC4: niveles de retrocruza, 2, 3 y 4 respectivamente.

3.4 Análisis estadístico.

Se realizó un análisis de varianza en forma factorial, efectuándose una comparación de medias por el método de Tukey, al 0.05 de significancia para cada una de las variables evaluadas.

3.5. Manejo agronómico.

Siembra. Se efectuó el 22 de junio de 1999 en las parcelas del Campo Experimental PRONASE.

Riego. Se efectuó al día siguiente de haber realizado la siembra.

1er. riego de auxilio. 23 días después de emergencia.

2o. riego de auxilio. 121 días después de la siembra.

Labores culturales:

1a. escarda. Se realizó 40 días después de la siembra.

Aplicación de herbicida. Los productos utilizados fueron Hierbamina y Primagrán a una dosis de 1 l/ha en cada caso.

2ª. aplicación de herbicida. Se utilizó Gesaprim autosuspensible a una dosis de 1 l/ha.

Fertilización. Se realizó el mismo día de la escarda siendo la fórmula 60-40-40. Las fuentes utilizadas fueron urea, superfosfato de calcio triple y cloruro de potasio.

Cosecha. Se realizó el 9 de enero de 2000.

3.6. Variables evaluadas.

Se tomaron datos de las siguientes variables:

3.6.1. Días a floración masculina. Se contaron los días transcurridos desde la siembra hasta cuando la totalidad de la parcela llegó al 100% de floración masculina, sólo para los genotipos fértiles.

3.6.2. Días a floración femenina. Se contaron los días transcurridos desde la siembra hasta cuando todas las plantas presentaban estigmas.

3.6.3. Altura de planta y mazorca. Para el primer parámetro se midió desde la base hasta el punto donde la espiga empieza a dividirse; para el segundo, se midió desde la base de la planta hasta el nudo donde se inserta la mazorca más alta.

3.6.4. Sanidad de planta. Se cuantificó la susceptibilidad de la planta a la presencia de plagas o enfermedades.

3.6.5. Calificación de mazorca. Se hizo con base a una escala de valores de 1 a 10, en donde 10 representa las mejores características de mazorca.

3.6.6. Porcentaje de mazorcas buenas y malas. Se contaron todas las mazorcas producidas por parcela y luego se sacó el porcentaje correspondiente a cada parámetro.

3.6.7. Longitud de mazorca. Se tomó una muestra de 5 mazorcas y se midió la longitud, después se calculó el promedio.

3.6.8. Número de granos por hilera. A las mismas mazorcas a las que se les tomó la longitud se les contó el número de granos por hilera.

3.6.9. Número de hileras por mazorca. De la misma muestra, se contó el número de hileras por mazorca, por la parte media.

3.6.10. Diámetro de mazorca y olote. Con la ayuda de un vernier se midió, por la parte central, el diámetro de mazorca y olote.

3.6.11. Porcentaje de grano. Es resultado de la relación que existe entre el peso del grano y en peso total de la muestra.

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

3.6.12. Peso volumétrico. El grano de cada parcela se vació en un recipiente de 125 ml, se rasó con una regla, se pesó y se multiplicó por 8 para obtener la relación a 1 litro.

3.6.13. Porcentaje de semilla grande, mediana y pequeña. Haciendo uso de zarandas de los números 6, 7 y 8 se procedió a cuantificar el porcentaje de cada uno de los tamaños de semilla.

3.6.14. Rendimiento. Se calculó con base a la siguiente fórmula.

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

en donde:

P.C. peso de campo de la totalidad de las mazorcas cosechadas por parcela expresado en kilogramos.

%M.S. Porcentaje de materia seca de la muestra del grano de 5 mazorcas recién cosechadas.

%G. Porcentaje de grano, producto de la relación grano-olote.

F.C. Factor de conversión para obtener rendimiento por hectárea. Se obtiene de dividir 10 000 m²/tamaño de la parcela útil en m².

8 600. Constante para estimar el rendimiento con humedad comercial (14%)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En el Cuadro 2, correspondiente a los cuadrados medios de las variables evaluadas, se observa que para el factor genotipo las variables que no presentaron significancia estadística fueron: rendimiento, altura de mazorca, floración femenina, N°. de granos/hilera y diámetro de mazorca; para el factor versión, la diferencia estadística no fue significativa para las variables: rendimiento, altura de mazorca, floración femenina, calificación de mazorca, hileras/mazorca, diámetro de mazorca, porcentaje de grano, peso de 200 granos y sanidad de planta.

En la interacción genotipo X versión, el rendimiento, altura de mazorca, floración femenina, longitud de mazorca, N°. de hileras/mazorca, diámetro de mazorca, porcentaje de semilla grande y sanidad de planta tampoco hubo significancia estadística pero las variables porcentaje de mazorcas buenas y malas sí registraron alta significancia estadística al 0.01 de probabilidad de error.

Entre repeticiones sólo hubo diferencias significativas (0.05) y altamente significativas (0.01) para las variables floración femenina y diámetro de olote.

La media del rendimiento fue de 5395 kg/ha y el C.V. más alto es de 29.6 para la variable sanidad de planta y el menor fue de 1.6 para el porcentaje de grano (Cuadro 2).

En el Cuadro 3 se muestra la comparación de medias para las variables rendimiento, floración femenina, altura de planta y de mazorca de las seis cruza simples, independientemente del carácter de fertilidad o esterilidad; detectándose sólo diferencias numéricas, el genotipo CML244 x CML349 presentó el mayor valor el cual fue 5963 kg/ha mientras que el menor fue el registrado por el genotipo CML242 x CML246 con 4354 kg/ha.

Con respecto a la floración femenina, el genotipo más tardío fue el CML242 x CML246 con 83 días y el más precoz el CML242 x CML239 con 79 días. Para altura de planta fue el CML244 x CML349 el que registró más alto valor (210 cm) y el menor el CML242 x CML239 con 185 cm quien registró también la menor altura de mazorca (95 cm) siendo el CML 242 x CML246 el que obtuvo el más alto valor para esta variable (110 cm).

Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables evaluadas para la interacción Genotipo x Versión (androestéril /fértil) en cruzas simples de maíz en el ciclo P/V 1999-00.

Variables	Genotipo	Versión	G x V	Repeticiones	Media	C. V
Rendimiento	1809163.3 ns	325166.0 ns	246004.8 ns	1840804.5 ns	5395	19.5
Altura planta	402.6 *	1600.0 **	377.7 *	48 ns	198	6.1
Altura mazorca	188.2 ns	100.0 ns	165.0 ns	167 ns	103	10.1
Floración femenina	13.6 ns	53.7 ns	68.7 ns	163.4 *	80	8.1
%mazorcas buenas	6056.2**	427.1*	4829.2 **	260 ns	69.27	16.54
%mazorcas malas	6042.4 **	393.3 *	4783.8 **	228.3 ns	30.86	36.04
Calificación mazorca	11.1 **	2.7 ns	7.4 **	0.194 ns	6.7	18.4
Longitud mazorca	1.2 *	11.5 **	0.78 ns	0.24 ns	13	5.9
Nº granos/hilera	4.0 ns	37.2 **	8.1 *	0.65 ns	29	1.8
Hileras/mazorca	2.6 **	0.53 ns	1.0 ns	0.49 ns	14	5.0
Diámetro de mazorca	0.05 ns	0.09 ns	0.14 ns	0.03 ns	4	6.6
Diámetro de olote	0.01 *	0.01 *	0.01 *	0.03 *	2.5	2.6
	34.4 **	5.4 ns	13.6 **	2.7 ns	81.7	1.6
Porcentaje grano						
Peso 200 granos	93.7 **	8.1 ns	27.9 *	3.2 ns	39.4	8.8
Peso volumétrico	16.9 **	18.0 *	18.3 **	7.1 ns	66.3	2.8
% Semilla grande	1428.9 **	1217.4 **	74.8 ns	25.3 ns	29.4	27.1
%Semilla mediana	455.1 **	282.0 **	65.1 *	64.7 ns	49.0	10.3
%Semilla pequeña	291.4 **	372.2 **	93.5 *	26.4 ns	21.6	24.7
Sanidad planta	1.8 **	0.44 ns	0.64 ns	0.27 ns	2.0	29.6

*, *:Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de 0.05 y 0.01 respectivamente.

ns: no significativo.

Cuadro 3. Comparación de medias de seis cruzas simples de maíz (versiones androestéril y fértil) para las variables rendimiento, altura de planta y de mazorca y floración femenina.

Genotipo	Rendimiento kg/ha	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Floración femenina
CML244 x CML349	5963 a	210 a	109 a	81 a
CML241 x CML239	5434 a	80 ab	100 a	80 a
CML242 x CML239	5553 a	199 ab	104 a	79 a
CML242 x CML239	5397 a	185 b	95 a	79 a
CML242 x CML349	5667 a	202 ab	104 a	82 a
CML242 x CML246	4354 a	196 ab	110 a	83 a

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

Con respecto a la sanidad de planta se tuvo que el material más sano fue el CML242 x CML246, sin embargo registró el menor valor de mazorcas buenas así como la menor calificación de mazorca (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de medias de seis cruzas simples de maíz (versiones androestéril y fértil) para sanidad de planta, porcentaje de mazorcas buenas y malas y calificación de mazorca.

Genotipo	Sanidad de planta	%mazorcas		Calificación de mazorca
		buenas	malas	
CML244 x CML349	1.8 b	72 a	27 b	7.6 a
CML241 x CML239	3.0 a	76 a	24 b	7.1 a
CML242 x CML239	2.3 ab	85 a	15 b	7.8 a
CML242 x CML239	2.0 ab	72 a	29 b	7.3 a
CML242 x CML349	2.1 ab	67 a	33 b	6.5 a
CML242 x CML246	1.3 b	43 b	57 a	4.1 b

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

En el Cuadro 5 se muestra las características de mazorca siendo el CML244 x CML349 superior con respecto a los demás genotipos en las variables: número de granos/hilera (30), diámetro de mazorca (4.2 cm), porcentaje de grano (84.5%) y peso de 200 granos (46.1g) Cuadro 6.

El porcentaje de semilla comercial (semilla grande y semilla mediana) es también mayor en este material (91%), el menor es para el CML242 x CML246 (70.8%) Cuadro 6.

Cuadro 5. Comparación de medias de seis cruzas simples de maíz (versiones androestéril y fértil) para longitud de mazorca, N°. de granos/hilera, N°. de hileras/mazorca y diámetro de mazorca y olote.

Genotipo	Longitud de mazorca	N°. granos/hilera	N°. hileras/mazorca	Diámetro de mazorca	Diámetro de olote
CML244 x CML349	13 a	30 a	15 ab	4.2 a	2.5 ab
CML241 x CML239	13 a	30 a	14 ab	4 a	2.5 ab
CML242 x CML239	12 a	29 a	13 b	4 a	2.4 ab
CML242 x CML239	13 a	29 a	13 b	4 a	2.5 a
CML242 x CML349	12 a	28 a	14 ab	4 a	2.4 b
CML242 x CML246	12 a	28 a	15 a	4 a	2.4 ab

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

Cuadro 6. Comparación de medias de seis cruzas simples de maíz (versiones androestéril y fértil) para porcentaje de grano, peso de 200 granos, peso volumétrico y porcentaje de semilla grande, mediana y pequeña.

Genotipo	% grano	Peso 200 granos	Peso volumétrico	%Semilla grande	%Semilla mediana	%Semilla pequeña
CML244 x CML349	84.5 a	46.1 a	65.7 ab	59.0 a	32.0 b	8.8 c
CML241 x CML239	80.6 bc	37.0 b	67.8 a	24.4 bc	51.3 a	24.1 ab
CML242 x CML239	79.5 c	36.2 b	67.6 ab	18.8 bc	56.6 a	24.5 ab
CML242 x CML239	79.8 c	37.3 b	68.0 a	25.5 bc	50.5 a	23.8 ab
CML242 x CML349	83.9 a	42.4 ab	64.6 ab	31.8 b	50.1 a	19.2 b
CML242 x CML246	82.8 ab	37.7 b	64.2 b	17.0 c	53.8 a	19.0 a

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

Considerando únicamente el comportamiento de la versión androestéril y fértil en cada variable se obtuvo lo siguiente:

Para la variable rendimiento la versión androestéril superó por 4% a la versión normal teniendo 5490 kg/ha y 5300 kg/ha respectivamente; a pesar de ser bajo el porcentaje, en términos económicos sí es significativo. También fue superado su comportamiento con respecto a la fértil en las variables altura de planta (191 cm), longitud de mazorca (13 cm), número de granos/hilera (30), diámetro de mazorca (4.1cm), diámetro de olote (2.5 cm), peso de 200 granos (40 gramos) y porcentaje de semilla comercial (81.4%).

Características importantes, de interés agronómico, que superó la versión fértil fueron porcentaje de mazorcas buenas (72 %), calificación de mazorca (7) y porcentaje de grano (82.1%). Cuadro 7.

En la evaluación de cruzas simples androestériles para la producción de híbridos se debe considerar no sólo el rendimiento sino también características agronómicas tales como la altura de planta, porcentaje de semilla comercial y la tolerancia al ataque de enfermedades.

En teoría, el número de retrocruzas realizadas está en función de la necesidad que haya en recobrar los genes del padre recurrente por un lado, y del grado de homocigosis al que se desee llegar, por otro, para que así, al momento de efectuar la crusa simple se dé la máxima expresión de heterosis sin embargo, el genotipo CML242(RC2) x CML239 y el CML241(RC2) x CML239 teniendo 2 retrocruzas tuvieron mayor rendimiento de grano y mayor número de mazorcas buenas que los presentados por los genotipos con cuatro retrocruzas lo cual puede indicar que el otro progenitor utilizado tiene un alto potencial productivo Sin embargo, cabe hacer notar que el segundo genotipo presenta todavía hasta un 70% de plantas androfértiles lo cual indica que la mayor parte del germoplasma localizado en sus cromosomas no ha sustituido ya a los factores hereditarios del núcleo teniendo como consecuencia un nivel de endogamia muy bajo que genera la segregación de tal carácter todavía, es decir, no ser estable en su comportamiento el híbrido formado con respecto a esterilidad masculina.

En el Cuadro 8 se observa la capacidad productiva de todas las cruzas evaluadas, es decir, el comportamiento de cada una de éstas en rendimiento, no se presentaron diferencias estadísticas pero numéricamente el genotipo CML244 x CML349, fértil superó con 435 kg a su versión androestéril

(7.3% más) esto se explica porque se trata de un material más tardío lo que le permitió un mayor periodo de acumulación de fotosintatos. Le sigue el material androestéril CML242 (RC4) x CML349 con 5963 kg y posteriormente el CML242 (RC2) x CML239 con 5813 kg.

Cuadro 7. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables evaluadas en 6 cruza simples androestériles de maíz en comparación con su versión fértil.

Variables	Androestéril	Fértil	DHS
Rendimiento	5 490 a	5300 a	727
Altura de planta	191 a	205 b	8
Altura de mazorca	102 a	105 a	7
Floración femenina	79 a	82 a	4.5
%mazorcas buenas	66 a	72 a	7.9
%mazorcas malas	34 a	27.5 a	8.1
Calificación de mazorca	6.5 a	7.0 a	0.86
Longitud mazorca	13 a	12 b	0.51
Nº. granos/hilera	30 a	28.4 b	1.30
Hileras/mazorca	14 a	14 a	0.49
Diámetro de mazorca	4.1 a	4 a	0.18
Diámetro de olote	2.5 a	2.4 a	0.04
Porcentaje grano	81.3 a	82.1 a	0.94
Peso 200 granos	40 a	39 a	2.4
Peso volumétrico	66 b	67 a	1.3
% Grano grande	35.2 a	23.6 b	5.53
% Grano mediano	46.2 b	51.8 a	3.5
%Grano pequeño	18.3 b	24.8 a	3.7

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

Las versiones androestériles, en términos generales, presentaron más alto rendimiento con relación a su contraparte fértil a excepción del CML242(RC4) x CML246 y CML244 (RC3) x CML349 que rindieron 162 kg/ha y 435 kg/ha menos que la normal siendo el primero el que registró el menor rendimiento de todos los materiales evaluados (4273 kg/ha).

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

De acuerdo con Márquez (1964), esto se debe a que existe un menor gasto de energía para producir panícula estéril que el requerido para una panícula fértil habiendo un traslado de fotosintatos hacia la mazorca.

Por otro lado, los materiales con dos niveles de retrocruza registraron mayor rendimiento que el registrado por los que tuvieron cuatro niveles como el CML242 (RC4) x CML239 y CML242 (RC4) x CML246.

Con base a la fecha de floración masculina y femenina, en las versiones fértiles se tiene que los genotipos CML242 x CML349 y CML244 x CML49 son los más tardíos ya que presentaron 86 y 87 días y 85 y 86 días respectivamente. En la variable floración femenina para la versión androestéril sólo los genotipos CML242(RC4) x CML246 con 86 días y el CML241(RC2) x CML239 con 80 días son los más tardíos, ya que los otros presentan más precocidad que la versión fértil (Cuadro 8).

Además se observa como la altura de planta es mayor en los genotipos androfértiles que en los androestériles, esto coincide con lo reportado por Duvick (1965) que indica que esta característica evita en gran medida el acame de la planta y que en el presente trabajo no se registró ninguna planta acamada. Así se tiene que el genotipo CML244 x CML349, versión fértil es 31 cm más alto que la versión con esterilidad masculina. La menor diferencia la presenta el genotipo CML242 x CML239 que es 12 cm más alto con respecto a su versión androestéril. Sólo el CML242(RC4) x CML349, androestéril, su altura es superior a su contraparte por 15 cm lo que podría explicarse como característica genotípica propia del material.

Para altura de mazorca el comportamiento es casi similar ya que el genotipo androestéril CML242 (RC2) x CML239 y el CML242 (RC4) x CML349 aunque no es significativa la diferencia para el primero es mayor por 2 cm mientras que para el segundo es mayor por 14 cm con respecto a su versión androfértil. Esta característica favorece la cosecha manual (Cuadro 8).

Para la variable sanidad de planta, en la versión androestéril, tanto el CML242 (RC4) x CML246 como el CML242 (RC4) x CML239 presentaron la más alta calificación (1). Cuadro 9.

Cuadro 8. Resultados para las variables de rendimiento, floración femenina y altura de planta y de mazorca en la evaluación de seis cruza simples de maíz en versión androestéril y fértil. Tukey ($p= 0.05$).

Genotipo	Versión	Rendimiento	Floración femenina	Altura de planta	Altura de mazorca
CML244 (RC3) x CML349	AE	5746	76	194	101
CML244 x CML349	F	6181	86	225	117
CML241 (RC2) x CML239	AE	5611	79	182	95
CML241 x CML239	F	5257	80	209	105
CML242 (RC2) x CML239	AE	5813	80	193	105
CML242 x CML239	F	5295	78	205	103
CML242 (RC4) x CML239	AE	5533	78	179	93
CML242 x CML239	F	5260	80	191	96
CML242 (RC4) x CML349	AE	5963	76	209	111
CML242 x CML349	F	5370	87	194	97
CML242 (RC4) x CML246	AE	4273	86	189	105
CML242 x CML246	F	4435	80	203	114

AE y F: Androestéril y fértil respectivamente.

El porcentaje de mazorcas buenas y malas, desde el punto de vista agronómico es de gran importancia ya que se reflejará sobre la cantidad y calidad de grano.

En términos generales, las versiones androestériles presentaron más del 75% de mazorcas buenas del total de las mazorcas cosechadas a excepción del CML242 (RC4) x CML246 y el CML242 (RC4) x CML 239 que únicamente tuvieron el 15% y el 69 % del total de mazorcas producidas siendo superados por la versión fértil en un 78% y 8 % respectivamente (Cuadro 9).

El mayor porcentaje de mazorcas buenas lo presentó el genotipo CML242 (RC2) x CML239 (82 %) pero es superado por la versión fértil en un 7%; el genotipo CML244(RC3) x CML349 presentó uno de los más altos porcentajes en esta característica (76 %) superando a su contraparte en un 11%.

El mayor porcentaje de mazorcas malas lo presentó el genotipo CML242 (RC4) x CML246 con 85 % seguido por el CML242 (RC4) x CML239 con 30 % (Cuadro 9).

La versión fértil que presentó mayor porcentaje de mazorcas buenas (88 %) fue el CML242 x CML239, correspondiente a la versión androestéril con 2 niveles de retrocruza. La que presentó el menor número de mazorcas buenas fue el CML242 x CML349, siendo sólo el 59 % del total de las mazorcas cosechadas.

Aunada a la anterior variable se encuentra la calificación de la mazorca, el genotipo CML244 (RC3) x CML349 siendo 8.0 y el menor para el CML242 (RC4) x CML246 que fue 1. Los demás genotipos androestériles tuvieron una calificación entre 7 y 8. Para las versiones fértiles, el más alto valor fue para el CML242 x CML239 con 8 y el menor para el CML242 x CML349 con 6 (Cuadro 9).

Cuadro 9. Resultados para las variables de sanidad de planta, porcentaje de mazorcas buenas y malas y calificación de mazorca en la evaluación de seis cruza simples de maíz en versión androestéril y fértil. Tukey ($p= 0.05$).

Genotipo	Versión	Sanidad de planta	% de mazorcas buenas	% de mazorcas malas	Calificación de mazorca
CML244 (RC3) x CML349	AE	2	76	24	8
CML244 x CML349	F	1	68	30	7
CML241 (RC2) x CML239	AE	2	78	22	7
CML241 x CML239	F	3	74	25	7
CML242 (RC2) x CML239	AE	2	82	17	7
CML242 x CML239	F	2	88	12	8
CML242 (RC4) x CML239	AE	1	69	30	7
CML242 x CML239	F	2	75	28	7
CML242 (RC4) x CML349	AE	2	74	25	7
CML242 x CML349	F	2	59	40	6
CML242 (RC4) x CML246	AE	1	15	85	1
CML242 x CML246	F	1	71	29	6

AE y F: androestéril y fértil respectivamente.

La expresión del rendimiento está en función del comportamiento de diversos componentes morfológicos tales como: peso volumétrico, peso de 200 granos, porcentaje de grano, porcentaje de semilla grande, mediana y pequeña los cuales también se consideran como auxiliares para definir la calidad física de la semilla. En el Cuadro 10 se muestran tales características.

En peso volumétrico, sólo el genotipo fértil CML242 x CML246 presenta diferencia estadística superando con 8 g al androestéril. El CML244 x CML349 sólo supera a su versión androestéril por 2 g (Cuadro 10).

Para el peso de 200 granos el CML244 (RC3) x CML349 obtuvo el valor más alto con respecto a los demás androestériles y a su versión normal (46.5 g), esta variable está relacionada positivamente con el rendimiento obtenido por este material. El menor valor fue para el CML242 (RC4) x CML246 con 35 g mientras que su contraparte obtuvo 41 g. Esto indica que se trata de un grano cuya densidad es muy baja por lo tanto su rendimiento es menor (Cuadro 10).

La relación grano-olote genera la variable porcentaje de grano, lo cual indica la eficiencia del genotipo para la transformación de fotosintatos en producto de interés económico: el grano. La versión fértil CML242 x CML246 registró el más alto porcentaje (86 %) seguido del androestéril CML242 (RC4) x CML349 con 84.3%. El menor fue para el CML242 x CML 239 con 78% (Cuadro 10).

La longitud de mazorca fue mayor en los materiales androestériles, sobresaliendo el CML242(RC4) x CML239 con 14 cm siguiéndole el CML244 (RC3) x CML349 con 13 cm; la menor longitud la presentó el CML242 (RC4) x CML246 con 12 cm (Cuadro 11). Las versiones fértiles presentan valores de 11 cm (CML242 x CML246) y 12 cm para CML244 x CML349 y CML242 x CML239.

En el número de granos por hilera no hubo diferencias significativas entre genotipos sin embargo, los androestériles, a excepción del CML242(RC4) x CML246 presentaron mayor número en comparación a los fértiles. El mayor valor fue para el CML242 (RC4) x CML239 con 32 granos/hilera y el menor para el CML242 (RC4) x CML246 con 27 granos/hilera (Cuadro 11).

Cuadro 10. Resultados para las variables de peso volumétrico, peso de 200 granos y porcentaje de grano en la evaluación de seis cruza simples de maíz en versión androestéril y fértil. Tukey ($p=0.05$).

Genotipo	Versión	Peso volumétrico	Peso 200 granos	Porcentaje Grano
CML244 (RC3) x CML349	AE	65	46.5	84
CML244 x CML349	F	67	46	85
CML241 (RC2) x CML239	AE	68	37	81
CML241 x CML239	F	67	37	80
CML242 (RC2) x CML239	AE	67	36	79
CML242 x CML239	F	68	36	80
CML242 (RC4) x CML239	AE	68	40	79
CML242 x CML239	F	67	35	78
CML242 (RC4) x CML349	AE	65	45	85
CML242 x CML349	F	64	40	83
CML242 (RC4) x CML246	AE	60	35	79
CML242 x CML246	F	68	41	86

AE y F: Androestéril y fértil respectivamente.

En lo que respecta al número de hileras/mazorca el genotipo con mayor número fue el CML242 x CML246 con 16, siguiéndole el CML244 (RC3) x CML349 y el CML242 (RC4) x CML349 con 15, el menor lo registró el CML242 (RC2) x CML239 con 13 (Cuadro 11).

En la variable diámetro de mazorca no hubo diferencias significativas, el valor más alto fue de los genotipos CML244(RC3) x CML349 cuyo valor fue 4.4cm y el CML242 x CML246 con 4.4 cm (Cuadro 11).

Para el diámetro de olote hubo diferencias altamente significativas siendo el CML242 (RC4) x CML239 con cm el mayor y el CML242 x CML246 con 2.3 cm el menor.

Cuadro 11. Resultados para las variables de longitud de mazorca, No. de granos/hilera, No. de hileras/mazorca y diámetro de mazorca y olote en la evaluación de seis cruzas simples de maíz en versión androestéril y fértil. Tukey ($p= 0.05$).

Genotipo	Versión	Longitud mazorca	Nº.Granos/hilera	Hileras/mazorca	Diámetro mazorca	Diámetro de olote
CML244(RC3) x ML349	AE	13	31	15	4.4	2.5
CML244 x CML349	F	12	29	14	4.0	2.5
CML241(RC2)x CML239	AE	13	31	14	4.0	2.4
CML241 x CML239	F	12	29	14	4.0	2.5
CML242(RC2)x CML239	AE	13	31	13	4.0	2.4
CML242 x CML239	F	12	28	14	4.0	2.4
CML242(RC4)x CML239	AE	14	32	14	4.0	2.6
CML242 x CML239	F	11	27	13	4.0	2.5
CML242 (RC4) x CML349	AE	13	30	15	4.0	2.4
CML242 x CML349	F	11	27	15	4.0	2.4
CML242(RC4)x CML246	AE	12	27	14	4.0	2.5
CML242 x CML246	F	11	29	16	4.4	2.3

AE y F: Androestéril y fértil respectivamente.

Por último, en el cuadro 12 se muestra los valores de porcentaje de semilla grande, mediana y pequeña de cada uno de los genotipos. Se observa que las cruzas simples con mayor cantidad de semilla comercial (semilla grande más semilla mediana) fueron los tratamientos con el carácter de androesterilidad, esto indica relación favorable con el tamaño favorable para su venta. El tamaño de semilla se le relaciona con la aptitud que podría presentarse desde la germinación, la emergencia, el desarrollo de la plántula, el vigor y en ocasiones esta ventaja de vigor podría persistir hasta la madurez. de los materiales evaluados es el CML244 (RC3) x CML349 el que presentó el más alto porcentaje de semilla comercial teniendo 62 % de semilla grande y 31 % de semilla de tamaño medio. Le siguió su contraparte fértil con 56 % y 33 % respectivamente. La versión que presentó menor porcentaje de semilla comercial fue el CML242 x CML246 con 62%.

Cuadro 12. Resultados para las variables de porcentaje de semilla grande, mediana y pequeña en la evaluación de seis cruzas simples de maíz en versión androestéril y fértil. Tukey ($p= 0.05$).

Genotipo	Versión	% Semilla grande	% Semilla mediana	% Semilla pequeña
CML244 (RC3) x CML349	AE	62	31	7
CML244 x CML349	F	56	33	11
CML241 (RC2) x CML239	AE	27	49	24
CML241 x CML239	F	22	54	24
CML242 (RC2) x CML239	AE	22	54	24
CML242 x CML239	F	16	59	25
CML242 (RC4) x CML239	AE	37	45	17
CML242 x CML239	F	14	56	30
CML242 (RC4) x CML349	AE	38	43	19
CML242 x CML349	F	25	58	20
CML242 (RC4) x CML246	AE	25	56	19
CML242 x CML246	F	10	52	39

AE y F: Androestéril y fértil respectivamente.

V. CONCLUSIONES

1. Las versiones fértiles y androestériles de cruza simples de maiz manejadas en este trabajo mostraron estadísticamente similar capacidad de producción de semilla.
2. En todos los casos las cruza simples androestériles presentaron mayor porcentaje de semilla grande con relación a las versiones fértiles.
3. Dentro de los materiales evaluados, el CML244 (RC3) x CML349 presentó características favorables de interés económico: rendimiento, porcentaje de semilla comercial, sanidad de planta y mazorca.
4. El rendimiento, características agronómicas y calidad de semilla obtenidos por los materiales androestériles son superiores a los presentados por la versión fértil por lo tanto, se recomienda su uso para la obtención de híbridos comerciales.

PERSPECTIVAS

Dada la importancia de la esterilidad masculina en el proceso de producción de híbridos de maíz el siguiente paso es la realización de pruebas de estabilidad, es decir, se evaluarán los materiales con mayor potencial productivo en diferentes ambientes y durante varios ciclos agrícolas para conocer su comportamiento en espacio y tiempo.

Por otro lado se tendrá que identificar otras fuentes de esterilidad citoplásmica masculina para incrementar la diversidad citoplásmica y evitar la vulnerabilidad genética.

VI. LITERATURA CONSULTADA.

1. Angulo B., M.; E. Sánchez M. 1955. Maíz. En: Fitogenética. Mejora de plantas. Salvat Editores S.A. Barcelona, España. pp. 289-91.
2. Badillo, E.; J.A., A.D.; M., L.F.; G., M. P.; H., Z.A. 1980. Estructura, funcionamiento y perspectivas del sistema de investigación y comercialización de semillas mejoradas en México, Vol. V. C.P. Chapingo, México.
3. Beck, D. 1999. Manejo de campos de producción de semilla de maíz. En: Manual para producción de semilla de maíz. Curso técnico mayo-junio 1999. El Batán, México. CIMMYT, Int, 1-44.
4. Benitez P., E. 1999. La industria semillera en México. En Suplemento de la Revista Claridades Agropecuarias. Sept. No. 73. pp. 17-24.
5. Brauer, 1969. Fitogenética aplicada. Limusa. México. 518 pp.
6. CIMMYT, 1987. CIMMYT World Maize Facts and Trends: The Economics of Commercial Maize Seed production in Developing Countries. México. D.F.: CIMMYT.
7. Curtis, D.L. 1983. Algunos aspectos de la producción de semilla de *Zea mays* L. (maíz) en E.U.A. En: Producción moderna de semilla. Tomo II. (Trad. Federico Stanham) Ed. Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L. Uruguay. pp. 467-479.
8. Chávez A., J.L. 1993. Mejoramiento de plantas. 2ª. ed. Trillas. México. P 79-102.
9. Duvick, D. N. 1956. Yields and other agronomic characteristics of cytoplasmically pollen sterile corn hybrids, compared to their normal counterparts. In: Agronomy Journal 50:121-125.

10. Duvick, D.N. 1965. Cytoplasmic pollen sterility in corn. In: *Advances in Genetics* 13: 1-56.
11. Edwarson, J.R. Cytoplasmic male sterility In: *The Botanical Review*. Institute of Food and Agricultural Sciences. Agronomy Department, Plant Virus Laboratory. University of Florida, Gainesville, Florida 32601. 348-401.
12. Espinosa C., A.; M. Tadeo R.; A. Piña del V.; R. Martínez, M. 1997. Capacidad productiva de cruza de variedades de maíz de polinización libre combinadas con híbridos simples de maíz. En: *Agronomía mesoamericana*. Vol. 8 Costa Rica pp. 139-142.
13. Espinosa C., A. y M. Tadeo. 1998. Evaluación de desespigue mecánico en híbridos dobles de maíz en los valles altos de México. En: *Agronomía Mesoamericana* 9 (1):90-92.
14. Espinosa C., A.; T.N., A. y A.S., R. 1999. Variedades y producción de semilla en México. En: *Ciencia y Desarrollo*. Nov. – Dic. 1999. Vol. XXV. No. 149. México. p. 62-67.
15. Fregoso G., J. 1995. Obtención de líneas A, B y R de sorgo tolerantes a frío para la mesa central de México. Tesis de Licenciatura. UACH. Chapingo, México.
16. Feistritzer, W.P. Bradley R. y Ogada, F. 1983. Producción y recolección de semillas En: *Colección FAO. Tecnología de semillas de cereales*. FAO. Italia. P 63.
17. Garcia, E. 1983. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República MEXICANA. UNAM. México.
18. Jugenheimer, R.W. 1959. Obtención de maíz híbrido y producción de semilla. FAO. ROMA.
19. Jugenheimer, R.W. 1990. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semilla. Noriega Limusa México.

20. López-P, M. y G., J.C. 1997. Las industrias de la semilla en Brasil y México: Desempeño anterior, problemas actuales y perspectivas para el futuro. Documento de trabajo de Economía del CIMMYT 97-02.
21. Márquez S., F. 1964. Effect cytoplasmic male sterility and pollen restorer genes on performance among different genotypes of hybrid corn. Tesis de Licenciatura. Universidad de Iowa.
22. Márquez S., F. 1985. Genotecnia vegetal. Métodos, teoría y resultados. Tomo I. AGT. Editor S.A. México. pp. 207-209.
23. Pérez A., R. 1964. Restauración de la fertilidad por maíces mexicanos en la fuente (T) de esterilidad citoplásmica. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
24. Pérez G., M. 1991. Apuntes de genotecnia de hortalizas. Tesis de Licenciatura. Chapingo, México. UACH.
25. Poehlman, J.M. 1987. Mejoramiento genético de las cosechas. Limusa. México. 453 pp.
26. Reyes C., P. 1990. El maíz y su cultivo. AGT Editor.
27. Riccelli, M.; B., N.; V., J.D. 1977. Efecto de diferentes métodos de despanojo en el rendimiento de híbridos simples de maíz. In: Agronomía Tropical. Vol. XXVII. No. 2 171-179.
28. Rodríguez S., J.A. 1997. Androesterilidad química en trigo (*Triticum aestivum* L.) inducida por ethrel. Tesis de Licenciatura. UACH. Chapingo, México.
29. Robles S., R. 1986. Genética elemental y fitomejoramiento práctico. Limusa México p 348-349.

30. Sánchez E., A. 1988. Producción de semilla de maíz híbrido. En: Producción y manejo de semillas. Tamaulipas Norte. SARH. PIFSV. pp. 47-61.
31. Serrano, J.L. 1987. Estudio económico sobre la investigación, producción y comercialización de semillas mejoradas en México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados.
32. SNICS, 1997. Resumen histórico de producción de semilla de maíz en materia prima (ton) para certificación por oficinas del SNICS y ciclo agrícola de producción.
33. Solano, A.M. 1988. Androesterilidad e identificación de restauradores de la fertilidad masculina en híbridos de maíz para valles altos. Tesis de Licenciatura, FES-Cuautitlán. Cuautitlán, México. 79 pp.
34. Solleiro, J.L.; M.C. del Valle; E., Moreno. 1996. Posibilidades para el desarrollo tecnológico del campo mexicano. Tomo II. UNAM: Instituto de Investigaciones Económicas. Programa Universitario de Alimentos Centro de Innovación Tecnológica. Editorial Cambio XXI. México. pp.119-133.
35. Svensson D. Al-Jibouri y E. Fuentes. 1983. Certificación de semillas. En: Colección FAO
36. Villaseñor M., H. E., 1996. Selección recurrente en una población de trigo en apareamiento aleatorio mediante el uso de la androesterilidad. Tesis de doctorado C.P. pp. 30.42.
37. Whitaker y Robinson. 1986. Squash Breeding Vegetable Crops. Avi. Publishing Company INC. Westport. Connecticut. USA. pp.209-242.

A N E X O

GLOSARIO

Calidad genética de la semilla: Componente hereditario de caracteres que las plantas han recibido de sus progenitores y que son capaces de transmitir a su descendencia. Esta calidad se consigue a través del mejoramiento y se pierde por mezcla, cruzamiento con variedades extrañas o por segregación.

Calidad agronómica: Características que hacen que la semilla se mantenga viable y sana, que germine en condiciones de campo y desarrolle una plántula sana y vigorosa.

Desespigue: Práctica con la que se elimina la inflorescencia masculina de las plantas de maíz que se usarán como hembra en la formación de un híbrido.

Esterilidad masculina o androesterilidad: Incapacidad de las plantas para producir gametos masculinos funcionales.

Padre recurrente: Progenitor al que se recurre para realizar las retrocruzas por ser una variedad con características sobresalientes.

Padre no recurrente o donador: Variedad portadora del carácter deseado.

Retrocruza: Proceso mediante el cual se incorpora un carácter deseable generalmente gobernado por un gen recesivo a un material de interés.