

37
2 eg.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores
"CUAUTITLAN"

EFFECTO DEL ORDEN DE CRUZAMIENTO EN EL RENDIMIENTO Y PRODUCCION DE SEMILLA DE HIBRIDOS DE MAIZ (*Zea mays* L.) DE RIEGO, DE VALLES ALTOS Y LA ZONA DE TRANSICION BAJIO - VALLES ALTOS.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A :
HECTOR ANDRES RIOS RAMIREZ

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Director de Tesis: Ing. Margarita Tadeo Robledo
M.C. Alejandro Espinosa Calderón



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 está 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.

INDICE

	Pag.
1 INTRODUCCION	1
1.1 Objetivos	2
1.2 Hipótesis	2
2 REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Importancia de la semilla mejorada	3
2.2 Hibridación	3
2.2.1 Línea pura	3
2.2.2 Heterosis	4
2.3 Selección de líneas	5
2.4 Cruzas recíprocas	6
2.5 Rendimiento	7
2.5.1 Componentes del rendimiento	8
2.6 Producción de semilla	10
3 MATERIALES Y METODOS	12
3.1 Ubicación del experimento	12
3.2 Clima	12
3.3 Suelo	12
3.4 Material genético	12
3.5 Diseño experimental	14
3.5.1 Parcela experimental	14
3.5.2 Parcela útil	14
3.6 Desarrollo del experimento	15
3.6.1 Siembra	15
3.6.2 Fertilización	15
3.6.3 Escarda	15
3.6.4 Control de malezas	15
3.6.5 Aclareo	15
3.6.6 Cosecha	15
3.7 Análisis estadístico	15
3.7.1 Modelo lineal aditivo del diseño bloques al azar	15
3.7.2 Comparación de medias del experimento	16
3.8 Variables cuantificadas	16
3.8.1 Rendimiento de semilla total	17
3.8.2 Porcentaje de humedad	17
3.8.3 Porcentaje de materia seca	17
3.8.4 Porcentaje de grano	17
3.8.5 Dias a floración masculina	17

	Pag.
3.8.6 Dias a floración femenina	17
3.8.7 Altura de planta	17
3.8.8 Altura de mazorca	18
3.8.9 Diámetro de mazorca	18
4 RESULTADOS	19
4.1 Rendimiento de semilla total	19
4.2 Porcentaje de materia seca	21
4.3 Porcentaje de grano	22
4.4 Dias a floración masculina	23
4.5 Dias a floración femenina	24
4.6 Altura de planta	25
4.7 Altura de mazorca	26
4.8 Diámetro de mazorca	27
4.9 Porcentaje de semilla grande	28
5 DISCUSION	29
5.1 Rendimiento total de semilla	29
5.2 Porcentaje de grano	30
5.3 Altura de planta	30
5.4 Dias a floración	31
5.5 Diámetro de mazorca	32
5.6 Porcentaje de semilla grande	32
6 CONCLUSIONES	34
7 BIBLIOGRAFIA	35

1. INTRODUCCION.

El maíz se ubica, luego del trigo y del arroz, como el tercer cultivo más importante del mundo. Se utiliza directamente como alimento para el consumo humano, así como para diversos usos industriales. Su importancia reside en la amplitud de su cultivo que abarca grandes extensiones y amplias latitudes y altitudes, ya que se puede cultivar en una gran diversidad de condiciones ambientales (Duncan, 1975).

En México el cultivo del maíz tiene gran importancia, ya que es uno de los principales elementos que conforman la dieta alimentaria de la población (Jugenheimer, 1981).

Dada la importancia que tiene este cultivo en México el maíz ha sido sometido a un extenso e intenso mejoramiento genético con el propósito de aumentar su rendimiento de grano (Espinoza, 1985).

Debido a la amplia variabilidad genética del maíz en México, ha sido posible la formación de una gran cantidad de variedades mejoradas para las diferentes condiciones ecológicas del país, así como la obtención de genotipos tolerantes a factores adversos durante la producción.

Actualmente por medio de la hibridación, se han podido obtener materiales de maíz bastante favorables, que ofrecen una buena alternativa de producción (Poehiman, 1983).

Es durante el mejoramiento genético y de acuerdo con algunas características que presentan las líneas de maíz que se decide utilizarlas unas como hembras y otras como machos. Para machos se eligen genotipos que presentan ventajas como polinizadores y para hembras aquellas líneas que presentan buena capacidad de rendimiento.

De esta manera tradicionalmente está definido el orden en que deben efectuarse los cruzamientos simples y dobles para obtener semillas de maíz para siembra; sin embargo por diversas razones se presenta la necesidad o posibilidad de invertir el orden de los cruzamientos (cruza recíproca o inversa); cuando esto ocurre se supone que la combinación directa es igual a la inversa. Pero existen evidencias en el sentido de que el tipo de combinación puede provocar cambios, los cuales en buena medida dependen de los genotipos

usados. Desde el punto de vista de producción de semillas algunas cruza de híbridos de la mesa central, deben cambiar su orden; ya que hay casos de líneas que ahijan y que tradicional y equivocadamente funcionan como hembras, lo cual es una desventaja; otro caso se presenta con líneas de machos de alto rendimiento de grano que conviene utilizarlos como hembras (Espinosa, 1987)

1.1 OBJETIVOS.

- 1.- Determinar el efecto que provoca el orden de cruza en la producción de semillas sobre el rendimiento de híbridos simples, trilineales y dobles de maíz.
- 2.- Definir la conveniencia de efectuar los cruzamientos en el proceso de producción de semillas en forma directa o recíproca indistintamente.

1.2 HIPOTESIS.

- 1.- Existe un comportamiento diferencial de los híbridos simples y dobles de maíz de acuerdo al orden de cruza con el que se incrementa la semilla.
- 2.- En algunos híbridos es conveniente modificar el orden de cruzamiento de los progenitores.

2. REVISION DE LITERATURA.

2.1 Importancia de la semilla mejorada.

En México el mejoramiento genético del maíz se inició de manera formal desde 1940. Siendo este cultivo la especie más importante social, económica y políticamente para el país, se han dedicado recursos, en grandes cantidades para lograr mayor producción y productividad (Espinosa, 1985).

En cuanto al uso de semilla de variedades mejoradas en la región de los Valles Altos Centrales de México, estas se comenzaron a distribuir desde hace casi 30 años; sin embargo, solo se siembra aproximadamente un 10% de la superficie cultivada mientras el resto se establece con maíces criollos (Carballo, 1979).

A nivel nacional se acepta que la superficie de maíz que se siembra con semilla mejorada es de un 23 a un 25% (Badillo, 1981).

2.2 Hibridación.

2.2.1 Línea pura.

El concepto de "línea pura" fue desarrollado por Johansen en 1903, quien describió las bases científicas y su mecanismo genético (Allard, 1961).

La endogamia produce un fenómeno de depresión en vigor y en rendimiento, aparición de caracteres recesivos deletéreos, susceptibilidad a enfermedades, acame y otras características desfavorables. La endogamia tiene como objetivo obtener líneas puras que permitan seleccionar las que cuenten con buena aptitud combinatoria para integrar híbridos de buenas características agromónicas y alta productividad (Espinosa, 1983).

La uniformidad fenotípica de una población dependerá de la homogeneidad de la acción génica resultante en el conjunto de los genotipos que la componen.

Cuando todos los alelos de una población se encuentran en condición homocigota, se alcanza su máxima endogamia. Esta característica es típica de especies autóгамas que como en el trigo, las poblaciones son homocigóticas y homogéneas.

En especies alógamas, como el maíz, la composición génica es heterogénea, encontrándose los loci homocigóticos y heterocigóticos teóricamente en equilibrio. Cuando estas poblaciones se autofecundan, por varias generaciones consecutivas, se logra homocigosis en la mayoría de los loci, lo que ocasiona una pérdida considerable del vigor vegetativo (Poey, 1975).

La endogamia es el resultado del cruzamiento entre individuos emparentados que provoca, en comparación de sus progenitores, un fenómeno de depresión en vigor, rendimiento, tendencia a producir "chupones", acame, caracteres recesivos deletéreos, susceptibilidad a enfermedades y otras características desfavorables. La forma más eficaz en maíz para desarrollarla es por medio de autofecundaciones, las cuales se realizan mediante polinización controlada (Jugenheimer, 1981).

Este proceso conduce a la obtención de líneas cada vez menos vigorosas, las cuales pueden ser aparentemente homocigóticas en un período de cinco a siete generaciones (Espinosa, 1983).

Si se aplica una buena selección durante el proceso de la endogamia, puede servir en más de un propósito. Primero, elimina líneas que tendrían limitado valor comercial; segundo, puede asegurar que la propagación esté confinada a las plantas más vigorosas; tercero, la selección practicada durante la endocria puede ser beneficiosa, mejorando el nivel de los híbridos finales.

Una línea pura se puede definir como un individuo obtenido por autofecundaciones sucesivas; el propósito de las autofecundaciones es fijar y conservar la pureza de caracteres convenientes en una condición homocigótica, sin que sufran cambios genéticos (Sprage, 1960).

2.2.2 Heterosis.

Shull en 1914, propuso el término de heterosis y actualmente se utiliza como sinónimo para describir el vigor híbrido obtenido de la autofecundación y cruzamiento del maíz.

El vigor híbrido se define como el incremento en tamaño o en vigor de un híbrido con respecto a sus progenitores. También se propuso el término heterosis para denotar el incremento en tamaño y en vigor después de los cruzamientos (Poehlman, 1983).

Como una parte complementaria en el proceso de la hibridación cuando se han obtenido líneas con un buen nivel de endogamia, se pueden efectuar cruzamientos entre líneas, produciéndose la heterosis, la cual puede ser considerada como el fenómeno inverso de la degradación que acompaña a la consanguinidad (Allard, 1975).

Al combinarse dos o más líneas se obtienen plantas con mayor vigor que sus progenitores; este será más alto cuando los individuos que lo provocan sean de constitución genética diferente. A mayor diversidad genética, mayor es el grado de heterosis que determina el aumento en crecimiento, altura, rendimiento, resistencia a enfermedades u otra acción de incremento como resultado de una cruce; la heterosis es un sinónimo de vigor híbrido (East, 1936).

El vigor híbrido resulta de la acción combinada de factores favorables dominantes y parcialmente dominantes y vinculados con el vigor, supone que en general los factores dominantes aportados por cada progenitor del híbrido son deseables y por lo tanto los factores recesivos son nocivos, por lo tanto un híbrido es más vigoroso que sus progenitores porque tiene más factores dominantes que recesivos (Jones; citado por Jugenheimer, 1981).

Shull y East (citados por Jugenheimer, 1981) señalan que la teoría del vigor híbrido se basa en la explicación del fenómeno de la heterocigocidad; es decir, entre mayor sea el número de genes por el cual una planta es heterocigótica, mayor será su heterosis; por ejemplo, un híbrido con una constitución genética Aa Bb Cc Dd será más vigoroso que otro híbrido con la constitución genética AA BB CC DD; y la sobredominancia se define como la superioridad del heterocigote Aa sobre cualquiera de los homocigotes AA y aa; de acuerdo con esta teoría, la diversidad del germoplasma afecta definitivamente el grado de heterosis.

En maíz se usa la heterosis, cuando se emplea la F1 que se obtiene al cruzar dos o más líneas, produciéndose lo que se llama vigor híbrido, que se manifiesta con el fenómeno inverso de la degradación que acompaña a la endogamia (Allard, 1975).

2.3 Selección de líneas.

El plan para seleccionar al principio y durante el proceso de

mejoramiento se ha dividido atendiendo a 2 aspectos:

- 1.- Características agronómicas.
- 2.- Aptitud combinatoria.

Como características agronómicas, debemos de considerar todos aquellos rasgos que podemos apreciar por la vista, tales como el vigor general, sanidad, acame, resistencia al vuelco, número de hijos, número de hojas, altura de planta, número de mazorcas, tamaño de ellas, etc.

Hay marcada tendencia de las líneas a transmitir a su progenie híbrida las características que exhiben como líneas autofecundadas, por ejemplo: la combinación entre plantas de tallos débiles o susceptibles a enfermedades, generalmente producen híbridos con tallos débiles y también susceptibles. De una manera general podemos establecer que los híbridos más productivos provienen de cruzas de líneas más productivas (Agramont, 1947).

En el proceso para obtener híbridos de maíz existen algunos fundamentos que se toman en cuenta para la selección de líneas hembras o machos; generalmente son, producción, tamaño y forma de semilla, sanidad, altura de planta, producción de polen, etc. (Espinoza y Tadeo, 1988). Como progenitor masculino, siempre se escoge al que produce más polen (Ayala, 1948).

2.4 Cruzas recíprocas.

Espinoza y Tadeo (1988) señalan que con cruzas recíprocas de híbridos de maíz de temporal no se encontraron diferencias en el rendimiento de semilla de la crusa simple hembra del H-2B; en la crusa simple macho la crusa recíproca superó con 34.8% el rendimiento de semilla de la crusa directa, pero produjo semilla de menor tamaño.

Ramírez *et al.* (1988) trabajando con el híbrido comercial H-311, el cual tiene un buen rendimiento y adaptación para la región centro de Jalisco, pero cuyo progenitor hembra posee el carácter braquítico.

No encontraron diferencias en el rendimiento de grano final cuando se utilizó semilla obtenida del H-311D y H-311R, las características agronómicas y los componentes del rendimiento fueron muy similares, con lo cual concluyen que los efectos maternos no afectan la adaptación ni el rendimiento.

El carácter braquicismo resulta desventajoso para la producción de semilla ya que cualquier falla en el desespligamiento en los lotes de

producción de semilla en el híbrido comercial (F1), se presentan plantas braquíticas, que además de no tener producción crea una mala imagen comercial. Como alternativa a corto plazo puede invertirse el orden de cruzamiento considerando que el carácter braquítico es simple y recesivo, de esta forma de haber contaminación, esta no sería tan conspicua en la F1.

2.5 Rendimiento

Para obtener el rendimiento máximo de maíz, además de emplear la densidad de población adecuada es necesario tener en cuenta la distribución de las plantas en el terreno. Para una densidad dada, la distribución sobre el terreno esta determinada por la distancia entre surcos y por el método de siembra de las plantas dentro del surco (mateado o chorrillo). Los resultados de varias investigaciones muestran que el sistema de plantación mejor es aquel en que las plantas estan más uniformemente distribuidas en el área de cultivo. Los factores determinantes son una mejor utilización del agua y nutrimentos del suelo y mejor capacidad de las plantas para interceptar la luz (Huerta, 1969).

Desde el punto de vista genético, se ha considerado que el rendimiento es un carácter complejo y su expresión depende del funcionamiento y la interacción de muchos componentes de procesos fisiológicos, cuyo límite varía con el genotipo. La descripción más simple posible de la genética del rendimiento, es suponer que cada uno de los componentes esta controlado por un par de genes, por lo que el número mínimo de genes estimado que controlan el rendimiento es el número de componentes fisiológicos (Wallace *et al* ; citado por Ramírez, 1985).

Para lograr un buen rendimiento por planta es necesario que se cumplan dos etapas secuenciales: primero, debe existir una cantidad potencial de óvulos fecundados capaces de lograr un desarrollo posterior y segundo, éstos deben recibir productos fotosintéticos hasta alcanzar la madurez fisiológica (Duncan, 1975).

En la producción agrícola se consideran dos tipos de rendimiento; el rendimiento biológico (biomasa total) y el rendimiento agronómico (peso seco del organo de interes antropocéntrico). En maíz el rendimiento de grano ha sido de mayor interés por el hombre y su incremento por planta es el criterio fundamental en el mejoramiento

genético del maíz en México y en otros países del mundo; dicho rendimiento está en función del genotipo, ambiente que lo rodea y de la interacción de estos factores (Márquez, 1979). Por lo tanto un mayor rendimiento de grano se logra solamente cuando se puede obtener una combinación apropiada de genotipo y ambiente (Yoshida, 1972).

2.5.1 Componentes del rendimiento.

Los componentes del rendimiento son aquellos caracteres morfológicos y procesos fisiológicos que pueden ser identificados y que regulan la producción final de grano por planta (Espinoza, 1985).

En 1939 Hayes y Johnson (citados por Alvarado, 1956) encontraron que doce caracteres de las líneas, están significativamente correlacionados con el rendimiento. Estos caracteres son:

- Fecha de floración.
- Altura de planta.
- Altura de mazorca.
- Longitud de la mazorca.
- Área foliar.
- Resistencia de las plantas al arranque.
- Volumen de las raíces.
- Diámetro del tallo.
- Total de raíces adventicias.
- Índice de condensación.
- Producción de polen.
- Índice de rendimiento.

Sandoval (1964) en un estudio sobre heterosis y componentes del rendimiento en maíz, encontró que los caracteres que estuvieron correlacionados con el rendimiento de grano fueron:

- Número de mazorcas por planta.
- Longitud de la mazorca.
- Diámetro de la mazorca.
- Granos por hilera.
- Longitud de 10 granos.
- Peso seco de 100 granos.
- y número de hileras.

Algunas características y procesos fisiológicos, también llamados componentes del rendimiento son:

La altura de planta la cual aumenta al incrementarse la densidad de población, debido al sombreado mutuo de las plantas sometidas a altas poblaciones lo cual conduce al enorpecimiento de la destrucción fotoquímica de las substancias promotoras del alargamiento del tallo.

La altura excesiva de las plantas, especialmente cuando va aunada a otras características tales como: mazorcas muy pesadas, tallos delgados, sistema radicular débil, etc. es una característica indeseable en el maíz pues lo predispone a la rotura de los tallos o al acame causados por la acción del viento (Huerta, 1969).

La acumulación de materia seca así como la calidad de la misma depende de la actividad fotosintética que pueda desarrollar la planta. Bonner y Galston (citados por Gonzalez, 1966) afirman que existen evidencias que demuestran que el desarrollo del fruto después de la fecundación, depende íntimamente del número de hojas que suministrarán las substancias nutritivas al fruto en desarrollo.

Tanaka y Yamaguchi (1984) mencionan que la siembra tardía o bien las bajas temperaturas durante la fase de crecimiento vegetativo, retrasan la floración femenina y se traduce en un corto período de llenado de grano.

En general con la humedad y madurez debidas, una variedad tardía rendirá más que una variedad precoz. Por tanto, se recomiendan las variedades tardías donde sea posible el riego o esté bien distribuida la lluvia, pero para siembras de temporal en donde la lluvia esté mal repartida las variedades precoces generalmente, darán mucho mejor rendimiento (SAG, 1955).

En mazorcas de maíz maduro y sano el 83% del peso corresponde al grano y el 17% al olote, pudiendo variar las proporciones de acuerdo con la variedad y las características del medio bajo las cuales se desarrolló la mazorca (Ketselbach; citado por Huerta, 1969).

En la madurez fisiológica, la biomasa de la mazorca se encuentra repartida de la siguiente manera: Del 88 al 91% corresponde al grano y de 9 al 12% al raquis u olote (Felix, 1986).

Se considera que el grano de maíz ha alcanzado su madurez fisiológica cuando ha acumulado el máximo de materia seca; a partir de este momento empieza a perder humedad siendo ésta la razón por

la que se toma el contenido de humedad como índice de madurez (Gonzalez, 1966).

Los materiales de reserva se originan como carbohidratos producidos por fotosíntesis en las hojas y después traslocados hacia las semillas, donde se convierten en sustancias complejas de almacenamiento como carbohidratos, grasas y proteínas. El proceso se efectúa en gran parte durante el período de formación de la semilla (cerca del 90%), que ocurre cuando la planta alcanza su máxima capacidad de producción de compuestos de reserva (Tanaka y Yamaguchi; citados por Pliego, 1986).

Al utilizar semillas grandes y medianas para siembra de producción de grano, se tiene la ventaja de que éstas originarán plantas vigorosas, con mayor oportunidad de emerger en suelos pesados y dado que tienen mayores reservas no sufrirán inicialmente por nutrientes y competirán favorablemente contra las malezas al inicio del desarrollo del cultivo (Vázquez; citado por Pliego, 1986).

La explicación fisiológica del mayor vigor de las semillas grandes con respecto a la pequeña, está basada en la mayor cantidad de reservas de las primeras con respecto de las segundas.

Las semillas grandes y pesadas son las convenientes cuando se tienen condiciones adversas tales como: Mala preparación del terreno, humedad deficiente, cuando es necesario sembrar profundo para alcanzar la capa húmeda. Las semillas grandes no sólo producirán plantas vigorosas, sino que también pueden rendir más (Garay, 1982).

Las plántulas obtenidas de semillas de diferente cantidad de reservas nutritivas, tienen un comportamiento similar cuando las condiciones de humedad y suelo no son limitantes durante la germinación y emergencia (Hartman y Kester, 1980).

2.6 Producción de semilla.

La producción de semillas de híbridos de maíz presenta el problema que ocasiona la endogamia, en las líneas a través de depresión de vigor y del rendimiento. Los cuales se acentúan más cuando los progenitores son de ambientes contrastantes (Barrientos, 1962).

El alto costo de la semilla, fue determinante para que el maíz híbrido de cruz simple no fuera difundido inmediatamente de los escritos de Shull. En 1918 Jones propuso el uso de la cruz doble con fines comerciales y para tratar de resolver los problemas en la producción de semilla. La mayoría de los investigadores en el mejoramiento de maíz coinciden en que con las líneas puras actuales; la cruz doble es el híbrido de maíz producido más económicamente en el campo. Actualmente, sin embargo se están cultivando ampliamente cruces simples y de tres elementos en Estados Unidos, debido a su gran uniformidad, mayores rendimientos y mejor resistencia al acame (Jugenheimer, citado por Espinosa, 1985)

Molina en 1984 plantea que cada vez es más difícil obtener híbridos, principalmente de cruz doble que superen a los actualmente en uso comercial; entre las causas que originan este problema pueden señalarse:

- 1- Uso de una base germoplásmica restringida.
- 2.- Reducción continua de la probabilidad de encontrar híbridos de cruz doble superiores a las comerciales.
- 3.- Aumento continuo de los costos de experimentación.

Plantea como opciones para superar este problema:

- 1.- Ampliación de la variabilidad genética de la base germoplásmica (fuente de líneas).
- 2.- Uso de híbridos de cruz simple de alta heterosis cuyas líneas progenitoras sean vigorosas y de alto rendimiento *per se*.
- 3.- Explotación idónea de la varianza genética poblacional.

Los progenitores de los nuevos híbridos deben seleccionarse, con cuidado siendo importantes ambos; hembra y macho. El progenitor polinizador contribuye por igual para el comportamiento del híbrido resultante y además debe proporcionar el polen en el momento apropiado y en cantidades adecuadas (Jugenheimer, 1981).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del experimento.

El experimento se realizó en el poblado de las Animas en el Municipio de Tepoztlán. El municipio de Tepoztlán se extiende aproximadamente entre los 19° 41' y 19° 53' de latitud norte y entre los 99° 14' y 99° 22' de longitud oeste. Colinda al norte con el Municipio de Coyotepec, al sur con el de Cuautillán Izcalli, al este con Teoloyucan y al Oeste con Nicolás Romero.

3.2 Clima.

El clima de la zona de acuerdo al sistema climático de Koopen modificado por Garcia (1973), corresponde C(Wo) (w) (i') templado, el más seco de los subhúmedos con régimen de lluvias de verano y un invierno seco. La temperatura media anual es de 15.7° C. con una oscilación media mensual de 6.5° C.

El promedio de horas frío en la zona abarca de las 800 a 820 al año y la mayor frecuencia se tiene en Enero.

La precipitación promedio anual es entre los 600 y 700 mm. (Garcia, 1973)

3.3 Suelo.

Los suelos que presenta el terreno son de formación aluvial. Son suelos jóvenes en proceso de desarrollo con un perfil de apariencia homogénea. Son suelos profundos, con más de un metro de profundidad

Son suelos que presentan una textura fina, arcillosos pesados, difíciles de manejar por ser adhesivos cuando están húmedos y duros cuando se secan.

3.4 Material genético.

Los híbridos de maíz empleados en el experimento fueron obtenidos en el Campo Experimental del Valle de México (CEVAMEX).

En el Cuadro 1, se presenta la genealogía y participación respectiva en híbridos simples, trilineales y dobles de maíz.

Cuadro I. Material genético empleado en la evaluación del efecto del orden de cruce en el rendimiento y producción de semilla de híbridos de maíz de riego. Tepozollán, México. 1987.

TRATAMIENTO	GENEALOGIA	ORIGEN
1 C.S.M. del H-129 (D)	HGO. 55-9 x HGO. 55-45	V.A. X V.A.
2 C.S.M. del H-129 (R)	HGO.55-45 x HGO.55-9	V.A. X V.A.
3 C.S.H. de H-143E (D)	CH-II-148-2-2-1R-2B x HGO 4-5-4-2-1R-14	V.A. X V.A.
4 C.S.H. del H-143E (R)	HGO.4-5-4-2-1R-14 x CH-II-148-2-2-1R-2B	V.A. X V.A.
5 C.S.M. del H-133 (D)	H-3516-72 x H-3516-14	B. X B.
6 C.S.M. del H-133 (R)	H3516-14 x H-3516-72	B. X B.
7 C.S.H. del H-137 (D)	CH-II-148-2-2-1R-3B x HGO-4-5-4-2-1R-27	V.A. X V.A.
8 C.S.H. del H-137 (R)	HGO-4-5-4-2-1R-27 x CH-II-148-2-2-1R-3B	V.A. X V.A.
9 H-135 (D)	H-353-245-6-10 x x HGO-10-3 H-353-363-7-2	(B X B) X V.A.
10 H-135 (R)	H-353-245-6-10 HGO-10-3 x x H-353-363-7-2	V.A. X (BxB)

CONTINUA...

TRATAMIENTO	GENEALOGIA	ORIGEN
11 C.S.H. del H-151E (D)	CH-II-148-2-2-1R-12A x HGO-4-5-4-2-1R-9	V.A. X V.A.
12 C.S.H. del H-151E (R)	HGO-4-5-4-2-1R-9 x CH-II-148-2-2-1R-12A	V.A. X V.A.
13 H-311 (D)	SSE-3 x SSE-5 x H-353-245-6-10 x H-353-363-7-2	(BxB) X (BxB)
14 H-311 (R)	H-353-245-6-10 x H353-363-7-2	x SSE-3 x SSE-5 (BxB) X (BxB)

B = Bajío V.A. = Valles Altos C.S.H. = Cruza simple hembra
D = Directa R = Recíproca C.S.M. = Cruza simple macho
Nota. El orden de cruzamiento es en base a lo propuesto por los fitomejoradores.

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL.

El diseño utilizado fue el de bloques al azar con 14 tratamientos y tres repeticiones.

3.5.1 PARCELA EXPERIMENTAL.

Se establecieron parcelas de cuatro surcos de 5 metros de largo con una separación entre surcos de .82 m.

3.5.2 PARCELA UTIL.

Se tomaron los dos surcos centrales teniendo una superficie de 8.2 m².

3.6 DESARROLLO DEL EXPERIMENTO.

3.6.1. Siembra.

La siembra se realizó el 1º de Mayo de 1987, depositando 4 semillas por mata dejando una distancia entre matas de 50 m. Con lo cual se obtuvo una población de 65000 plantas por hectárea.

3.6.2. Fertilización.

No se realizó la fertilización en este experimento debido a cuestiones fuera de control.

3.6.3. Escarda.

Se realizaron dos labores de cultivo, la primera a los 20 días después de la siembra y la segunda 45 después de la misma.

3.6.4. Control de Malezas.

Este control fue mediante productos químicos a base de una mezcla de 1Kg. de Gesaprim 50 y un Lt. de Hierbamina; la aplicación se realizó 40 días después de la siembra.

3.6.5. Aclareo.

El aclareo de las parcelas se realizó tres días después de la escarda, dejando las matas con tres plantas; los criterios que se tomaron en cuenta para la eliminación de plantas fueron: Sanidad, Vigor y plantas acamadas.

3.6.6 Cosecha.

La cosecha se efectuó el 25 de Noviembre de 1987 y se realizó manualmente, cosechándose solo lo que correspondió a la parcela útil.

3.7 ANALISIS ESTADISTICO.

3.7.1 Modelo lineal aditivo del diseño Bloques al azar.

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

donde:

X_{ij} = valor de la característica en estudio.

- μ = Efecto común a todas las unidades experimentales.
 α_i = Efecto de bloques.
 β_j = Efecto de tratamientos.
 ϵ_{ij} = Elemento de error.
 $i = 1, 2, \dots, a$ (numero de repeticiones).
 $j = 1, 2, \dots, n$ (numero de tratamientos).

La hipótesis que se prueba bajo este modelo es:

Hipótesis de nulidad;

$H_0: T_1 = t_1, \dots, T_n = t_n$ (no hay efecto de tratamientos).

Hipótesis alternativa;

$H_a: T_i \neq t_i, \dots, T_n \neq t_n$ (si hay efecto de tratamientos).

El modelo de la prueba de hipótesis fue:

$H_a: \text{si } F = \dots > F_{0.05}$

3.7.2 Comparación de medias del experimento.

El método que se utilizó para realizar la comparación de medias fue el de Duncan al 5 % de probabilidad.

La prueba de Duncan permite hacer las comparaciones múltiples posibles a $(a-1)/2$ y se utiliza cuando el número de tratamientos es considerable aun cuando la prueba de F no sea significativa.

El valor del límite de significancia se calculó de la siguiente forma:

$L.S. = t_{\alpha} S_x$

donde:

t_{α} = t múltiple obtenida de las tablas de Duncan para $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$

S_x = Error estándar de la media = $\sqrt{S/n}$

S = varianza del error experimental.

n = número de repeticiones.

El valor de t múltiple se obtiene con $n = GL$ y el número de medias que separan a las dos medias que se están comparando (Reyes, 1984).

3.8 VARIABLES CUANTIFICADAS.

3.8.1 Rendimiento de semilla total.

El rendimiento por hectárea se obtuvo por medio de la siguiente

fórmula, la cual es utilizada en el CEYAMEX.

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

donde:

Rend. = Rendimiento de grano por hectárea con un 14% de humedad.

P.C. = Peso de campo de las mazorcas

% M.S. = Porcentaje de materia seca.

% G. = Porcentaje de grano.

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

3.8.2 Porcentaje de humedad.

Al cosechar se obtuvieron muestras de grano de cinco mazorcas, a las cuales se les determinó la humedad en un medidor eléctrico estéril.

3.8.3 Porcentaje de materia seca.

Se determinó después de obtener el porcentaje de humedad utilizando la tabla que el CEYAMEX tiene para este fin.

3.8.4 Porcentaje de grano.

De una muestra de cinco mazorcas se tomó su peso total, posteriormente se desgranaron y se anotó el peso de grano solo; estos valores se sustituyeron en la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Grano} = \text{Peso de grano} / \text{Peso de mazorca} \times 100$$

3.8.5 Días a floración masculina.

Se efectuaron inspecciones cada tercer día desde el inicio hasta el fin de la antesis cuantificando el número de plantas, la frecuencia se definió en días transcurridos desde la siembra hasta el 50% de antesis.

3.8.6 Días a floración femenina

Semejante a la floración masculina. Se cuantificaron estigmas expuestos para definir el 50%, en días transcurridos desde la siembra.

3.8.7 Altura de planta.

Medida en cm. del nivel del suelo hasta la inserción de la espiga.

3.8.8 Altura de mazorca.

Medida en cm. desde el nivel del suelo a la base de la inserción de la mazorca principal.

3.8.9 Diámetro de mazorca.

Se midió en la parte media de cada mazorca de una muestra de cinco para cada una de las parcelas.

4. RESULTADOS.

Dentro de este capítulo se presentan los valores obtenidos mediante el análisis de varianza para las variables más importantes de este estudio, así como también se presentan las tablas de comparación de medias, para poder observar las diferencias entre los distintos tratamientos.

4.1 RENDIMIENTO DE SEMILLA TOTAL.

En el Cuadro 2 se presenta el análisis de varianza para la variable rendimiento de semilla total en el cual se puede detectar diferencia altamente significativa para los tratamientos y no significativa para las repeticiones. El coeficiente de variación fue de 25.27% , aceptable en este tipo de experimentos.

CUADRO 2 Análisis de varianza para la variable rendimiento de semilla total en el efecto del orden de cruzamiento de híbridos de maíz de riego.

CAUSA DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F TABLAS
TRATAMIENTOS	13	35417768.124	2724443.886	3.16 * *	2.12 2.91
REPETICIONES	2	226173.489	113086.745	0.13	3.37 5.53
ERROR	26	22418173.878	861937.426		
TOTAL	41	38854306.65			

C.V. = 25.27%

Media =3672.89

En el Cuadro 3 se observa el rendimiento de cada tratamiento y la comparación de medias de acuerdo a la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad y se establecieron dos grupos de significancia: el rendimiento más alto correspondió al tratamiento 12 C.S.H. del H-151E y fue de 5140 Kg/ha.

CUADRO 3 Comparación de medias para la variable rendimiento en el efecto del orden de cruzamiento en el rendimiento de híbridos de maíz de riego.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO Kg/ha.	COMPARACION DE MEDIAS *
12 C.S.H. H-151E (R)	5140.9	A
14 H-311 (R)	4766.3	A
10 H-135 (R)	4754.4	A
3 C.S.H. H-143E (D)	4575.3	A
2 C.S.M. H-129 (R)	3981.4	A B
8 C.S.H. H-137E (R)	3913.8	A B
11 C.S.H. H-151E (D)	3851.1	A B
9 H-135 (D)	3771.5	A B
4 C.S.H. H-143E (R)	3465.1	A B
13 H-311 (D)	3455.8	A B
7 C.S.H. H-137E (D)	2664.2	B
5 C.S.M. H-133 (D)	2373.6	B
6 C.S.M. H-133 (R)	2364.3	B
1 C.S.M. H-129 (D)	2343.0	B

* Medias, seguidas por la misma letra, no difieren estadísticamente, al 5% de probabilidad.

4.2 PORCENTAJE DE MATERIA SECA.

Para la variable porcentaje de materia seca se presenta el Cuadro 4, en el cual se puede apreciar el análisis de varianza, en el cual podemos observar una diferencia altamente significativa entre tratamientos

CUADRO 4 Análisis de varianza para la variable % de materia seca en el efecto del orden de cruzamiento de híbridos de maíz de riego.

CAUSA DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADO	F TABLAS
TRATAMIENTOS	13	1478.165	113.785	5.38	2.12 2.91
REPETICIONES	2	17.887	8.944	0.48	3.37 5.53
ERROR	26	549.322	21.127		
TOTAL	41	2844.454			

C.V. = 6.17% MEDIA = 74.47

La prueba de separación de medias por el método de Duncan al 5% de probabilidad estableció cuatro grupos de significancia

El mayor porcentaje fue de 82.37% que corresponde a la cruz simple hembra del H-151 E (D) y el menor fue de 64.36% del H-311 (D) (Cuadro 5)

CUADRO 5 Comparación de medias para la variable % de materia seca en el efecto del orden de cruzamiento en el rendimiento de híbridos de maíz de riego.

TRATAMIENTO	% DE MATERIA SECA	COMPARACION DE MEDIAS
12 C.S.H. H-151E (R)	82.37	A
7 C.S.H. H-137E (D)	80.573	A
3 C.S.H. H-143E (D)	79.997	A
11 C.S.H. H-151E (D)	79.553	A
10 H-135 (R)	78.830	A
4 C.S.H. H-143E (R)	77.767	A B
8 C.S.H. H-137E (R)	77.763	A B
9 H-135 (D)	76.333	A B
14 H-311 (R)	73.660	A B C
6 C.S.M. H-133 (R)	69.713	B C D
5 C.S.M. H-133 (D)	69.543	B C D
1 C.S.M. H-129 (D)	66.853	C D
2 C.S.M. H-129 (R)	65.267	C D
13 H-311 (D)	64.360	D

4.3 PORCENTAJE DE GRANO.

En el Cuadro 6 se muestra el análisis de varianza para la variable porcentaje de grano en el cual se puede apreciar una diferencia altamente significativa para los tratamientos y no significativa para las repeticiones. El coeficiente de variación fue de 2.92%.

CUADRO 6 Análisis de varianza para la variable porcentaje de grano en el efecto del orden de cruzamiento de híbridos de maíz de riego.

CAUSA DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADO	F TABLAS
TRATAMIENTO	13	188.419	29.261	4.92 **	2.12 2.91
REPETICIONES	2	8.518	0.259	0.04	3.37 5.53
ERROR	26	154.566	5.944		
TOTAL	41	335.503			

C.V. = 2.92% MEDIA = 83.29

La comparación de medias de acuerdo al método de Duncan al 5% de probabilidad se muestra en el Cuadro 7 donde se establecen cuatro grupos de significancia. También se puede observar el porcentaje de grano de cada tratamiento.

CUADRO 7 Comparación de medias para la variable porcentaje de grano en el efecto del orden de cruzamiento en el rendimiento de híbridos de maíz de riego.

TRATAMIENTO	% DE GRANO	COMPARACION DE MEDIAS
10 H-135 (R)	85.740	A
12 C.S.H. H-151E (R)	85.720	A
9 H-135 (D)	85.717	A
8 C.S.H. H-137E (R)	85.343	A
4 C.S.H. H-143E (R)	85.333	A
3 C.S.H. H-143E (D)	85.207	A
1 C.S.M. H-129 (D)	85.120	A
11 C.S.H. H-151E (D)	84.497	A B
7 C.S.H. H-137E (D)	84.000	A B
2 C.S.M. H-129 (R)	83.300	A B C
14 H-311 (R)	81.300	A B C
13 H-311 (D)	80.170	B C
5 C.S.M. H-133 (D)	78.900	C D
6 C.S.M. H-133 (R)	75.593	D

4.4 DIAS A FLORACION MASCULINA.

Para la variable días a floración masculina el análisis de varianza presentado en el Cuadro 8, muestra una diferencia altamente significativa para los tratamientos.

CUADRO 8 Análisis de varianza para la variable floración masculina en el efecto del orden de cruzamiento de híbridos de maíz de riego.

CAUSA DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADO	F TABLAS
TRATAMIENTOS	13	775.166	59.628	4.29 **	2.12 2.91
REPETICIONES	2	51.847	25.924	1.84	3.37 5.53
ERROR	26	361.619	13.908		
TOTAL	41	1197.833			

C.V. = 3.26 % MEDIA = 114.16

Los días a floración masculina de cada tratamiento y la comparación de medias de acuerdo a la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad se presentan en el Cuadro 9.

CUADRO 9 Comparación de medias para la variable días a floración masculina en el efecto del orden de cruzamiento en el rendimiento de híbridos de maíz de riego.

TRATAMIENTO	DIAS A FLORACION MASCULINA	COMPARACION DE MEDIAS
6 C.S.M. H-133 (R)	123	A
5 C.S.M. H-133 (D)	122	A B
1 C.S.M. H-129 (D)	117	A B C
7 C.S.H. H-137E (D)	116	B C
13 H-311 (D)	115	C
2 C.S.M. H-129 (R)	114	C D
9 H-135 (D)	113	C D
4 C.S.H. H-143E (R)	113	C D
8 C.S.H. H-137E (R)	112	C D
3 C.S.H. H-143E (D)	112	C D
11 C.S.H. H-151E (D)	112	C D
14 H-311 (R)	112	C D
12 C.S.H. H-151E (R)	110	C D
10 H-135 (R)	107	D

4.5 DIAS A FLORACION FEMENINA.

Existe una diferencia altamente significativa entre tratamientos en cuanto a la variable días a floración femenina, así lo muestra el Cuadro 10 en el cual también podemos observar que no hay diferencia alguna entre repeticiones.

CUADRO 10 Análisis de varianza para la variable días a floración femenina en el efecto del orden de cruzamiento de híbridos de maíz.

CAUSA DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADO	F TABLAS
TRATAMIENTOS	13	1213.142	93.319	5.07 # #	2.12 2.91
REPETICIONES	2	6.333	3.167	0.17	3.17 5.53
ERROR	26	477.888	18.346		
TOTAL	41	1696.476			

C.V. = 3.46 % MEDIA = 123.52

El Cuadro 11 muestra los días a floración femenina de cada uno de los tratamientos y la comparación de medias de acuerdo a la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad, estableciendo cuatro grupos de significancia.

CUADRO 11 Comparación de medias para la variable días a floración femenina en el efecto del orden de cruzamiento en el rendimiento de híbridos de maíz de riego.

TRATAMIENTO	DIAS A FLORACION FEMENINA	COMPARACION DE MEDIAS
1 C.S.M. H-129 (D)	132	A
5 C.S.M. H-133 (D)	132	A
6 C.S.M. H-133 (R)	132	A
2 C.S.M. H-129 (R)	126	A B
7 C.S.H. H-137E (D)	125	A B C
14 H-311 (R)	124	B C D
8 C.S.H. H-137E (R)	122	B C D
13 H-311 (D)	122	B C D
11 C.S.H. H-151E (D)	121	B C D
4 C.S.H. H-143E (R)	120	B C D
3 C.S.H. H-143E (D)	119	B C D
9 H-135 (D)	118	C D
12 C.S.H. H-151E (R)	118	C D
10 H-135 (R)	110	D

4.6 ALTURA DE PLANTA

En el Cuadro 12 se presenta el análisis de varianza para la variable altura de planta en el cual se observa una diferencia altamente significativa para los tratamientos y no significativa para las repeticiones. El coeficiente de variación fue de 0.94%.

CUADRO 12 Análisis de varianza para la variable altura de planta en el efecto del orden de cruzamiento de híbridos de maíz de riego.

CAUSA DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADO	F TABLAS
TRATAMIENTO	11	28198.000	1553.877	132.15 **	2.12
REPETICIONES	2	13.761	6.881	1.47	2.91
ERROR	26	121.571	4.675		3.37
TOTAL	41	28325.333			5.53

C.V. = 0.94 % MEDIA = 229.66

El Cuadro 13 muestra la altura de planta de cada tratamiento y la comparación de medias de acuerdo a la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

CUADRO 13 Comparación de medias para la variable altura de planta en el efecto del orden de cruzamiento en el rendimiento de híbridos de maíz de riego.

TRATAMIENTO	ALTURA DE PLANTA	COMPARACION DE MEDIAS
2 C.S.M. H-129 (R)	269.7	A
1 C.S.M. H-129 (D)	262.3	B
11 C.S.H. H-151E (D)	256.7	C
5 C.S.M. H-133 (D)	243.3	D
12 C.S.H. H-151E (R)	242.7	D
14 H-311 (R)	230.7	E
10 H-135 (R)	227.3	E
3 C.S.H. H-143E (D)	222.7	F
6 C.S.M. H-133 (R)	221.7	F
13 H-311 (D)	220.0	F
9 H-135 (D)	216.0	G
8 C.S.H. H-137E (R)	207.7	H
7 C.S.H. H-137E (D)	198.7	I
4 C.S.H. H-143E (R)	196.0	I

4.7 ALTURA DE MAZORCA

Para la variable altura de mazorca el análisis de varianza Cuadro 14 muestra que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, pero no muestra diferencia alguna entre repeticiones.

CUADRO 14 Análisis de varianza para la variable altura de mazorca en el efecto del orden de cruzamiento de híbridos de maíz de riego.

CAUSA DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADO	F TABLAS
TRATAMIENTOS	11	18775.238	1444.249	3.14 *	2.12
REPETICIONES	2	1136.333	568.167	1.23	2.91
ERROR	26	11966.333	460.243		3.37
TOTAL	41	31877.904			

C.V. = 15.42 % MEDIA = 139.04

En el Cuadro 15 se observa la altura de mazorca de cada tratamiento y la comparación de medias de acuerdo a la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

CUADRO 15 Comparación de medias para la variable altura de mazorca en el efecto del orden de cruzamiento en el rendimiento de híbridos de maíz de riego.

TRATAMIENTO	ALTURA DE MAZORCA	COMPARACION DE MEDIAS
10 H-135 (R)	189.3	A
2 C.S.M. H-129 (R)	164.7	A B
1 C.S.M. H-129 (D)	155.0	A B C
9 H-135 (D)	155.0	A B C
11 C.S.H. H-151E (D)	141.7	B C D
14 H-311 (R)	140.3	B C D
5 C.S.M. H-133 (D)	137.0	B C D
6 C.S.M. H-133 (R)	136.7	B C D
12 C.S.H. H-151E (R)	136.0	B C D
4 C.S.H. H-143E (R)	131.7	B C D
13 H-311 (D)	124.0	B C D
7 C.S.H. H-137E (D)	115.0	C D
3 C.S.H. H-143E (D)	112.2	D
8 C.S.H. H-137E (R)	108.0	D

4.8 DIAMETRO DE MAZORCA.

En el análisis de varianza para la variable diámetro de mazorca se tiene una diferencia significativa entre tratamientos, así lo demuestra el Cuadro 16.

CUADRO 16: Análisis de varianza para la variable diámetro de mazorca en el efecto del orden de cruzamiento de híbridos de maíz de riego.

CAUSA DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADO	F TABLAS	
TRATAMIENTOS	13	1.987	0.146	2.58 *	2.12	2.91
REPETICIONES	2	0.61	0.305	0.54	3.37	5.53
ERROR	26	1.478	0.056			
TOTAL	41	3.447				

C.V. = 5.17 % MEDIA = 4.60

En el Cuadro 17 se observa el diámetro de mazorca de cada tratamiento y la comparación de medias de acuerdo a la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

CUADRO 17: Comparación de medias para la variable diámetro de mazorca en el efecto del orden de cruzamiento en el rendimiento de híbridos de maíz de riego.

TRATAMIENTO	DIAMETRO DE MAZORCA	COMPARACION DE MEDIAS
13 H-311 (D)	4.9	A
1 C.S.M. H-129 (D)	4.9	A
2 C.S.M. H-129 (R)	4.8	A B
8 C.S.H. H-137E (R)	4.8	A B
11 C.S.H. H-151E (D)	4.7	A B
12 C.S.H. H-151E (R)	4.6	A B
3 C.S.H. H-143E (D)	4.6	A B
9 H-135 (D)	4.5	A B
14 H-311 (R)	4.5	A B C
10 H-135 (R)	4.5	A B C
7 C.S.H. H-137E (D)	4.5	A B C
4 C.S.H. H-143E (R)	4.4	B C
5 C.S.M. H-133 (D)	4.3	B C
6 C.S.M. H-133 (R)	4.1	C

4.9 PORCENTAJE DE SEMILLA GRANDE.

Para la variable porcentaje de semilla grande se muestra el Cuadro 18 en el cual podemos observar el análisis de varianza para esta variable en la cual se presenta una diferencia altamente significativa entre tratamientos.

CUADRO 18 Análisis de varianza para la variable porcentaje de semilla grande en el efecto del orden de cruzamiento de híbridos de maíz de riego.

CAUSA DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADO	F TABLAS
TRATAMIENTOS	11	9461.669	727.974	5.52 a a	2.12 2.91
REPETICIONES	2	256.587	128.294	8.97	3.37 5.53
ERROR	26	3428.714	131.873		
TOTAL	41	13148.972			

C.V. = 37.98 % MEDIA = 30.23

La comparación de medias de acuerdo al método de Duncan establece cuatro grupos de significancia (Cuadro 19)

CUADRO 19 Comparación de medias para la variable porcentaje de semilla grande en el efecto del orden de cruzamiento en el rendimiento de híbridos de maíz de riego.

TRATAMIENTO	% DE SEMILLA GRANDE	COMPARACION DE MEDIAS
14 H-311 (R)	56.85	A
10 H-135 (R)	51.22	A B
2 C.S.M. H-129 (R)	41.99	A B C
13 H-311 (D)	41.10	A B C
9 H-135 (D)	37.85	A B C
5 C.S.H. H-133 (D)	32.49	B C
1 C.S.M. H-129 (D)	32.46	B C
11 C.S.H. H-151E (D)	30.54	B C
3 C.S.H. H-143E (D)	26.31	C D
6 C.S.M. H-133 (R)	25.79	C D
12 C.S.H. H-151E (R)	25.71	C D
7 C.S.H. H-137E (D)	7.50	D
4 C.S.H. H-143E (R)	7.18	D
8 C.S.H. H-137E (R)	6.21	D

5 DISCUSION

5.1 Rendimiento total de semilla.

Existe una diferencia altamente significativa entre tratamientos en cuanto a la capacidad de rendimiento, así lo demuestra el análisis de varianza para esta variable. Los materiales utilizados expresaron su rendimiento bajo condiciones limitantes tales como la falta de fertilización y bajo un régimen de temporal, siendo materiales de riego. Todo esto afecta al rendimiento ya que éste está influenciado por las condiciones ambientales las cuales en una combinación adecuada podrían aportar un mayor rendimiento (Yoshida, 1972); también influyen los caracteres genéticos sobre la expresión del rendimiento. Ya que el rendimiento esta en función del genotipo, ambiente que lo rodea y la interacción de estos factores (Márquez, 1979).

El tratamiento 12 (C.S.H. del H-151E) cruza recíproca fue el que obtuvo el mayor rendimiento 5140 Kg/Ha. Superando en un 33.49% a su cruza directa respectiva, tratamiento 11, con un rendimiento de 3851 Kg/Ha.

El tratamiento 14 (H-311) también cruza recíproca, supera a su cruza directa tratamiento 13 en un 37.9%, sus rendimientos fueron 4766 Kg/Ha. y 3455 Kg/Ha , respectivamente.

Resultados similares se obtienen con el híbrido H-135 que corresponde a los tratamientos 10 y 9 en el cual la cruza recíproca tratamiento 10 supera en un 26% a la cruza directa; el tratamiento 8 (C.S.H H-137E) cruza recíproca supera en un 46.9% a su cruza directa tratamiento 7; el tratamiento 3 (C.S.H. H-143E) cruza directa supera en un 32% a su cruza recíproca tratamiento 4 y el tratamiento 2 (C.S.M. H-129) cruza recíproca supera en un 69.9% a su cruza directa tratamiento 1 este último es el tratamiento que tiene el rendimiento más bajo con 2343 Kg/Ha. En el caso de la cruza simple hembra del H-137E (tratamiento 7 y 8) conviene invertir el orden de cruzamiento, ya que coincide con una mayor productividad de la línea que hasta ahora funciona como macho (Espinosa y Carballo, 1988).

A pesar de estas diferencias, en la comparación de medias Cuadro 3, en el cual se tienen 2 grupos de significancia, todos los tratamientos de cruza recíprocas resultaron estadísticamente iguales

a su respectiva cruzada directa, sin embargo como se ha podido señalar existen para algunos tratamientos diferencias muy marcadas.

5.2 Porcentaje de grano.

Siendo el rendimiento del maíz lo que realmente interesa, agrónomicamente, la relación grano/olote es fundamental como criterio de productividad por ello es importante determinar cual de todos los tratamientos es el que nos proporciona mayor cantidad de semilla.

En mazorcas de maíz maduro y sano el 83% del peso corresponde al grano y el 17% al olote, pudiendo variar estas proporciones de acuerdo a la variedad y a las condiciones del medio bajo las cuales se desarrolla la mazorca (Keisselbach, citado por Huerta, 1969)

Felix en 1966 señala que en la madurez fisiológica, la biomasa de la mazorca se encuentra repartida de la siguiente manera: del 88 al 91% corresponde al grano y del 9 al 12% al olote.

La comparación de medias de la variable porcentaje de grano, en este trabajo, proporciona cuatro grupos de significancia. El mayor porcentaje es del tratamiento 10 (H-135 (R)) con 85.74% y el menor el tratamiento 6 (C.S.M. del H-133 (R)) con 75.59%

Todos los tratamientos de cruzadas directas resultaron estadísticamente iguales a sus respectivas cruzadas recíprocas. La mayor diferencia fue de 1.49% del tratamiento 8 (C.S.H. del H-137E) cruzada recíproca, sobre el tratamiento 7 cruzada directa, los cuales obtuvieron 85.34 y 84.08 de porcentaje de grano respectivamente.

5.3 Altura de planta.

Puede decirse que en apariencia no hay relación entre altura de planta y rendimiento puesto que los tratamientos 2 (C.S.M. del H-129 (R)), 1 (C.S.M. del H-129 (D)) y 11 (C.S.H. del H-151E (D)), que fueron los de mayor altura con 269,262 y 256 cm. respectivamente, no fueron los tratamientos que obtuvieron los mayores rendimientos. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Tanaka y Musirada (citados por Tanaka y Yamaguchi, 1972). Los cuales no encontraron correlación entre el rendimiento de grano y la altura de planta al hacer

observaciones en 15 variedades comerciales de maíz.

En cuanto a la comparación de medias se establecieron 9 grupos de significancia (Cuadro 13). En esta variable la cruz directa superó a la cruz recíproca en los tratamientos 3 al 4, 5 al 6 y 11 al 12, mientras que la cruz recíproca superó a la cruz directa en los tratamientos 2 al 1, 8 al 7, 10 al 9 y 14 al 13. Las diferencias no son significativas, sino solamente numéricas.

La altura de mazorca puede aumentar al incrementarse la densidad de población esto debido al sombreado mutuo de las plantas. No es recomendable una altura de planta excesiva ya que esta puede estar aunada a otras características como tallos delgados o sistema radicular débil, con lo cual la planta está predispuesta a la rotura de los tallos o al acame a causa de los fuertes vientos (Huerta, 1969).

5.4 Días a floración.

Para la variable días a floración se tiene que los tratamientos más precoces son el 10 (H-135), 12 (C.S.H. del H-151E) y 14 (H-311) cruza recíprocas con 107, 110 y 112 días a floración masculina respectivamente. Mientras que los tratamientos más tardíos fueron 6 (C.S.M. del H-133 (R)), 5 (C.S.M. del H-133 (D)) y 1 (C.S.M. del H-129 (D)) con 123, 122 y 117 días, respectivamente.

Por lo general una variedad tardía rendirá más que una variedad precoz esto con una humedad y madurez adecuada. Es por esto que se recomiendan las variedades tardías donde sea posible el riego o estén bien distribuidas las lluvias (SAG, 1955).

En la prueba de comparación de medias los tratamientos recíprocos resultaron estadísticamente iguales a sus respectivas cruza directas. Cabe hacer notar que por lo general las cruza directas tienen mayor número de días a floración masculina que su respectiva cruz recíproca.

En cuanto a días a floración femenina los materiales más precoces fueron los tratamientos 10 (H-135 (R)), 12 (C.S.H. del H-151E (R)) y 9 (H-135 (D)) con 116, 118 y 118 días respectivamente.

Mientras los tratamientos más tardíos fueron 1 (C.S.M. del H-129 (D)), 5 (C.S.M. del H-133 (D)) y 6 (C.S.M. del H-133 (R)) con 132 días cada

uno.

También en días a floración femenina todos los tratamientos de cruza directas resultaron estadísticamente iguales a su respectiva cruza recíproca.

Tanaka y Yamaguchi en 1984 mencionan que la siembra tardía o bien las bajas temperaturas durante la fase de crecimiento vegetativo, retrasan la floración femenina y se traduce en un corto periodo de llenado de grano.

5.5 Diámetro de mazorca.

El comportamiento de esta variable entre los tratamientos es muy semejante a las otras variables discutidas. Todos los diámetros de mazorca de las cruza directas fueron mayores a los diámetros de mazorca de las cruza recíprocas, esto exceptuando al tratamiento 8 (C.S.H. del H-137E) cruza recíproca, que supero al tratamiento 7 cruza directa.

El diámetro de mazorca es un componente agronómico importante ya que se encuentra correlacionado con el rendimiento de grano (Sandoval, 1964).

5.6 Porcentaje de semilla grande.

La prueba de comparación de medias de la variable porcentaje de semilla grande, muestra cuatro grupos de significancia.

Siendo los tratamientos 14 (H-311), 10 (H-135) y 2 (C.S.M del H-129) los de mayor porcentaje de semilla grande con 56.85, 51.22 y 41.99 % respectivamente y además son cruza recíprocas que superan numéricamente a sus respectivas cruza directas; sin embargo las diferencias entre todos los pares de tratamientos nunca fueron significativas.

El tener un tamaño de semilla grande es importante ya que es una característica que se encuentra estrechamente relacionada con la facilidad para el establecimiento de la plántula en el campo (Espinoza, 1985).

Al utilizar semillas grandes y medianas para siembra de producción de grano, se tiene la ventaja de que de estas se originarán plantas vigorosas, con mayor oportunidad de emerger en suelos pesados y dado que tienen mayores reservas no sufrirán inicialmente por nutrientes y competirán favorablemente contra las malezas al inicio del desarrollo del cultivo (Yazquez; citado por Pliego, 1986).

La explicación fisiológica del mayor vigor de las semillas grandes con respecto a las pequeñas, está basado en la mayor cantidad de reservas nutritivas de las primeras con respecto de las segundas (Garay 1982). También existe una estrecha relación entre el tamaño de semilla y el vigor de la plántula (Villasenor; citado por Pliego, 1986).

Solo cuando las condiciones de humedad y suelo no son limitantes, las plántulas obtenidas de semillas de diferente cantidad de reservas nutritivas, tienen un comportamiento similar (Hartman y Kester, 1980).

6. CONCLUSIONES.

1.- El orden de cruzamiento no mostró efecto estadísticamente significativo sobre el rendimiento de los híbridos de maíz utilizados; sin embargo numéricamente se aprecia cierta tendencia hacia un efecto favorable de uno u otro cruzamiento dependiendo de los híbridos.

2.- Los efectos numéricos más elevados se obtuvieron en las cruza simples macho del H-129 y hembra del H-137E en las cuales la cruza recíproca fue superior en un 69.9% y 46.9% respectivamente contra la correspondiente cruz simple directa.

3.- Para el caso de la cruz simple del H-137E conviene invertir el orden de cruzamiento para adoptar la cruz simple inversa por su conveniencia en productividad.

4.- Las principales características agronómicas de los híbridos de maíz utilizados son significativamente iguales en las cruza directas como en las cruza recíprocas.

5.- Para confirmar la conveniencia de invertir el orden de cruzamiento debe utilizarse como auxiliar, estudios de productividad de cada una de las líneas que participan en cada cruzamiento; combinando la producción del híbrido más la productividad de la línea.

7 BIBLIOGRAFIA.

- Agramont C.F. 1947. Selección y evaluación de líneas autofecundadas como base en el mejoramiento de maíz. Tesis. Chapingo, Mex.
- Allard R. W. 1961. Relationship between genetic diversity and consistency of performance in different environment. *Crop. Sci.* 1: 127 - 133
- Allard R. W. 1975. Principios de la mejora genética de las plantas. Trad. de la primera edición en inglés por J. L. Montoya 2.ª ed. Barcelona, edi. Omega.
- Alvarado B.A. 1956. Correlación entre los caracteres cuantitativos de las mazorcas de las líneas de maíz y los mismos caracteres de las cruzas en que intervinieron. Tesis. Chapingo, Mex.
- Ayala A.M. 1948. Métodos de mejoramiento del maíz y su aplicación práctica en México. Tesis Chapingo, Mex.
- Badillo N.E. 1981. El sistema de semillas en México. Tesis. C.P. Chapingo Mex.
- Barrientos P., F. 1962. Aprovechamiento de cruzas intervaretales en el programa de mejoramiento de maíz en la Mesa Central. Tesis. C.P. Chapingo Mex.
- Carballo C.A. 1979. Variedades en: Informe de actividades del grupo interdisciplinario de maíz. Campo agrícola Experimental Valle de Mexico. CIAMEC, INIA. SARH
- Duncan, W.G. 1975. Maize. In: L.T. Evans *Crop physiology*. Cambridge University Press. pp 25 - 58.
- East, F.M. 1936. Heterosis. *Genet.* 21: 375 - 397

- Espinosa C.A. 1983. Endogamia y heterosis en: Metodologías de investigación en maíz.
Campo Agrícola Experimental Valle de Mexico,
CIAMEC, INIA, SARH
- _____ 1985. Adaptabilidad, productividad y calidad de líneas e híbridos de maíz (*Zea mays* L.). Tesis. C.P. Chapingo Mex.
- Espinosa C.A. y Carballo C.A. 1988. Tecnología de producción de semillas de híbridos simples y trilineales de maíz de la zona Centro de Mexico. INIFAP, SARH, Chapingo, Mex.
- Espinosa C.A. y Tadeo R. M. 1988 "Efecto del orden de cruzamiento en la producción de semillas de híbridos de maíz de temporal" en: Resúmenes del XII congreso de fitogenética. UACH. Chapingo, Mex.
- Espinoza P.N. 1985. Rendimiento de grano y componentes del rendimiento de tres variedades de maíz (*Zea mays* L.). Tesis. Chapingo Mex.
- Felix V.P. 1986. Patrón de análisis del crecimiento de tres variedades de maíz. Tesis. C.P. Chapingo, Mex.
- Garay E.,A. 1982. Calidad de la semilla y su importancia en la productividad. p. 22 (Mimeografiado).
- García M.E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 2a. ed. UNAM Mexico D.F.
- Gonzalez H.J. 1966. Respuesta de la planta de maíz al deshojado y despuntado, efectuado en distintas épocas después de la floración. Tesis. Chapingo, Mex.
- Hartman H. T. y Kester D.E. 1980. Propagación de plantas. 2a ed. trad. de la 3a en inglés. CECSA Mexico.

- Huerta N.R. 1969. Influencia de la densidad de población, distancia entre surcos y dosis de nitrógeno sobre el rendimiento y otras características de los híbridos H-125 y H-129 en Chapingo, Mex. Tesis de maestría. C.P. Chapingo, Mex.
- Jugenheimer W.R. 1981. Maíz, variedades mejoradas métodos de cultivo y producción de semillas. Trad por G.R. Pina Limusa. Mexico D.F.
- Marquez S.F. 1979. El problema de la interacción genético ambiental en genotecnía vegetal Patena, A.C. Chapingo, Mex.
- Mexico, S.A.G. 1955. Maíz híbrido para el Bajío y regiones similares. O.E.E. Folleto de divulgación No. 19.
- Molina G., J.D. 1984. "La varianza genética en el entorno del mejoramiento genético del maíz." en: Resúmenes del X congreso de filogenética. ITA No. 20 Aguascalientes Mexico.
- Pliego T.,P. 1986. Posición y tamaño de semillas en la mazorca y su relación con el rendimiento en variedades de maíz (*Zea mays* L.) de la mesa central. Tesis. FES - Cuautillan. Cuautillan Izcalli, Mex.
- Poehlman M.J. 1983. Mejoramiento genético de las cosechas. 6a. Ed. Trad. por D.N. Sanchez. Edit. Limusa Mexico, D.F.
- Poey D. F.R. 1975. El mejoramiento integral del maíz: Valor nutritivo y rendimiento; hipótesis y métodos. Tesis. C.P. Chapingo, Mex.
- Ramírez D. J.L. 1985. Análisis del crecimiento y componentes del rendimiento de los híbridos de maíz H-30 y H-131 y de sus progenitores. C.P. Chapingo, Mex.
- Ramírez D. J.L., Ron. P.J., Yenegas.S.H., Herrera M.R., Delgado M.H., y Valdez M.H. 1988. "Comparación de la cruce directa y recíproca en el híbrido de maíz H-311 en la región centro de Jalisco." en: Resúmenes del XII congreso de filogenética. UACH. Chapingo, Mex.

- Reyes C.P. 1984. Diseño de experimentos aplicados. 3a reimpresión. Edit. Trillas. México.
- Sandoval S. A. A. 1964. Heterosis y componentes del rendimiento de ocho cruzas raciales de maíces mexicanos y del caribe. Tesis de maestría en ciencias. C.P. Chapingo, Mex.
- Sprage G.F. 1960. Mejoramiento del maíz. Trad. del capítulo V de: "corn and corn improvement." 1955 Trad. Angel Salazar y Alfredo Carballo. PCCMM. México.
- Tanaka A. y Yamaguchi J. 1984. Producción de materia seca; componentes del rendimiento del grano de maíz. Trad. al español por Josue Kahashi shibata. C.P. Chapingo, Mex.
- Yoshida, s. 1972. Physiological aspects of grain yield. Ann. Rev. Plant Phys. 23: 437 - 464.