

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



## CRUZAS CRIPTICAS MODIFICADAS DE MAIZ OPACO - 2

### TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

ORIENTACION FITOTECNIA

P R E S E N T A

LAURA GABRIELA MARTINEZ VERDUZCO

GUADALAJARA, JALISCO 1981

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal. 5 de Junio 1981

C. **ING. LEONEL GONZALEZ JAUREGUI**  
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA  
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
P R E S E N T E

Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE \_\_\_\_\_

~~LAURA GABRIELA MARTINEZ VERDUZCO~~ Titulada:

**CRUZAS CRITICAS DE MAIZ OPACO-2."**

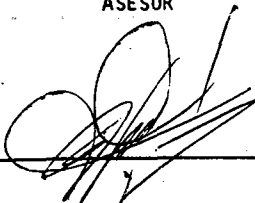
Damos nuestra aprobación para la Impresión de la misma

DIRECTOR



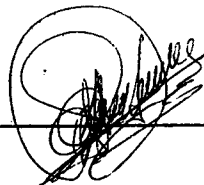
**ING. SALVADOR MENA MURGUIA**

ASESOR



**ING. SALVADOR HURTADO Y DE LA PEÑA**

ASESOR



**ING. ANTONIO JUAREZ MARTINEZ**

COMITE PARTICULAR

DIRECTOR: Ing. Salvador Mena Munguía

ASESOR: Ing. M.C. Salvador Hurtado de la Peña.

ASESOR: Ing. Antonio Juarez Martínez.

A mi Madre que sacrifico todo  
por la formación de sus hijos.

A mi padre con inmenso cariño  
y respeto.

A mi vida: Marce  
Asdrubal  
Anibal.

A mis hermanos que siempre  
me han ayudado a superarme.

## AGRADECIMIENTO

A la Escuela de Agricultura de la U. de G.

Al Ingeniero M.C. Mario Abel García Vázquez.

Al Ingeniero Salvador Mena Munguía.

Al Ingeniero Humberto Ruelas.

A mis compañeros de campo del grupo EMMA.

A mi hermana Elsa Patricia Martínez Verduzco.

## CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE CUADROS.	
LISTA DE FIGURAS.	
1. RESUMEN.	1
2. INTRODUCCION.	3
3. REVISION DE LITERATURA.	5
3.1. Origen y características nutritivas del maíz opaco-2.	5
3.2. Características físicas del maíz -- opaco-2.	8
3.3. Desarrollo de líneas (Endogamia y - Endogamia lenta).	10
3.3.1. Método clásico.	14
3.3.2. Método de medios hermanos.	16
3.3.3. Método de hermanos completos.	16
3.3.4. Método de cruzas crípticas.	17
3.3.5. Método modificado de Hallauer.	18
4. HIPOTESIS.	23
5. OBJETIVOS.	24
6. MATERIALES Y METODOS.	25
6.1. Descripción del medio ambiente.	25
6.2. Descripción del material genético.	25
6.3. Aplicación del método de mejoramiento.	27
6.3.1. Evaluación de los materiales.	27
6.3.2. Formación de compuestos.	27
6.3.3. Lote de formación de líneas.	30
6.3.4. Obtención de las cruzas críp-- ticas.	30
6.3.5. Evaluación de las cruzas sim-- ples.	30
7. RESULTADOS.	33
7.1. Resultados de la evaluación en el lá- tice I.	33

	Pág.
7.1.1. Análisis de varianza para rendimiento de grano.	33
7.1.2. Análisis de varianza para altura de planta.	33
7.1.3. Análisis de varianza para altura de mazorca.	38
7.2. Resultados de la evaluación en el látice II.	38
7.2.1. Análisis de varianza para rendimiento de grano.	38
7.2.2. Análisis de varianza para altura de planta.	44
7.2.3. Análisis de varianza para altura de mazorca.	44
8. DISCUSION.	51
9. CONCLUSIONES.	52
10. BIBLIOGRAFIA.	54
11. APENDICE.	57

## LISTA DE CUADROS

Pág.

CUADRO 1. Contenido de aminoácidos de grano de maíz con el gene opaco-2 y normal -- (expresados en grs. por 100g de proteína).	6
CUADRO 2. Diferentes proteínas de maíz opaco-2 y maíz normal que se encuentran en el endospermo, expresadas en %.	7
CUADRO 3. Coeficiente de endogamia.	22
CUADRO 4. Materiales de maíz con el gene opaco-2.	28
CUADRO 5. Forma en que están integrados los -- cuatro compuestos.	29
CUADRO 6. Análisis de varianza látice I para la variable rendimiento.	34
CUADRO 7. Materiales que resultaron ser estadísticamente iguales al nivel del -- .05% en la prueba de D.M.S. para la variable rendimiento.	35
CUADRO 8. Análisis de varianza látice I para ls variable altura de planta.	36
CUADRO 9. Medias de altura de planta de los ma teriales evaluados en el látice I.	37



	Pág.
CUADRO 10. Análisis de varianza látice I para la variable altura de mazorca.	39
CUADRO 11. Medias de altura de mazorca de los materiales evaluados en el látice I.	40
CUADRO 12. Análisis de varianza látice II para la variable rendimiento.	41
CUADRO 13. Cruzas que resultaron estadísticamente iguales al .05% con la prueba de Tukey.	42
CUADRO 14. Análisis de varianza látice II para la variable altura de planta.	45
CUADRO 15. Medias de altura de planta de las cruas simples del látice II.	46
CUADRO 16. Análisis de varianza látice II para la variable altura de mazorca.	48
CUADRO 17. Medias de altura de mazorca de las cruas simples en el látice II.	49
CUADRO 18. Rendimiento de grano y algunas características agronómicas de las 4 repeticiones de los materiales de maíz opaco-2 evaluados en el látice I.	57
CUADRO 19. Rendimiento de grano y algunas características agronómicas en las 2 repeticiones de las cruas simples de maíz opaco-2 obtenidas en el látice II.	61

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Distribución de las proteínas en el grano de maíz, del endospermo y el germen.	9
FIGURA 2. Coeficiente de endogamia para tres sistemas de apareamiento durante diez generaciones.	13
FIGURA 3. Esquema del sistema de mejoramiento --- para la obtención de cruzas crípticas.	19
FIGURA 4. Esquema del sistema de mejoramiento (modificación al método Hallauer) para la obtención de cruzas simples.	21
FIGURA 5. Esquema del sistema de mejoramiento de la población en estudio.	32

## 1. RESUMEN.

El criterio principal para utilizar el método modificado de hibridación entre líneas fraternales en maíz opaco-2 fué para obtener cruzas simples con alto rendimiento, así como el aspecto del grano sin que perdiera sus características nutritivas.

En el primer ciclo de trabajo se evaluarón las 23 variedades de maíz opaco-2, haciendo cruzas fraternales para obtener material básico que serviría en la formación de los compuestos. De cada variedad se dejarón 10 plantas a polinización libre para evaluar el rendimiento.

El segundo ciclo consistió en la formación de los 4 compuestos, dos de maíz opaco-2 blanco y dos de maíz opaco-2 amarillo; se hicieron cruzas fraternales en la floración.

La derivación de las líneas ocupó el tercer ciclo de selección donde se realizarón autofecundaciones.

Las líneas resultantes de acuerdo a la modificación del método Hallauer, sirvieron para efectuar las cruzas simples en el cuarto ciclo, donde también se hicieron cruzas fraternales (PaP) obteniendo líneas endogámicas que servirán para la formación de nuevos materiales genéticos.

El quinto ciclo fué la evaluación de las cruzas simples, donde se tomarón varios datos de campo para la evaluación presentándose un aumento en el rendimiento, indicando con esto que el diseño utilizado en el experimento resultó ser efectivo.

El método resulto eficaz ya que se obtuvo un mayor rendimiento en las cruzas simples y la altura de la planta y mazorca disminuyó así como la rápida identificación de los mejores genotipos.

Se sugiere que las cruzas simples seleccionadas se sometan a otra evaluación y después poder formar con las cruas simples seleccionadas un híbrido doble. Y que las líneas

endogámicas se utilicen para otros trabajos de mejoramiento.

Se hace una revisión de literatura de los diferentes métodos para la derivación de líneas puras, donde se observa las diferentes formas de llegar a la homocigosis.

Esto se hizo para comparar el método modificado de - Hallauer para formación de líneas puras mediante cruza fraternales (PaP), con los métodos tradicionales y así poder observar las ventajas y desventajas que ofrece cada método.

## 2. INTRODUCCION.

Las necesidades humanas que existen en las diversas regiones del mundo, son cada día mayores, ya que la alimentación sufre una constante baja de proteínas para un desarrollo fisiológico humano necesario. Esto a ocasionado que números investigadores se avoquen a tratar de encontrar una solución al problema.

Los resultados hasta ahora han sido satisfactorios - en el mundo desarrollado, donde la abundancia del gran mercado existe, pero el peligro de la escasez alimentaria se presentará si se tiene fallas en el sistema de distribución de los alimentos. En el mundo subdesarrollado la desnutrición, se presenta principalmente en los conglomerados pobres donde hay un gran número de enfermedades y muertes anualmente.

El maíz es uno de los productos agrícolas básicos para la alimentación del mexicano, siendo éste de baja calidad nutritiva.

Para mejorar la calidad de las proteínas en el maíz normal, se encontró desde hace tiempo, un maíz mutante con el gene opaco-2 el cuál tiene mayor cantidad de aminoácidos esenciales, pero con algunos inconvenientes como lo son la estructura blanda y harinosa del endospermo, ocasionando con esto una pérdida de peso en el grano y una mayor susceptibilidad a daños causados por insectos y enfermedades. Todo esto hace que el campesino no acepte fácilmente este maíz, ya que el consumidor no le va a reeditar pagos adicionales por calidad o cantidad de proteína.

En base a estos problemas se continuo con los trabajos de mejoramiento enfocados a cambiar el aspecto harinoso hacia modificado (mitad cristalino y mitad opaco) y tratar de aumentar el rendimiento por hécarea sin afectar la calidad y cantidad de proteína.

Las ventajas que se lograrían al trabajar con mate-

riales genéticos mejorados, no solo desde el punto de vista agronómico si no también nutricional, ayudaría en primer lugar al sector rural, simultaneamente los organismos oficiales deberan llevar acabo campañas subsidiadas con alimentos suplementados, para poder alcanzar más rápidamente a los sectores urbanos necesitados.

Viendo la demanda de este cereal, en razón al constante aumento de la población se ha pensado en la aplicación de métodos rápidos para la obtención de híbridos de maíz opaco-2 rendidores, y con una calidad y cantidad de proteína me jor que la del maíz normal.

Para realizar este trabajo, se utilizó el método modificado de Hallauer, el cuál consiste en obtener cruzas sim ples mediante líneas fraternales las cuales presentan un porcentaje de homocigósis adecuado para la formación de híbridos con un rendimiento estable.

### 3. REVISION DE LITERATURA.

#### 3.1. Origen y características nutritivas del maíz opaco-2.

El maíz opaco-2 es una mutación espontánea, reportada por Singleton y Jones en 1935, en la Estación Experimental de Agricultura en Connecticut, presenta una apariencia que modifica el fenotipo del endospermo en una textura suave y harinosa.

Sin embargo no se continuó con la investigación de este mutante hasta 1964, cuando un equipo de científicos de la Universidad de Purdue descubrieron que el gene opaco-2 modificaba la composición aminoácida del maíz. Realizando un análisis de muestras de endospermo de maíz opaco-2 y maíz normal, encontraron diferencias en el balance de los tipos de proteína del endospermo y variación en el contenido de aminoácidos componentes principales de las proteínas, Mertz (1964).

En el CUADRO 1, se presentan los aminoácidos que se encuentran en el endospermo en diferente proporción, del maíz opaco-2 y el maíz normal.

Las proteínas que se localizan en el endospermo del maíz son: Zeínas, Glutelinas, Globulinas y Albúminas; las primeras son las que más abundan en el maíz normal (contiene solo una pequeña cantidad de aminoácidos esenciales, lisina y triptófano), las otras tres se encuentran en menor cantidad, siendo las que contienen mayor número de aminoácidos esenciales. En cambio en el maíz opaco-2 se observa una disminución de Zeínas y un incremento de los otros tipos de proteínas (Ver CUADRO 2).

Después de este descubrimiento se iniciaron una serie de estudios sobre el valor nutritivo de las proteínas del maíz opaco-2.

El Dr. Bressani y colaboradores (1969); fueron los primeros que se iniciaron en la investigación de este nuevo maíz opaco-2.

En la Universidad del Valle demostraron que niños de 5

CUADRO 1

Contenido de aminoácidos de granos de maíz con el gene opaco-2 y normal (Expresado en gramos por 100 g de proteína). - Nelson (1969).

Aminoácidos	Endospermo	
	Opaco-2	Normal
Lisina	5.0	3.0
Triptófano	1.3	0.7
Treonina	3.8	4.1
Cistina	2.0	1.7
Valina	5.2	5.7
Metionina	2.2	1.3
Isoleucina	3.4	4.2
Leucina	9.3	14.6
Tirosina	4.2	5.2
Fenilalanina	4.4	5.8



CUADRO 2

Diferentes proteínas de maíz opaco-2 y maíz normal que se encuentra en el endospermo, expresadas en %. Nelson (1969).

Proteínas	Endospermo	
	Opaco-2	Normal
Prolaminas(Zeinas)	22.9	55.1
Glutelinas	50.1	31.8
Globulinas	5.1	2.0
Albúminas	12.1	3.8

y 6 años de edad, se recuperaron de desnutrición con una dieta donde el 80% de la proteína ingerida provenía del maíz opaco-2. Se utilizó como criterio de evaluación el balance metabólico del nitrógeno, retenido después de que la ingestión de nitrógeno se corrige con respecto a las pérdidas en las heces fecales y en la orina.

Dentro de los índices de eficiencia proteica de algunos cereales, el maíz común se encuentra entre los más deficientes, destacando México entre los países de mayor consumo diario de maíz, con 272 grs. por persona, equivalente a 978 calorías y 25.2 grs. de proteínas por persona.

Para obtener un equilibrio de nitrógeno en el organismo se necesitan 400 a 500 grs. de maíz común y con maíz opaco-2 solo se necesitan aproximadamente 250 grs. por persona. Así que consumiendo maíz opaco-2 podremos obtener mejor desarrollo fisiológico con menos cantidad de gramos por persona. F.A.O. (1965).

### 3.2. Características físicas del maíz opaco-2.

El grano de maíz está formado por tres partes: pericarpio endospermo y embrión.

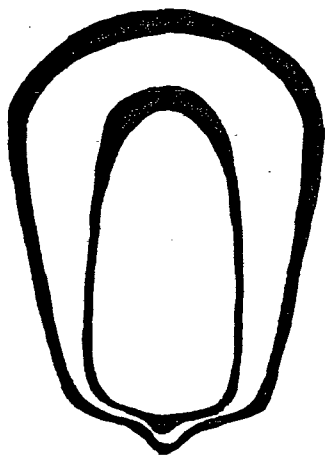
El pericarpio es la cubierta de la semilla compuesta principalmente de celulosa. Su función es la de proteger a la semilla, impidiendo la entrada de hongos o bacterias que podrían dañar al grano, haciendo más lenta su germinación.

El endospermo está compuesto con el 80-85% del peso total del grano, su función principal es la de abastecer reservas alimenticias para el proceso de germinación del embrión y desarrollo inicial de la planta.

El germen o embrión constituye generalmente : del 10 al 15% del peso seco de grano, contiene proteínas y aceites que son de excelente calidad biológica (Fig. 1).

El maíz opaco-2 tiene una textura suave y harinosa que hace al grano susceptible al ataque de plagas de almacén, así como su aspecto opaco disminuyendo la densidad del grano ocasio

FIG. 1 Distribución de las proteínas en el grano de maíz, del endospermo y el germen.



Pericarpio: celulosa.

Endospermo: 75-80% de la proteína total del grano.

Germen: 15-20% de la --  
Proteína total del grano.

2.

nando una reducción en el rendimiento hasta en un 13% en comparación con el maíz normal.

Paez, Helm y Zuber (1969), lograron mediante la acción de los genes modificados del endospermo, que se obtuvieron maíces con endospermo mitad harinoso y mitad corneo; haciendo el análisis de lisina se encontró que los granos opacos y los granos modificados tenían la misma cantidad de proteínas.

El % de proteína total en el endospermo de granos modificados es mayor que la de granos amiláceos, pero en triptófano si hay una disminución significativa en los granos -- con endospermo modificado en relación a los amiláceos, pero superior a los normales.

Vasal (1971), por medio de la acción de los genes modificadores observa que es posible obtener maíces con endospermo modificado, sin que por ello pierdan su calidad proteica, pero es hasta 1977 cuando investiga sobre % de la proteína, resumiendo que los granos modificados presentan mayor -- cantidad de proteínas pero menor contenido de triptófano, en cambio los granos amiláceos presentan menor cantidad de proteína pero mayor contenido de triptófano.

También investigó el peso hectolítrico de varios materiales con el gene opaco-2, donde observó que solo algunos aumentaban su densidad al cambiar de harinoso a modificado, por lo que no se puede decir que la densidad será mayor en -- los maíces opacos con relación a los normales. Pero algunos materiales modificados con el gene opaco-2, si podrán superar en peso a los maíces normales.

3.3. Desarrollo de líneas (Endogamia y Endogamia lenta).

Shull fué uno de los iniciadores de la nueva era en el mejoramiento del maíz, proporcionando un método para la producción de semilla híbrida. Consiste en autofecundar para obtener líneas puras y cruzarlas produciendo híbridos de --

producción uniforme.

En un principio este método no se practicó, debido a que el costo de producción era elevado, pero Jonnes (1918), sugirió el cruzamiento entre cruza simples vigorosas, para producir semilla, esto hizo posible la producción económica de semilla con cruza dobles.

#### ENDOGAMIA.

La endogamia se entiende según Allard (1967), como el aumento de la probabilidad de que la descendencia de progenitores genéticamente relacionados, hereden los mismos genes de ellos.

La endogamia es el apareamiento de individuos que están emparentados entre sí por ascendencia (Falconer 1971).

La endogamia es el apareamiento de individuos más estrechamente emparentados que el promedio de la población a la cual pertenecen.

Cuando los apareamientos ocurren solo entre individuos íntimamente emparentados el efecto genético consiste en un aumento de la homocigosis, dando como resultado final la producción de una línea pura (Brauer 1973).

La forma más intensa de endogamia es la autofecundación, otra forma menos intensa de endogamia produce un acercamiento más lento a la homocigosis. A medida que la homocigosis aumenta en una población, ya sea debido a endogamia o a selección, la variabilidad genética de la población disminuye (Stanfield 1971).

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

En especies halógamas como el maíz, la composición genética es heterogénea, encontrándose los loci homocigotos y heterocigotos teóricamente en equilibrio. Cuando estas poblaciones se autofecundan por varias generaciones, se logra

homocigosis en la mayoría de los loci, lo que ocasiona una pérdida considerable del vigor vegetativo.

Los efectos de dominancia y sobredominancia que se manifiestan al cruzar las líneas homocigóticas entre si, da lugar al fenómeno conocido como heterosis o vigor híbrido en lo cuál se fundamenta el método de hibridación en maíz.

La selección en líneas endogámicas que muestran una pérdida de vigor, favorece la selección de genes que gobiernan su supervivencia, y no necesariamente su rendimiento. Sin embargo, se espera que al cruzarse las líneas puras no emparentadas se obtenga heterosis en el rendimiento. (Poey 1978).

Los coeficientes de endogamia calculados para diez generaciones de autofecundación, cruza fraternales planta a planta y cruza con polen de varias plantas dentro de la misma línea. Se puede apreciar en la Fig. 2, que para lograr el nivel de endogamia obtenido por dos generaciones de autofecundación equivalente a 0.75 se necesitan de 6 a 7 generaciones de cruzamiento de hermanos completos y medios hermanos.

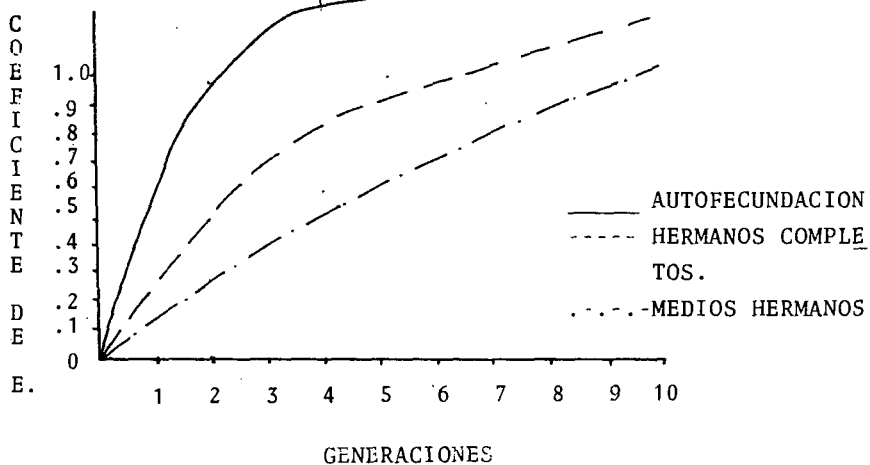
#### ENDOGAMIA LENTA.

Concepto aplicado por Poey (1975), para la formación de líneas puras.

Se realiza mediante una primera autofecundación, seguida de cruzamientos fraternales en las siguientes generaciones avanzadas donde cada mazorca dará lugar a una nueva sublínea. Esto se recomienda con el objeto de mantener un vigor adecuado que nos permita seleccionar efectos de genes cuantitativos, a la vez que se avanza hacia la homocigosis.

Los efectos aditivos pueden seleccionarse más efectivamente en la formación de líneas puras mediante una endogamia lenta que reduzca menos la pérdida de vigor característica del proceso de autofecundación. Esto se puede lograr alternando generaciones de autofecundación y de cruza fraternales dentro de cada línea, o bien usando un mayor grado de cruza fraternales que la autofecundación. Con esta medida se puede mantener

FIG. 2 Coeficiente de endogamia para tres sistemas de apareamiento durante diez generaciones. Poey (1978).



mayor vigor en las líneas durante su proceso de formación, -  
- permitiendo la mejor manifestación de los efectos aditivos -  
- que constituyen al rendimiento. Sin embargo esta modifica-  
- ción requiere mayor número de generaciones para alcanzar ho-  
- mocigosis.

### 3.3.1. Método clásico.

Para la obtención de líneas autofecundadas, se han -  
- establecido algunos procedimientos como el llamado método --  
- clásico o estándar.

Este método consiste en autofecundar poblaciones de  
- plantas algo numerosas, para poder seleccionar plantas apa-  
- - rentemente homocigóticas y hacer las combinaciones necesa-  
- - rias para obtener las mejores, usándolas como progenitores -  
- de los híbridos. Para ésto se requiere de 6 a 8 generaciones  
- de autofecundación (Sprague 1946). Las variedades de polini-  
- zación libre, son la fuente principal para obtener las lí-  
- - - neas autofecundadas.

Después de 6 a 8 generaciones de autofecundación y -  
- selección, las líneas formadas se cruzan con un progenitor -  
- común (variedad de polinización libre), los mestizos resul-  
- - - tantes de esos cruzamientos línea por variedad se someten a  
- prueba de rendimiento para determinar su Aptitud Combinato-  
- - - ria General (A.C.G.), (Sprague y Tatum 1942).

Las líneas seleccionadas por A.C.G. se someten a eva-  
- luación por Aptitud Combinatoria Específica (A.C.E.), la ---  
- - - cuál consiste en la formación de híbridos en todas las combi-  
- - - naciones posibles de las líneas puras y el ensayo de rendi-  
- - - miento de estos híbridos. Los resultados del ensayo nos di-  
- - - rán cuales son las mejores cruzas simples, éstas se cruzan  
- entre sí obteniendo las cruzas dobles (Anderson 1938).

La aptitud combinatoria es la capacidad de una línea  
- para transmitir productividad conveniente a su progenie híbrida.

La aptitud combinatoria general es el comportamiento



medio de una determinada línea en una serie de combinaciones híbridas y la aptitud combinatoria específica es el comportamiento de la combinación de dos líneas en una cruce determinada (Poehlman 1969).

Brauer (1969), indica que el propósito de obtener líneas homocigóticas, es lograr que la herencia sea constante para tener la seguridad de que cada vez que se haga la misma cruce se volverá a obtener aproximadamente el mismo híbrido.

La producción de maíz híbrido está basado en el fenómeno de la heterosis, en el cuál la cruce de dos variedades produce un híbrido superior en tamaño, rendimiento o vigor - en general, manifestándose este fenómeno en las plantas  $F_1$  - (Jugenheimer 1959).

La finalidad de autofecundar, es con el objeto de fijar caracteres convenientes en una condición homocigótica, - para que las líneas se puedan conservar sin que sufran cambios genéticos (Poehlman 1973).

Richey (1924), mide el vigor híbrido con respecto al vigor promedio de sus progenitores. Se manifiesta de muchas formas, por ejemplo: el maíz híbrido puede tener mazorcas -- más grandes, mayor número de hileras de grano por mazorca, - mayor número de nudos por planta, aumento del peso total de la planta o tener un mayor rendimiento de grano que las líneas autofecundadas que lo componen.

Hayes e Immer (1942), señalan que el proceso de autofecundación y selección en maíz de la siguiente manera:

1. Todas las líneas autofecundadas de maíz muestran una pérdida de vigor durante el proceso de endocría. Esta -- pérdida es mayor en la primera generación y es cada vez menor en cada una de las generaciones sucesivas, hasta que se llega a la homocigosis después de la cuál ya no hay pérdida de vigor.

2. Las líneas autofecundadas presentan diferencias - para muchas características.

3. Algunas líneas autofecundadas tienen mayor vigor

que otras aunque no difieran en su grado de homocigosis.

4. Algunas líneas autofecundadas son tan faltas de vigor que ya no pueden ser propagadas.

5. Autofecundaciones continuas resultan en la purificación del tipo.

Eckhardt y Bryan (1940), observaron que las cruzas simples de progenitores muy diferentes producían las cruzas dobles de más alto rendimiento. Ya que la diversidad genética es un factor importante para obtener los híbridos más convenientes.

Las líneas autofecundadas de fuentes que no sean afines tienen más probabilidades de producir híbridos mejores, que las líneas autofecundadas de la misma variedad.

### 3.3.2. Método de medios hermanos.

Este es un método derivado de surco por mazorca, descubierta en la Estación Experimental de Illinois en 1896.

Hopkins (1899), citado por Sprague, define que tiene como ventaja el conocimiento más en detalle de los individuos seleccionados, en base a la prueba de progenies que se efectua al sembrar surco por mazorca.

El trabajo consiste, en alternar los surcos de las familias que se desespigan oportunamente, con surcos del compuesto balanceado que servira para polinizar las familias de seespigadas.

El método de selección familiar para medios hermanos recibe este nombre por tratarse de mazorcas seleccionadas -- con el conocimiento solamente de las características de la planta madre, ya que el padre es un polinizador intercalado cada 4 surcos o familias y constituidos por contribuciones iguales de semilla de cada una de las familias del lote, formado así el compuesto balanceado E.M.M.A. (1976), citado por Mena M. (1979).

### 3.3.3. Método de hermanos completos.

Tuvo su origen este método igual que el anterior en

surco por mazorca, con la diferencia de que existe además del control de la hembra, el control sobre el progenitor macho y de esa manera se logra un conocimiento completo de los padres de las familias de hermanos completos.

Este método actualmente utilizado en CIMMYT (Centro - Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo); consiste en sembrar surco por mazorca de las familias que se trabajan, se efectúa una selección visual entre familias tan cerca como se pueda de la floración, después se practica selección dentro de las familias seleccionadas, escogiéndose aproximadamente 5 plantas por familia, las que se cruzan con otras plantas seleccionadas de manera semejante en otros surcos, cada planta con un surco diferente, los cruzamientos se llevan a cabo hasta donde sea posible.

Poey y colaboradores (1979), formaron híbridos usando familias de hermanos completos derivadas de 4 poblaciones de diferente origen genético. De estas hubo 22 que resultaron -- significativamente superiores, presentando en promedio una ganancia en rendimiento de 31% respecto a la mejor población -- (formada con las mejores 10 familias), al mismo tiempo pudo observarse una expresión de 12.39% más de rendimiento que los híbridos dobles formados por el sistema convencional; además además hubo 4 familias que superaron el rendimiento del híbrido testigo concluyéndose que este método es efectivo en el incremento del rendimiento.

#### 3.3.4. Cruzas crípticas (recíprocas).

Este es un sistema nuevo para la formación de híbridos de maíz, consiste en evaluar cruza recíprocas (PaP) entre dos variedades, en donde al mismo tiempo que se hicieron las cruza se autofecundaron ambos padres (Berlanga (1967), la ventaja de este método, es la rápida identificación de los mejores genotipos que se encuentran en la población.

La hibridación que se realiza autofecundando plantas y simultáneamente cruzando cada una de ellas con otra (la ---

cuál a su vez se autofecunda y se cruza con la primera), es un método diseñado por Hallauer para obtener híbridos de maíz de alta aptitud combinatoria específica (A.C.E.). Para realizar este trabajo, se necesita que por lo menos una de las plantas de cada par produzca dos mazorcas, una para la autofecundación y otra para el cruzamiento. Como se observa en la Fig. 3.

Este método se basa en la selección que se hace en la primera generación de cruzamiento para efectos genéticos dominantes favorables; en la segunda generación donde se selecciona dentro de cada línea de los pares seleccionados, también se selecciona hacia efectos epistáticos favorables. Siendo estos efectos la causa de la A.C.E. causante de la heterosis.

Los inconvenientes que presenta este sistema de mejoramiento son: no todas las variedades presentan prolificidad en las plantas de manera que se pueda hacer simultáneamente la autofecundación y el cruzamiento. Pero si la variedad es prolífica y cuatea, no será fácil polinizar a las dos mazorcas artificialmente por la dominancia apical de la mazorca superior. El otro inconveniente es igual al que se observa en la hibridación, por la rápida fijación de las líneas que causan la autofecundación, no hay manera posible de seleccionar dentro de cada una de ellas más allá de la tercera o cuarta generación.

### 3.3.5. Método modificado de Hallauer.

#### Hibridación entre líneas fraternales en maíz.

La modificación de este método surgió como consecuencia a los inconvenientes que presentaba el método original.

El método consiste en hacer los cruzamientos entre líneas fraternales que se obtienen en cada generación por apareamiento entre pares de plantas hermanas o cruza fraternales.

Primero hacemos el cruzamiento planta a planta (PaP), entre los pares de plantas para obtener las cruza simples,

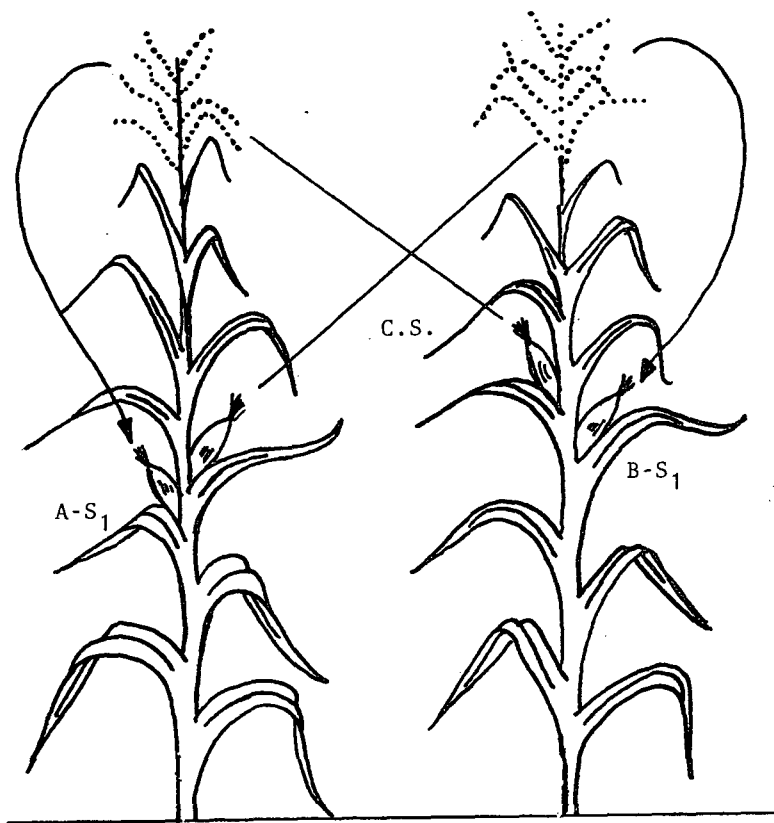


FIG. 3 Esquema del sistema de mejoramiento para la obtención de cruas crípticas.

y continuar con la derivación de líneas endogámicas, pero ahora no por autofecundación, sino también a través de otro cruzamiento (PaP) entre las dos plantas hermanas.

Se trabajará por lo tanto con dos pares de plantas para hacer dos tipos de cruzamientos (PaP); uno para obtener la cruce simple, y el otro para derivar la línea endogámica. Se puede apreciar en la Fig. 4.

Este tipo de apareamiento (cruzas fraternales) para la derivación de líneas, nos da la oportunidad de seleccionar -- dentro de cada línea y en cada generación. En cambio en la autofecundación no se tiene la misma facilidad para seleccionar por la rápida pérdida de vigor en las plantas.

El CUADRO 3 nos indica el coeficiente de endogamia (F) que se va obteniendo en cada generación de apareamiento endogámico durante las primeras cuatro generaciones, a través de la autofecundación y la cruce fraternal.

Se observa que la homocigosis en la cuarta generación de autofecundación es casi completa, mientras que con la cruce fraternal en la tercera generación apenas si se ha llegado a la mitad (la cuál ha sido ya alcanzada desde la primera generación por la autofecundación) y en la cuarta se ha llegado un poco menos de 60 por ciento.

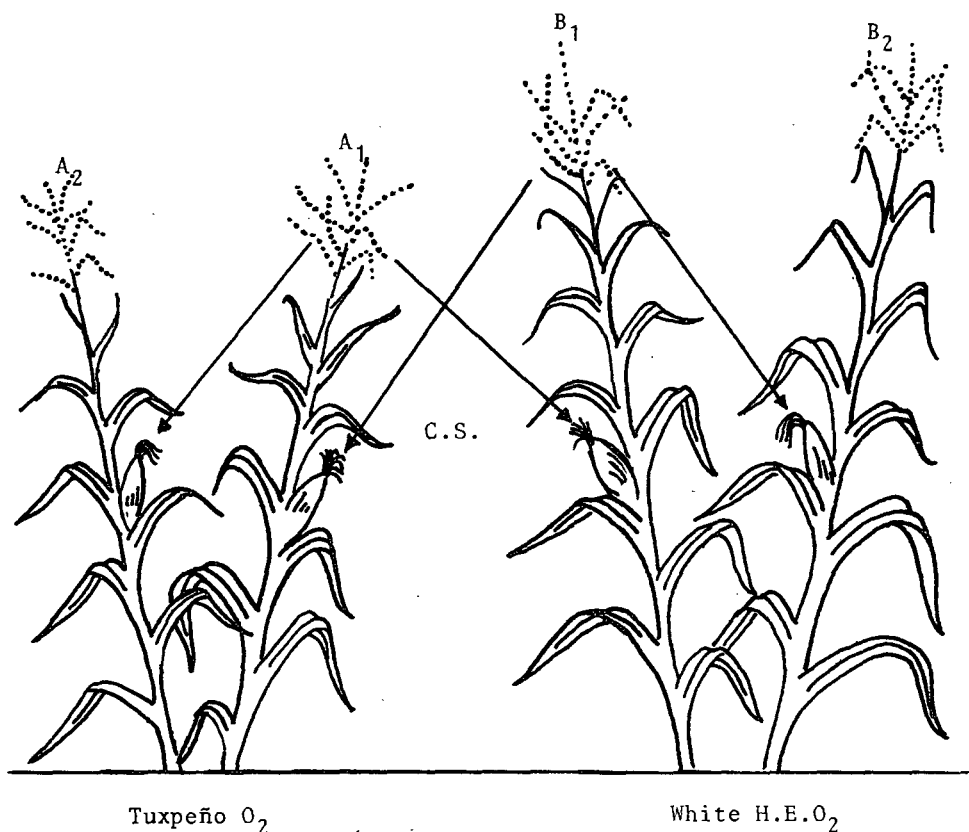


FIG. 4 Esquema del sistema de mejoramiento (modificación al método Hallauer).

Si designamos con letra a cada par de plantas (AyB) y con número a cada planta dentro de cada par; tendremos:

Par de hermanos A; A<sub>1</sub> planta polinizadora ♂ de B<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>.

A<sub>2</sub> planta ♀ de A<sub>1</sub>.

Par de hermanos B: B<sub>1</sub> planta polinizadora ♂ de A<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>.

B<sub>2</sub> planta ♀ de B<sub>1</sub>.

CUADRO 3

Coeficiente de endogamia (F).

Generación No.	Autofecundación	Cruza fraternal
1	0.500	0.250
2	0.750	0.375
3	0.875	0.500
4	0,938	0.594



#### 4. HIPOTESIS.

La hipótesis de trabajo del presente estudio es la siguiente:

El método modificado de Hallauer para la formación de híbridos, proporciona resultados a corto plazo y es efectivo para aumentar la producción por hectárea de maíz opaco-2, sin que pierda la calidad y cantidad de la proteína, característica de este maíz.

Esta hipótesis se basa en la selección de caracteres dominantes desde la primera generación, para obtener cruzas con un rendimiento favorable, así como la rápida identificación de los mejores genotipos que se encuentran en las poblaciones.

Este método comparado con los otros métodos para la formación de cruzas simples, tiene la ventaja de poder seleccionar mayor número de caracteres favorables, ya que al hacer cruzas fraternales se pierde menos vigor que haciendo autofecundaciones.

## 5. OBJETIVOS.

Los objetivos que se persiguen con la realización de este trabajo son:

Obtener cruzas simples con un buen rendimiento, modificación en el endospermo del grano y que conserve sus características nutritivas.

Obtener material uniforme (líneas endogámicas) para ser utilizado en otros trabajos de mejoramiento genético.

## 6. MATERIALES Y METODOS.

### 6.1. Descripción del medio ambiente.

El trabajo de selección se desarrolló en dos ambientes diferentes.

Iniciándose en el Campo Experimental de la Escuela de Agricultura de la U. de G. ubicado en Los Belenes, Municipio de Zapopan Jal. Teniendo una altura de 1598 m.s.n.m. y localizado a 20°43' de latitud norte y 103°23' de longitud oeste. - El clima se clasifica de sabana subhúmedo con una temperatura media anual de 22.9°C y una precipitación pluvial media de 885.6 mm (García 1973).

El segundo ambiente fué el Campo Experimental de la Escuela de Agricultura de la U. de G., ubicado en el municipio de La Huerta Jal, situado a una altura de 500 m.s.n.m. -- con una latitud norte de 19°28' y una longitud oeste de 104° 38'. El clima se clasifica de cálido semi-húmedo con una temperatura media anual de 1,105.5 mm (I.N.I.A. 1971)\*

Para la fertilización del experimento se utilizó la fórmula 160-40-00 aplicando en la siembra la mitad del nitrógeno y todo el fósforo; y en la segunda escarda el resto del nitrógeno.

Al momento de la siembra se aplicó herbicida Gesaprin combi en una dosis de dos kilogramos por hectárea y respecto a las plagas del suelo se aplicó junto con el fertilizante el insecticida Volatón al 2.5% P. 30 Kg/Ha.

### 6.2. Descripción del material genético.

El material utilizado en el presente trabajo experimental, fué de 23 variedades de maíz opaco-2 proporcionadas por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) para el Banco de Germoplasma de la Escuela de Agricultura de la U. de G. Estas variedades provienen de 4 poblaciones de diferente origen genético, y son:

\*Instituto Nacional de Investigación Agrícola.

Tuxpeño-O<sub>2</sub>:

Maíz de grano blanco dentado, de zonas bajas tropicales y sub-tropicales. Su madurez es tardía y la altura de planta intermedia. Sus niveles estimados de proteína total y de triptófano y lisina en la proteína en grano entero son 9.5%, 1.0% y 4.5%, respectivamente. Aceptablemente tolerante a las enfermedades foliares comunes.

Yellow H.E.O<sub>2</sub> (Amarillo E.D.O<sub>2</sub>).

Amarillo endospermo duro O<sub>2</sub>.

Maíz de grano amarillo semi-cristalino, de zonas bajas tropicales y sub-tropicales. Su madurez y altura de planta son intermedias, es una población de amplia base genética. sus niveles de proteína total y de triptófano y lisina en la proteína en el grano entero, estimados por la versión modificada (endospermo duro) son de: 9.4%, 0.8% y 4.7% respectivamente. Tiene un buen potencial de rendimiento. Es tolerante a las enfermedades foliares comunes.

White H.E.O<sub>2</sub> (Blanco E.D.O<sub>2</sub>).

Maíz de grano blanco semi-cristalino de zonas bajas tropicales y sub-tropicales. Su madurez y altura de planta son intermedias. Tiene una amplia base genética. Sus niveles de proteína total y triptófano y lisina en la proteína en el grano entero en la versión modificada (endospermo duro) son: 9.5%, 0.98% y 3.8% respectivamente. Tiene un buen potencial de rendimiento. Presenta tolerancia a las enfermedades foliares comunes.

Temp. x Trop. H.E.O<sub>2</sub> (Templado x Tropical Amarillo E.D.O<sub>2</sub>).

Este material se ha desarrollado mediante la conjunción de versiones opaco-2 de endospermo duro de diferentes tipos de materiales de zonas templadas y sub-tropicales. Se le ha sometido a cuatro ciclos de mezcla genética de medios hermanos. Este material tiene de 30 a 40% de germoplasma templado y 60 a 70% de germoplasma tropical. Posee buen poten-

cial de rendimiento y tiene plantas de altura intermedia. Lleva excelentes modificadores del locus opaco-2 para dureza de granos y contiene casi el doble de los niveles de lisina y -- triptófano en la proteína del grano completo.

En el CUADRO 4 se presenta la descripción de cada una de las variedades de maíz opaco-2, utilizándose dos testigos para el experimento: el Compuesto-K y el T-27.

### 6.3. Aplicación del método de Mejoramiento.

El trabajo de selección estuvo formado por cinco ciclos que se desarrollan de la siguiente manera:

#### 6.3.1. Evaluación de los materiales.

Este ciclo se sembró el 02/VII/76 (primavera-verano) en el Campo Experimental de la Escuela de Agricultura de la U. de G., Zapopan Jal. Para la evaluación de las variedades se empleó un diseño de Látice simple 5x5 con cuatro repeticiones; cada parcela estaba formada por dos surcos con una distancia entre ellos de 0.85 mts. ; y la distancia entre plantas de 0.50 mts.; ocupando 40 semillas por variedad.

La metodología a seguir fueron cruza fraternales -- (cruzamiento entre dos genotipos, generalmente dos líneas con sanguíneas), de las cuales se seleccionó para grano modificado. En la derivación de familias se etiquetaron 10 plantas de cada variedad para diferenciarlas, estando a polinización libre. Al momento de la cosecha se pesaron las mazorcas de las 10 plantas etiquetadas de cada familia, para saber cuáles variedades resultaron ser mas rendidoras.

#### 6.3.2. Formación de compuestos.

De las familias obtenidas se formaron cuatro compuestos, dos de maíz blanco opaco-2 y dos de maíz amarillo opaco-2. La forma en que se integró cada compuesto, tuvo como base a los progenitores de las diferentes familias. El CUADRO 5 -- nos indica como están constituidos los compuestos.

Las labores culturales fueron las recomendadas en cada región.

CUADRO 4

Materiales de maíz con el gene opaco-2 proporcionados por el (CIMMYT).

No.	Variedad	País	Parentesco
1	Guanacaste 7437	Costa Rica	Tuxpeño O <sub>2</sub>
2	Cotaxtla 7437	México	"
3	Sids 7537	Egipto	"
4	Ferke (1) 7537	Ivory Coast	"
5	Poza Rica 7537	México	"
6	Across 7537	Localidad	"
7	Pichilingue 7439	Ecuador	Yellow H.E.O <sub>2</sub>
8	Suwan 7439	Tailandia	"
9	Cotaxtla 7439	México	"
10	Across 7439	Localidad	"
11	La Maquina 7539	Guatemala	"
12	Ferke 7539	Ivory Coast	"
13	Poza Rica 7539	México	"
14	Across 7539	Localidad	"
15	Temp.xTrop.H.E.O <sub>2</sub>	México	Temp.x Trop.H.E.O <sub>2</sub>
16	Across 7440	Localidad	White H.E.O <sub>2</sub>
17	La Maquina 7540	Guatemala	"
18	Poza Rica 7540	México	"
19	Ferke (2) 7537	Ivory Coast	Tuxpeño O <sub>2</sub>
20	Tuxpeño O <sub>2</sub>	----	----
21	Yellow H.E.O <sub>2</sub>	----	----
22	White H.E.O <sub>2</sub>	----	----
23	P.D.(MS) <sub>6</sub> H.E.O <sub>2</sub>	----	----
24	Comp-K (test. 1)	----	----
25	T-27 (test. 2)	----	----

CUADRO 5

Forma en que estan integrados los cuatro compuestos de maiz opaco-2.

Compuesto 1 Amarillo. (1000 semillas)	Compuesto 2 Amarillo. (1000 semillas)
Yellow H.E.	Pozo dulce (M.S.) <sub>6</sub> H.E
Across 7439	Temp. x Trop. H.E.
Cotaxtla 7439	Comp. K.
Zuwan 7439	
Pichilingue 7439	
Poza Rica 7539	
La Maquina 7539	
Across 7539	
Ferke 7539	
Veracruz 181 x Ant.	
Compuesto 3 Blanco. (1000 semillas)	Compuesto 4 Blanco. (1000 semillas)
Across 7537	White H.E. O <sub>2</sub>
Tuxpeño O <sub>2</sub>	Across 7440
Ferke (1) 7537	La Maquina 7540
Cotaxtla 7437	Poza Rica 7540
Ferke (2) 7537	
Guanacaste 7437	
Poza Rica 7537	
Sids 7537	

La fecha de siembra de este ciclo fué en invierno - el 04/I/77, sembrando cuatro franjas de 25 surcos cada una con una distancia de 5 mts. La separación entre planta y -- planta fué de 0.25 mts.

Se efectuaron cruza<sup>s</sup> fraternales seleccionando para fenotipo modificado.

#### 6.3.3. Lote de formación de líneas.

Se obtuvieron 178 familias, 88 de maíz opaco-2 blanco y 90 de maíz opaco-2 amarillo. Autofecundándose ambas fa m i l i a s para fijar características y obtener líneas más h o m e c i g ó t i c a s.

Para la formación de las cruza<sup>s</sup> solo se trabajó con las líneas de maíz opaco-2 blanco. El ciclo de siembra fué primavera-verano (27/VI/77).

#### 6.3.4. Obtención de cruza<sup>s</sup> crípticas.

Las líneas seleccionadas de maíz amarillo se dejaron para otro sistema de mejoramiento genético.

Las 188 líneas de maíz opaco-2 blanco sirvieron para la realización de las cruza<sup>s</sup> simples.

- Las cruza<sup>s</sup> que se efectuaron en la floración fueron dentro de las líneas de un mismo parentesco y entre las líneas de diferentes parentescos, obteniendo:

Cruza<sup>s</sup> de líneas con el parentesco White H.E.O<sub>2</sub>.

Cruza<sup>s</sup> de líneas con el parentesco Tuxpeño O<sub>2</sub>.

Cruza<sup>s</sup> entre las líneas del parentesco White H.E.O<sub>2</sub> y las líneas del parentesco Tuxpeño O<sub>2</sub>.

Al mismo tiempo se llevaron a cabo cruza<sup>s</sup> fraternales, obteniendo líneas endogámicas que se utilizaron en otros trabajos de mejoramiento.

Se sembró en invierno (27/XII/77) utilizando la localidad de La Huerta, Jal..

#### 6.3.5. Evaluación de las cruza<sup>s</sup> simples.

El diseño empleado para seleccionar las cruza<sup>s</sup> simples más rendidoras fué un Láti<sup>c</sup>e simple 6x6 con dos repeti

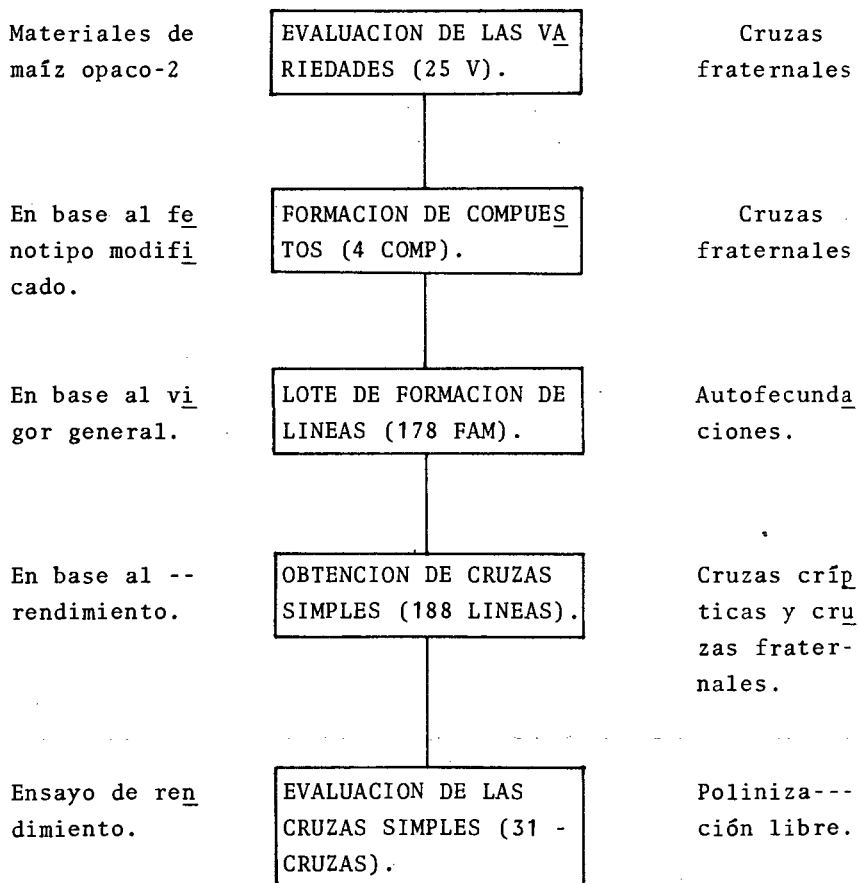


ciones, ocupando cinco testigos para el diseño, los que sirvieron para la evaluación del rendimiento. La siembra se realizó en primavera-verano (30/VI/78).

La densidad de siembra de este ciclo cambió de ----- 40,000 plantas/ha, a 20,000 plantas/ha, en relación a los cuatro ciclos anteriores. Debido a problemas con la germinación y a la presencia de malas hierbas.

La Fig. 5 presenta los pasos a desarrollar para el sistema de mejoramiento utilizado.

FIG. 5 Esquema del sistema de mejoramiento de la población en estudio.



## 7. RESULTADOS.

Los resultados obtenidos del sistema de mejoramiento se presentan a continuación:

Para la evaluación de los materiales de maíz opaco-2 se tomaron los datos de las 10 plantas de cada variedad cosechadas, las que se dejaron a polinización libre y que servirían para conocer el rendimiento de cada variedad.

### 7.1. Resultados de la evaluación en el látice 1.

7.1.1. Análisis de varianza para rendimiento de grano.

En el CUADRO 6 se aprecia que no existe diferencia significativa para repeticiones, indicando que el suelo se encontró en condiciones homogéneas.

En el análisis se incluyó bloques incompletos, observando una disminución de la varianza en el error experimental, y por consiguiente el valor del Coeficiente de Variación disminuyó. Habiendo diferencia significativa para bloques incompletos al 5%.

En familias la diferencia fué altamente significativa habiendo algunas familias con diferente capacidad de rendimiento. Continuando por ello con la prueba de Diferencia Mínima Significativa (D.M.S.), observando una diferencia al 5% de 0.932 Kg/ha (CUADRO 7).

De los cuatro materiales que resultaron ser los más rendidores y estadísticamente iguales, se apreció que uno de ellos es el testigo T-27 siendo éste un híbrido comercial.

### 7.1.2. Análisis de varianza para altura de planta.

El CUADRO 8 nos indica que existe una diferencia altamente significativa para la variable en estudio, permitiendo que la variabilidad que presentó el experimento se lo suficientemente amplia para poder seleccionar los individuos deseados para dicho carácter.

Las medias de altura de planta se presentan en el CUADRO 9.

CUADRO 6

Análisis de Varianza Látice I  
para la variable rendimiento.

FV	GL	SC	CM	FC	5%	FT	1%
Repeticiones	3	.1551	.0517	1.943	2.76	4.13	
Componente a	8	.7572					
Componente b	8	.0879					
Bloques Incompletos	16	.8451	.0528	1.984	1.81	2.32 *	
Familias	24	2.4381	.1015	3.815	1.75	2.20 **	
Error Experimental	56	1.4950	.0266				
Total	99	4.9333					

Coefficiente de Variación 13.7%

CUADRO 7

Materiales que resultarán ser estadísticamente iguales al nivel del .05% en la prueba de D.M.S. para la variable rendimiento. Látice I.

No.	Genealogía	Kg/Ha.
1	Sids 7537	7.554
2	TempxTrop H.E.O <sub>2</sub>	6.767
3	T-27	6.692
4	Poza Rica 7537	6.541
5	Cotaxtla 7437	6.240
6	Ferke (1) 7537	6.098
7	Guanacaste 7437	6.065
8	Across 7539	6.061
9	Across 7537	6.033
10	Ferke (2) 7537	5.835
11	Tuxpeño O <sub>2</sub>	5.784
12	Poza Rica 7540	5.755
13	Pichilingue 7439	5.718
14	Poza Rica 7539	5.713
15	White H.E.O <sub>2</sub>	5.374
16	Cotaxtla 7439	5.322
17	La Maquina 7540	5.129
18	Across 7439	5.064
19	Ferke 7539	4.969
20	Comp-K	4.955
21	Across 7440	4.889
22	La Maquina 7539	4.852
23	P.D. (MS) <sub>6</sub> H.E.O <sub>2</sub>	4.819
24	Suwan 7439	4.527
25	Yellow H.E.O <sub>2</sub>	4.428

CUADRO 8

Análisis de Varianza Látice I  
para la variable altura de planta.

FV	GL	SC	CM	FC	5%	FT	1%
Repeticiones	3	2.3	.7666	48.21	2.76		4.13 **
Componente a	8	.919					
Componente b	8	.296					
Bloques Incompletos	16	1.215	.0759	4.773	1.81		2.32 **
Familias	24	.880	.0366	2.301	1.75		2.20 **
Error Experimental	56	.895	.0159				
Total	99	5.29					

Coefficiente de Variación 4.23%

CUADRO 9

Medias de altura de planta de los materiales evaluados en el Látice I.

No.	Genealogía.	Altura en MTS.
1	Guanacaste 7437	2.83
2	Cotaxtla 7437	2.83
3	Sids 7537	2.78
4	Ferke (1) 7537	2.55
5	Poza Rica 7537	2.78
6	Across 7537	2.78
7	Pichilingue 7439	2.95
8	Suwan 7439	2.98
9	Cotaxtla 7439	2.68
10	Across 7439	2.78
11	La Maquina 7539	2.85
12	Ferke 7539	2.73
13	Poza Rica 7539	2.88
14	Across 7539	2.75
15	TempxTrop H.E.O <sub>2</sub>	2.80
16	Across 7440	2.78
17	La Maquina 7540	2.85
18	Poza Rica 7540	2.85
19	Ferke (2) 7537	2.68
20	Tuxpeño O <sub>2</sub>	2.80
21	Yellow H.E.O <sub>2</sub>	2.78
22	White H.E.O <sub>2</sub>	2.65
23	PD(MS) <sub>6</sub> H.E.O <sub>2</sub>	2.65
24	Comp-K	2.83
25	T-27	2.95

### 7.1.3. Análisis de varianza para altura de mazorca.

En el análisis la variable a estudiar presentó diferencia altamente significativa, la que se aprecia en el CUADRO 10.

Las medias de altura de mazorca de cada variedad se --  
presentan en el CUADRO 11.

### 7.2. Resultados de la evaluación en el látice II.

En el análisis de varianza solo aparece la componente  
b. La cuál sirve para medir la variabilidad entre bloques in-  
completos de distinto grupo. Se utilizan dos series de diferen-  
cias, la primera entre las columnas del grupo (X) y las filas  
del grupo (Y), la segunda entre las columnas del grupo (Y) y -  
las filas del grupo (X), se hace de esta manera puesto que las  
familias incluidas en una columna del grupo (X) corresponden -  
exactamente a las de una fila del grupo (Y) ocurriendo lo mis-  
mo entre cada una de las columnas del grupo (Y) y cada una de  
las correspondientes filas del grupo (X).

#### 7.2.1. Análisis de varianza para rendimiento de grano.

No hubo diferencia significativa para repeticiones en-  
contrándose el suelo en condiciones homogéneas.

Para bloques incompletos se observó una diferencia al-  
tamente significativa, así como para las cruzas simples, indi-  
cando que ha sido eficiente la utilización del diseño Látice -  
Simple respecto a los otros diseños experimentales (CUADRO 12).

Continuando con la prueba de Tukey para determinar cua-  
les cruzas son estadísticamente iguales en rendimiento al 5%,  
utilizando esta prueba por considerar que es más exacta que la  
prueba de (D.M.S) Diferencia Mínima Significativa. Indicando -  
en el CUADRO 13 las cruzas obtenidas.

Al comparar las distintas cruzas entre sí con el fin -  
de seleccionar las más rendidoras y utilizarlas para la forma-  
ción de un híbrido doble, se encontró que estadísticamente no  
existe diferencia significativa entre las 17 primeras cruzas -  
evaluadas al 5 %.



CUADRO 10

Análisis de Varianza Látice I  
para la variable altura de mazorca.

FV	GL	SC	CM	FC	5%	FT	1%
Repeticiones	3	1.68	.56	60.86	2.76	4.13	**
Componente a	8	.6092					
Componente b	8	.3783					
Bloques Incompletos	16	.9875	.0617	6.706	1.81	2.32	**
Familias	24	.64	.0266	2.891	1.75	2.20	**
Error Experimental	56	.5165	.0092				
Total	99	3.83					
Coeficiente de Variación 6.29%							

CUADRO 11

Medias de altura de mazorca de los materiales evaluados en el Látice I.

No.	Genealogía.	Altura en MTS.
1	Guanacaste 7437	1.55
2	Cotaxtla 7437	1.55
3	Sids 7537	1.48
4	Ferke (1) 7537	1.43
5	Poza Rica 7537	1.55
6	Across 7537	1.53
7	Pichilingue 7439	1.73
8	Suwan 7439	1.70
9	Cotaxtla 7439	1.53
10	Across 7439	1.58
11	La Maquina 7539	1.65
12	Ferke 7539	1.50
13	Poza Rica 7539	1.60
14	Across 7539	1.50
15	TempxTrop.H.E.O <sub>2</sub>	1.43
16	Across 7440	1.50
17	La Maquina 7540	1.60
18	Poza Rica 7540	1.63
19	Ferke (2) 7537	1.50
20	Tuxpeño O <sub>2</sub>	1.53
21	Yellow H.E.O <sub>2</sub>	1.53
22	White H.E.O <sub>2</sub>	1.48
23	PD(MS) <sub>6</sub> H.E.O <sub>2</sub>	1.40
24	Comp-K	1.60
25	T-27	1.63

CUADRO 12

Análisis de Varianza Láttice II  
para la variable rendimiento.

FV	GL	SC	CM	FC	5%	FT	1%
Repeticiones	1	.8	.8	4.241	4.24	7.77	
Componente b	10	9.516					
Bloques Incompletos	10	9.516	.9516	5.045	2.24	3.13 **	
Cruzas	35	16.983	.4852	2.572	1.92	2.54	
Error Experimental	25	4.717	.1886				
Total	71	32.016					

Coefficiente de Variación 16.45%

CUADRO 13

Cruzas que resultarán estadísticamente iguales al 5% con la prueba de Tukey.

No.	Genealogía.	Kg/Ha.
1	5940x6063	8.114
2	5970x6082	7.856
3	5969x5968	7.812
4	6040x5930	7.539
5	5969x6081	7.501
6	5975x6087	7.499
7	6049x5950	7.492
8	TC-41	7.228
9	5972x6086	7.174
10	5961z5963	7.040
11	5949x6061	7.024
12	6055x6000	7.021
13	6006x6012	6.965
14	5941x5940	6.944
15	5933x6054	6.819
16	5948x5949	6.362
17	5981x5982	6.346
18	5923x5925	6.191
19	5918x5929	6.165
20	5930x5933	5.984
21	5906x5907	5.812
22	6066x6011	5.786
23	5942x5943	5.744
24	T-80	5.739
25	5921x5922	5.675
26	6070x6005	5.649
27	5938x5939	5.435

.05%

## cot. del CUADRO 13

No.	Genealogía.	Kg/Ha.
28	5952x5953	5.245
29	6011x6053	5.221
30	Tuxpeño T.C.	5.049
31	TC-63	4.967
32	5916x5917	4.939
33	5934x5935	4.692
34	6069x5961	4.438
35	NK-991	4.214
36	5954x6069	4.118

El segundo grupo inferior está formado por las 19 -- cruzas restantes incluyendo a los 4 testigos que también se utilizaron en el presente ensayo.

De las mejores cruzas simples se obtuvieron:

Parentesco	Parentesco
10 de (Tuxpeño O <sub>2</sub> o) x (White H.E. O <sub>2</sub> o)	
3 de (White H.E.O <sub>2</sub> 0) x (Tuxpeño O <sub>2</sub> o)	
3 de (Tuxpeño O <sub>2</sub> o) x (Tuxpeño O <sub>2</sub> o)	
<u>1</u> de (Testigo TC-41)	
17	

En base a lo anterior, podemos decir que al cruzar líneas que provienen de poblaciones lejanamente emparentadas la diversidad genética que presentan, hace que haya mayor vigor híbrido.

7.2.2. Análisis de varianza para altura de planta. - se observó una diferencia altamente significativa para la variable en estudio, permitiendo seleccionar las cruzas con caractéres favorables, por la variabilidad que presentó el experimento (CUADRO 14).

El CUADRO 15 indica las medias de altura de planta de las cruzas simples obtenidas, donde se aprecia una disminución de 0.87 mts. entre las variedades de maíz opaco-2 del látice I y las cruzas de maíz opaco-2 del látice II.

7.2.3. Análisis de varianza para altura de mazorca.

No se presentó diferencia significativa para la variable en estudio (CUADRO 16).

Las medias de altura de mazorca de las cruzas simples, se aprecian en el CUADRO 17, donde hubo una disminución de la altura de mazorca de 0.45 mts. comparada con la altura de las familias del látice I.

CUADRO 14

Análisis de Varianza Látice II  
para la variable altura de planta.

FV	GL	SC	CM	FC	5%	FT	1%
Repeticiones	1	0	0	0	4.24		7.77
Componente b	10	.1808					
Bloques Incompletos	10	.1808	.0180	3.750	2.24		3.13 **
Cruzas	35	.535	.0152	3.166	1.92		2.54 **
Error Experimental	25	.1192	.0048				
Total	71	.912					

Coefficiente de Variación 3.6%

CUADRO 15

Medias de altura de planta de las cruzas simples del látice II.

No.	Genealogía.	Altura en MTS.
1	NK-991	1.75
2	Tuxp.T.C.	1.93
3	T.C.-41	2.10
4	T.C.-63	2.10
5	T-80	2.02
6	5906x5907	1.88
7	5916x5917	1.80
8	5918x5929	1.88
9	5921x5922	2.02
10	5923x5925	1.88
11	5930x5933	2.02
12	5933x5954	1.98
13	5934x5935	1.85
14	5938x5939	1.85
15	5940x6063	2.08
16	5941x5940	1.95
17	5942x5943	1.96
18	5948x5949	1.88
19	5949x6061	1.79
20	5952x5953	1.80
21	5954x6069	2.00
22	5961x5963	1.78
23	5969x5968	1.96
24	5969x6081	1.98



cot. CUADRO 15.

---

No.	Genealogía	Altura en MTS.
25	5970x6082	1.87
26	5972x6086	2.00
27	5975x6087	2.10
28	5981x5982	1.83
29	6006x6012	1.86
30	6011x6053	1.88
31	6040x5930	1.85
32	6049x5950	2.00
33	6055x6000	1.80
34	6066x6011	1.90
35	6069x5961	2.00
36	6070x6005	1.93

---

CUADRO 16

Análisis de Varianza látice II  
para la variable altura de mazorca.

FV	GL	SC	CM	FC	5%	FT	1%
Repeticiones	1	.013	.013	1.226	4.24		7.77
Componente b	10	.1756					
Bloques Incompletos	10	.1756	.0175	1.650	2.24		3.13
Cruzas simples	35	.405	.0115	1.084	1.92		2.54
Error Experimental	25	.2664	.0106				
<b>Total</b>	<b>71</b>	<b>.860</b>					
Coeficiente de Variación		9.44%					

CUADRO 17

Medias de altura de mazorca de las cruzas simples en el látice II.

No.	Genealogía	Altura en MTS.
1	NK-991	1.03
2	Tuxp.T.C.	1.03
3	T.C.-41	1.20
4	T.C.-63	1.24
5	T-80	1.28
6	5906x5907	1.00
7	5916x5917	1.10
8	5918x5929	1.05
9	5921x5922	1.08
10	5923x5925	1.05
11	5930x5933	1.20
12	5933x6054	1.07
13	5934x5935	1.07
14	5938x5939	1.07
15	5940x6063	1.22
16	5941x5940	1.05
17	5942x5943	1.05
18	5948x5949	1.12
19	5949x6061	1.00
20	5952x5953	1.10
21	5954x6069	1.10
22	5961x5963	.98
23	5969x5968	1.17
24	5969x6081	1.17
25	5970x6082	1.00
26	5972x6086	1.12

cot. CUADRO 17.

No.	Genealogía	Altura en MTS.
27	5975x6087	1.15
28	5881x5982	.95
29	6002x6012	1.06
30	6011x6053	1.05
31	6040x5930	1.07
32	6049x5950	1.07
33	6055x6000	1.10
34	6066x6011	1.07
35	6069x5961	1.17
36	6070x6005	1.12

## 8. DISCUSION.

El método modificado de Hallauer nos permite seleccionar y obtener mayor material genético puesto que al hacer el cruzamiento planta a planta para obtener la cruce simple también se continua con la derivación de la línea endogámica, pero ahora no por autofecundación si no por el cruzamiento (PaP) entre las dos plantas hermanas.

Las líneas endogámicas seleccionadas por apareamiento (PaP) cruce fraternal, tardan más en llegar a la homocigosis, habiendo mayor oportunidad de seleccionar dentro de cada línea y en cada generación, cosa que no sucedería si las líneas endogámicas fuerán obtenidas por autofecundación.

La selección que se hizo para disminuir la altura de las plantas y mazorcas fué eficaz, ya que hubo una pérdida de altura en la planta de 0.87 mts, y en la mazorca de 0.45 mts; parece ser una característica común cuando la selección para rendimiento es la principal, cosa que no sucede al seleccionar para otro tipo de características según citas bibliográficas.

Los genes que controlan la calidad y cantidad de proteína se considera que permanecen en forma aleatoria dentro de las cruces simples evaluadas, debido a que no han sido seleccionados estos parámetros. La diversidad existente dentro de dicha población, debe permitir seleccionar posteriormente genotipos con alto valor nutritivo en el grano, a la vez que permite cambiar la apariencia del gene opaco-2.

El principal objetivo en el mejoramiento de las poblaciones de maíz opaco-2, es el de modificar la estructura harinosa a una apariencia normal, tratando de mantener la calidad y cantidad de proteína, además de lograr el más alto rendimiento posible.

Los resultados hasta ahora han sido satisfactorios pero la difusión del maíz opaco-2 a los sectores necesitados

no ha sido eficiente, debido al poco interés que se le presta.

El sector oficial juega un papel importante en la -- alimentación, siendo necesario su apoyo en los trabajos enfocados al mayor consumo de alimentos de mejor calidad proteíca.

## 9. CONCLUSIONES.

De los análisis de varianza realizados en los ensayos de rendimiento para familias y cruzas simples, se concluye que existe diferencia significativa para familias y para cruzas simples una diferencia altamente significativa, por lo tanto el diseño empleado en el experimento fué efectivo.

El sistema de mejoramiento utilizado para poder obtener resultados a corto plazo y con las características deseadas, fué adecuado para los fines perseguidos.

Se recomienda volver a evaluar las cruzas simples para una mayor seguridad de los resultados, y poder después hacer una selección de las mejores cruzas simples y formar con ellas una cruzada doble.

De las mejores cruzas simples obtenidas se puede formar una cruzada doble la cuál haría posible la producción comercial de semilla de un híbrido doble, esperando que este híbrido tenga una zona de adaptación relativamente amplia, por provenir de líneas de primera autofecundación, que son todavía bastante heterocigotas.

De acuerdo con los resultados las líneas endogámicas realizadas (PaP) servirán como material básico para nuevos trabajos de mejoramiento genético.

## 10. BIBLIOGRAFIA.

- CIMMYT-PURDUE. 1977. Maíz de Alta Calidad Proteínica. Compendio de las Ponencias presentadas en el Simposio Internacional. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, el Batán México. Editorial Limusa.
- ALLARD, R.W. 1967 Principio de la Mejora Genética de las Plantas. Editorial Omega S.A. Barcelona.
- BRESSANI, R.J. ALVARADO Y F.VITERI, 1969. Evaluación en Niños de la Calidad de la Proteína del Maíz Opaco-2 Archivos Latino Americanos de Nutrición, Vol 19:129-140.
- FALCONER, D.S. 1972. Introducción a la Genética Cuantitativa. Compañía Editorial Continental S.A. México. - C.E.C.S.A.
- BRAUER, H.OSCAR. 1969. Fitogenética Aplicada. Editorial Limusa. México.
- JOHNSON, E.C. Y S.K.VASAL. 1972. Estudio para el Mejoramiento del Índice de Proteína en el Maíz. En Simposio sobre Desarrollo y Utilización de Maíces de Alto Valor Nutritivo. Colegio de Posgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
- MERTZ, E.T., L.S. BATES and O.E.NELSON. 1964. Mutant genethat changes Protein Composition and Increases Lysine Content of Maize Endosperm. Science 145: 279-280.



- POEHLMAN, J.M. 1969. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Editorial Limusa Wiley, S.A. México.
- POEY, F.R. Y E. VILLEGAS. 1970. Variaciones en el Fenotipo de Maíz Opaco-2. Reunión Latino Americana de Fitotecnia Colombia.
- POEY, F.R. Y E. VILLEGAS. 1973. Herencia en el Fenotipo Córneo en Maíces Opacos-2 y su Efecto en Contenido de Proteína y Triptófano del Endospermo.
- GARCIA V, M.A. 1975. Mejoramiento Gerarquizado en el Rendimiento y Valores de Proteína en una Población de Maíz Opaco-2. Tesis Profesional. Escuela de Agricultura de la Univ. de Guadalajara, Jal.
- BERLANGA F., F. 1967. Evaluación de un Nuevo Método en la Obtención de Maíz Híbrido. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México.
- MENA M., S. 1979. Respuesta a la Selección de Tres Métodos de Mejoramiento Aplicados a una Población de Maíz (Zeamays L.) Opaco-2. Tesis Profesional. Escuela de Agricultura de la Univ. de Guadalajara.
- MARQUEZ S., F. Hibridación entre Líneas Fraternalas en Maíz (Modificación al Método Hallauer). Proyecto de Investigación.
- JUGENHEIMER, W.R. 1959. Obtención de Maíz Híbrido y Producción Semilla. F.A.O. No. 62.

WILLIAM D. STANSFIELD. 1971. Teoria y Problemas de Genética. Serie de Compendios SCHAUM. Departamento de - Ciencias Biológicas California State Polytechnic College.

CONACYT. 1972. Simposio Sobre Desarrollo y Utilización de -- Maíces de Alto Valor Nutritivo. Colegio de -- Posgraduados, E.N.A. Chapingo, México. SAG--- 1973.

FAO. 1965. Anuario de Producción 19:48.

11. APENDICE.

CUADRO 18

Rendimiento de grano y algunas características agronómicas en las 4 repeticiones de los materiales de maíz opaco-2 evaluados en el látice I. Los Belenes Zap. Jal. 1976.

FAMILIAS	KG/HA	ALTURA DE PLANTA.	ALTURA DE MAZORCA.	DIAS A FLOR	
				♂	♀
1-1	5.2600	2.9	1.7	80	80
1-2	5.0704	2.8	1.4		
1-3	5.0704	2.6	1.5		
1-4	5.1968	3.0	1.6		
2-1	6.3440	2.7	1.5	79	80
2-2	5.8364	2.7	1.4		
2-3	4.8212	2.8	1.5		
2-4	4.6944	3.1	1.8		
3-1	5.5656	2.7	1.4	82	83
3-2	6.4932	2.8	1.5		
3-3	6.7584	2.6	1.3		
3-4	6.3608	3.0	1.7		
4-1	5.1672	2.7	1.5	79	81
4-2	5.3608	2.6	1.3		
4-3	4.3920	2.5	1.3		
4-4	5.4252	2.4	1.6		
5-1	5.9796	3.0	1.7	79	80
5-2	5.4304	2.5	1.4		
5-3	5.9797	2.7	1.4		
5-4	4.6372	2.9	1.7		
6-1	5.4004	2.4	1.2	80	81
6-2	5.6460	2.6	1.4		
6-3	4.9096	3.1	1.8		
6-4	4.6024	3.0	1.7		
7-1	5.6292	2.6	1.3	78	79
7-2	5.1656	3.0	1.7		
7-3	4.7684	3.1	2.1		

FAMILIA	KG/HA	ALTURA DE PLANTA.	ALTURA DE MAZORCA.	DIAS A FLOR	DIAS A FLOR
7-4	4.4372	3.1	1.8		
8-1	3.4540	2.6	1.5	83	83
8-2	3.6460	2.9	1.6		
8-3	3.7740	3.2	1.8		
8-4	4.0940	3.2	1.9		
9-1	3.4428	2.3	1.2	79	80
9-2	5.2360	2.7	1.6		
9-3	4.6624	2.8	1.7		
9-4	4.4472	2.9	1.6		
10-1	4.2032	2.4	1.4	80	80
10-2	5.0728	2.9	1.6		
10-3	4.3480	3.0	1.6		
10-4	3.4784	2.8	1.7		
11-1	3.9456	2.5	1.4	77	79
11-2	4.0944	2.7	1.5		
11-3	5.1180	3.2	2.0		
11-4	3.4120	3.0	1.7		
12-1	4.6712	2.6	1.4	77	79
12-2	4.0648	2.4	1.2		
12-3	4.7320	3.0	1.7		
12-4	4.0040	2.9	1.7		
13-1	5.0656	2.7	1.4	78	79
13-2	4.7764	2.8	1.5		
13-3	4.2684	3.0	1.8		
13-4	4.9208	3.0	1.7		
14-1	5.3684	2.6	1.4	77	78
14-2	4.6524	2.7	1.4		
14-3	5.5116	2.8	1.6		
14-4	4.7956	2.9	1.6		
15-1	4.9148	2.4	1.2	77	77
15-2	7.4448	2.8	1.4		
15-3	4.6256	2.9	1.5		

FAMILIA	KG/HA	ALTURA DE PLANTA.	ALTURA DE MAZORCA.	DIAS A FLOR ♂	FLOR ♂
15-4	5.9268	3.1	1.6		
16-1	5.0620	2.7	1.4	79	80
16-2	4.2184	2.6	1.3		
16-3	3.5044	2.9	1.6		
16-4	3.8940	2.9	1.7		
17-1	4.2664	2.5	1.3	78	79
17-2	4.8572	2.9	1.6		
17-3	4.5948	3.0	1.8		
17-4	4.2664	3.0	1.7		
18-1	5.1212	2.8	1.6	80	81
18-2	4.2676	2.7	1.5		
18-3	4.0544	2.8	1.6		
18-4	5.6904	3.1	1.8		
19-1	6.1848	2.5	1.3	83	83
19-2	4.7004	2.7	1.5		
19-3	3.9584	2.7	1.6		
19-4	4.7004	2.8	1.6		
20-1	5.1912	2.5	1.3	82	83
20-2	4.4772	2.8	1.6		
20-3	4.6720	2.9	1.6		
20-4	5.1912	3.0	1.6		
21-1	3.1320	2.4	1.3	81	82
21-2	4.8320	2.9	1.6		
21-3	3.9800	2.8	1.5		
21-4	3.4600	3.0	1.7		
22-1	4.3672	2.3	1.2	79	81
22-2	5.4256	2.5	1.4		
22-3	5.8888	2.8	1.5		
22-4	3.4408	3.0	1.8		
23-1	3.4412	2.4	1.1	80	81
23-2	3.5688	2.5	1.4		
23-3	4.5248	2.7	1.4		

FAMILIA	KG/HA	ALTURA DE PLANTA.	ALTURA DE MAZORCA.	DIAS A FLOR ♂	FLOR ♂
23-4	4.6520	3.0	1.7		
24-1	3.7176	2.4	1.2	82	82
24-2	5.6908	3.0	1.7		
24-3	4.1824	2.7	1.5		
24-4	3.2528	3.2	2.0		
25-1	5.1512	2.7	1.4	79	81
25-2	5.7164	3.0	1.6		
25-3	6.4076	2.8	1.6		
25-4	5.6576	3.3	1.9		

CUADRO 19

Rendimiento de grano y algunas características agromónicas en las 2 repeticiones de las cruzas simples de maíz opaco-2 obtenidas en el látice II. La Huerta Jal., 1978. (ver genealogía cuadro 17).

No.	KG/HA	ALTURA DE PLANTA.	ALTURA DE MAZORCA.
1-1	4.1317	1.80	1.05
1-2	3.6188	1.70	1.00
2-1	5.3341	2.00	1.05
2-2	5.0070	1.86	1.00
3-1	6.6070	2.10	1.20
3-2	7.7366	2.10	1.30
4-1	4.6564	2.10	1.20
4-2	6.4141	2.10	1.27
5-1	6.4752	1.95	1.25
5-2	6.4894	2.10	1.30
6-1	6.9788	1.85	1.00
6-2	4.7294	1.90	1.00
7-1	6.6400	1.95	1.10
7-2	3.2023	1.65	1.10
8-1	6.9952	1.90	1.10
8-2	6.2164	1.85	1.00
9-1	6.7529	2.00	1.07
9-2	5.1223	2.05	1.10
10-1	7.2870	1.80	1.05
10-2	6.8705	1.95	1.05
11-1	6.0917	1.90	1.05
11-2	8.0000	2.15	1.35
12-1	7.8847	2.00	1.10
12-2	6.4776	1.95	1.05
13-1	6.7529	1.85	1.00



No.	KG/HA	ALTURA DE PLANTA.	ALTURA DE MAZORCA.
13-2	2.6282	1.85	1.15
14-1	7.0800	1.90	1.20
14-2	4.7129	1.80	.95
15-1	10.0070	2.00	1.20
15-2	6.8423	2.15	1.25
16-1	7.9411	2.00	1.10
16-2	7.7600	1.90	1.00
17-1	5.5647	1.97	1.05
17-2	8.0870	1.97	1.05
18-1	6.1294	1.86	1.20
18-2	7.3552	1.90	1.05
19-1	7.1623	1.97	1.15
19-2	5.8258	1.60	.85
20-1	5.0188	1.95	1.20
20-2	5.3317	1.65	1.00
21-1	3.7223	2.00	1.05
21-2	4.0235	2.00	1.15
22-1	6.5341	1.85	1.00
22-2	8.3035	1.70	.95
23-1	7.1247	1.96	1.15
23-2	9.6023	1.95	1.20
24-1	7.5294	2.00	1.20
24-2	7.1741	1.95	1.15
25-1	5.5670	1.84	1.00
25-2	7.9411	1.90	1.00
26-1	5.8541	1.90	1.00
26-2	7.2141	2.10	1.25
27-1	6.4023	2.10	1.10
27-2	6.9600	2.10	1.20
28-1	4.9882	1.80	.90
28-2	7.3176	1.85	1.00
29-1	4.3764	1.85	.90

No.	KG/HA	ALTURA DE PLANTA.	ALTURA DE MAZORCA.
29-2	9.5129	1.87	1.23
30-1	3.8141	1.95	1.20
30-2	5.1882	1.80	.90
31-1	5.9388	1.80	.95
31-2	6.8894	1.90	1.20
32-1	4.9482	2.00	1.05
32-2	8.7011	2.00	1.10
33-1	5.3505	1.75	1.00
33-2	7.0047	2.00	1.20
34-1	3.3200	1.95	1.15
34-2	7.8117	1.85	1.00
35-1	4.0235	2.00	1.25
35-2	4.7670	2.00	1.10
36-1	3.9223	1.85	1.15
36-2	5.8840	2.00	1.10