

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRICULTURA



COMPARACION DE LA RESPUESTA A LA SECCION DE 4
METODOS DE MEJORAMIENTO EN UNA
POBLACION DE MAIZ (*Zea Mays L.*) OPACO - 2

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

ORIENTACION FITOTECNIA

P R E S E N T A

HUMBERTO RUELAS MURGUIA

Las Agujas, Municipio de Zapopan, Jalisco 1987



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Facultad de Agricultura

Expediente.....

Número.....

Enero 21, 1987.

ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRICULTURA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis del Pasante _____

HUMBERTO RUELAS MURGUIA _____, titulada -

"COMPARACION DE LA RESPUESTA A LA SELECCION DE 4 METODOS DE ME
JORAMIENTO EN UNA POBLACION DE MAIZ OPACO-2."

Damos nuestra aprobación para la impresión de la misma.

DIRECTOR,

ING. SALVADOR MENA MUNGUIA

ASESOR

ING. ELENO FELIX FREGOSO,

hlg.

ASESOR

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL.

Al contestar es. . oficio sírvase citar fecha y número

DEDICATORIA

*A mis padres que con su comprensión y sacrificio
ayudaron a la realización de mis estudios.
Salvador y Estela*

*A mi esposa con todo mi cariño por su total apoyo
y comprensión.
Yolanda*

*A mis hermanos por su apoyo.
Salvador, Estela, Armando, Guadalupe, Enrique, -
Teresa, Jesús y Rafael*

*A la familia Villaseñor Barajas
por su apoyo y comprensión*

*Al Sr. J.J. Filiberto Villaseñor de la Torre
por su apoyo*

*Al Ing. Salvador Mena Munguía
por su apoyo*

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de agricultura de la Universidad de Guadalajara por la enseñanza y apoyo brindado.

Al grupo E.M.MA. que sin su ayuda no hubiera sido posible llevar a cabo esta tesis.

Al Ing. Salvador Mena Munguía, por la dirección y revisión del manuscrito.

Al Ing. J. Antonio Sandoval Madrigal, por la orientación y revisión del manuscrito.

Al Ing. Eleno Felix Fregoso, por la revisión del manuscrito.

Al Dr. M. Abel Garcia Vazquez, por sus valiosas aportaciones y sugerencias al presente trabajo.

COMITE PARTICULAR

Director: Ing. Salvador Mena Munguia

Asesor: Ing. J. Antonio Sandoval Madrigal

Asesor: Ing. Eleno Felix Fregoso



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

CONTENIDO

PAG.

LISTA DE CUADROS.....
LISTA DE FIGURAS.....
RESUMEN.....
1. INTRODUCCION.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
3. HIPOTESIS.....	3
4. REVISION DE LITERATURA.....	4
4.1 Origen y características del malz opaco-2.....	4
4.2 Métodos de mejoramiento por selección.....	7
4.2.1 Selección masal estratificada.....	7
4.2.2 Medios hermanos maternos.....	9
4.2.3 Hermanos completos.....	11
4.2.4 Respuesta a la selección.....	13
5. MATERIALES Y METODOS.....	15
5.1 Características de las localidades donde se reali- zo el estudio.....	15
5.2 Prácticas de cultivo.....	16
5.3 Origen y características del material genético....	17
5.4 Desarrollo del experimento.....	17
5.5 Diseño experimental.....	18
5.6 Toma de datos.....	19
5.7 Aplicación de medios hermanos maternos con las va- riantes (Lonnquist-Paterniani) y (Compton y Coms - tock).....	20
5.7.1 Formación de familias de medios hermanos <u>ma</u> ternos (Lonnquist-Paterniani).....	20
5.7.2 Formación de familias de medios hermanos <u>ma</u> ternos (Compton y Comstock).....	21
5.7.3 Recombinación de familias de medios herma- nos (Lonnquist-Paterniani).....	21
5.7.4 Recombinación de las mejores cruzas de her- manos completos.....	22
5.8 Actividades anteriores a la evaluación final.....	23
5.9 Evaluación del avance genético por selección de - los métodos.....	24

	PAG.
6. RESULTADOS Y DISCUSION.....	26
6.1 Porcentaje de modificado en endospermo del grano	26
6.2 Evaluación de los ciclos de selección y pobla - ción base.....	26
6.3 Respuesta a la selección de los métodos.....	31
7. CONCLUSIONES.....	36
8. BIBLIOGRAFIA.....	37

LISTA DE CUADROS

	PAG.
CUADRO 1. Localización y fenotipo de genes opacos (Coe y Neuffer) (s/f).	4
CUADRO 2. % de proteína en endospermo, maíz normal y opaco-2	4
CUADRO 3. Uso del maíz para alimentación humana y forrajera por regiones, del año 1975 a 1977. (CIMMYT 1984)	5
CUADRO 4. Características agronomicas medias de las mejores 13 familias de medios hermanos variante. (C-C) Las Agujas Zapopan 1978	27
CUADRO 5. Características agronomicas medias de las mejores 13 familias de medios hermanos variante. (L-P) Las Agujas Zapopan 1978	28
CUADRO 6. Características agronomicas medias de las mejores 13 familias de hermanos completos. La Huerta 1978-1979	29
CUADRO 7. Analisis de varianza para rendimiento de grano de 6 poblaciones en estudio. Las Agujas Zapopan 1980	30
CUADRO 8. Prueba de rango multiple de 6 poblaciones estudiadas. Las Agujas Zapopan 1980	30
CUADRO 9. Promedios de rendimiento y características agronomicas de las poblaciones resultantes. Las Agujas Zapopan 1980	34
CUADRO 10. Formulas de la respuesta a la selección de cuatro métodos empleados y el tiempo requerido por ciclo de selección. Márquez 1985	35

LISTA DE FIGURAS

	PAG.
FIGURA 1. <i>Distribución de los valores fenotípicos de una población sujeta a selección.</i> <i>Tomada de Márquez (1985).</i>	13

RESUMEN

A una población de maíz portadora del gen opaco-2 (o_2) llamada (ver181 x ant gpo. 2) ven 1 se le aplicaron 4 métodos de mejoramiento familiar que son: selección masal estratificada (S.M.), - hermanos completos (H.C.), medios hermanos modificación a la variante propuesta por (Lonnquist-paterniani) (L-P) y medios hermanos variante (compton-comstock) (C-C) donde estos 2 tipos de medios hermanos, se implantaron en el mismo lote de selección.

Se realizó el presente estudio con los objetivos siguientes:

- 1).- Evaluar teórica y prácticamente la respuesta a la selección en los cuatro métodos empleados.
- 2).- Formar poblaciones mejoradas de alta calidad proteínica y endospermo de grano duro .

Con los resultados promedios de rendimiento de grano de cada método, se comparó los diferenciales de selección de hermanos completos, medios hermanos (L-P), medios hermanos (C-C) y selección masal, siendo: 76%, 26%, 29% y 21% de ganancia respectivamente - considerando como 100% el rendimiento medio de la población base. Por lo que el método de hermanos completos supero al de (S.M.) - con 54.78%, al de (C-C) con 46.45%, al de (L-P) con 49.13% en el diferencial de selección . Se comparo el método de medios hermanos (C.C) con el de (S.M.) y el de (L-P) resultando : 8.13% y - 2.68% de ganancia a favor de (C-C).

Se compararon los métodos de medios hermanos (L-P) y (S.M.) en contrandose el 5.65% de diferencial de selección a favor de (L-P) se observo la ganancia de rendimiento de grano en el primer ciclo de selección masal estratificada de 21.23% sobre la población base .

Se discute la ventaja del método de medios hermanos (L-P) sobre el de (C-C) considerando el ahorro en tiempo del primero sobre el segundo método.

Se reporto el aumento en el % de modificación de endospermo del grano en las poblaciones mejoradas por: hermanos completos - con 10%, y los dos medios hermanos con el 15%, en relación con - la población base .

Se presentan estudios que ponen de manifiesto la superioridad del maíz opaco-2 por su alto valor nutritivo.

Se concluye que el metodo familiar de hermanos completos es -- mas eficiente para rendimiento de grano, que los 3 metodos res-- tantes comparados en este trabajo, asi como los 2 tipos de medi-- os hermanos, son superiores para mejorar el rendimiento de grano que el metodo de selección masal estratificada.

1. INTRODUCCION

El objetivo del mejoramiento genetico en maiz, es el de cambiar una o mas caracteristicas geneticas de las plantas, para hacer que éstas sean mas utiles.

Pero necesitamos saber cual o cuales caracteristicas son las de mas alta prioridad por mejorar, así como el metodo o metodos mas adecuados para lograr cambiar o mejorar eficientemente, considerando el tipo de herencia genetica que se relaciona con la caracteristica de interes.

El rendimiento de grano y la calidad alimenticia del maiz han sido factores por mejorar desde años atras, pero actualmente la necesidad de alimentos es mas urgente, debido al aumento en la población humana.

por otra parte se cuenta con alimentos ricos nutritivamente, pero no siempre estan al alcance economico de un numero elevado de personas, que generalmente consumen estos alimentos nutritivos, pero no en forma frecuente, basando su alimentación en productos mas accesibles a su economia, tal es el caso del maiz en México y otros paises del mundo, que el consumo medio per-capita de este grano es elevado, por lo tanto, al enriquecer nutritivamente este cereal por medios geneticos, tambien la dieta alimenticia de sus consumidores seria mas nutritiva y sin cambios en sus tradiciones alimentarias.

Porque se podría adicionar fuentes de proteina, en alguna parte del proceso de elaboración de masa, tortilla, etc. Pero el sabor así como otras caracteristicas tradicionales cambiarían, en cambio, si se hace genéticamente incorporando el gene opaco-2 con endospermo modificado, al tipo de maiz consumido por tradición, se conseguiría que los productos elaborados con maiz opaco sean mas nutritivos.

Para rendimiento de grano, se pretende formar poblaciones de maiz opaco-2 con endospermo vitreo, para lo cual hemos utilizado cuatro metodos de selección familiar, que a su vez, evaluaremos la respuesta a la selección de cada uno de éstos, con el fin de conocer practicamente la eficiencia de los metodos en cuestion.

2. OBJETIVOS

- 2.1. *Evaluar teorica y practicamente la respuesta a la selección de 4 metodos de mejoramiento genetico en malz, dichos metodos son : SELECCION MASAL ESTRATIFICADA, MEDIOS HERMANOS - MATERNOS modificación al metodo llamado: LONNQUIST-PATERNIA NI , MEDIOS HERMANOS MATERNOS modificación al metodo llamado : COMPTON Y COMSTOCK y HERMANOS COMPLETOS.*

- 2.2. *Formar poblaciones de malz proteínicamente rico para consumo humano y animal con endospermo modificado.*

- 2.3. *Formar poblaciones de malz para derivar hibridos de alta calidad proteínica y/o poblaciones mejoradas de polinización libre.*

3. HIPOTESIS

Las hipótesis que apoyan el presente estudio son:

- 1.- El método de hermanos completos es superior en su respuesta a la selección a los métodos restantes evaluados en este estudio.
- 2.- El método de selección de medios hermanos maternos modificación a la variante COMPTON y COMSTOCK manifestara mayor respuesta a la selección que los métodos de selección para medios hermanos maternos modificación a la variante llamada: - LONNQUIST-PATERNIANI y al método de selección masal estratificada.
- 3.- El método de selección masal estratificada sera menor en su respuesta a la selección que los 3 métodos restantes.

Estas hipótesis estan basadas en los resultados obtenidos por diversos investigadores en la aplicacion de los métodos, como - podra observarse en la revision de literatura.

4. REVISION DE LITERATURA

4.1. Origen y características del maíz opaco-2

El gen opaco-2 propicia un aumento en el contenido de aminoácidos de importancia nutricional al disminuir otro tipo de proteína (ZEINA) sin importancia nutritiva, localizada en el endospermo - del grano .

Existen varias clases de mutantes portadores del gen opaco en maíz, que son:

SIMBOLO	LOCALIZACION	NOMBRE	FENOTIPO
o	4-gl3	opaco	endospermo opaco-c/almidon suave.
o-2	7-16	opaco-2	alto contenido de lisina
o-4	alelo fl	opaco-4	
o-5	7-gl	opaco-5	parecido opaco o c/endospermo suave.
o-6		opaco-6	parecido o letal en la germinacion.
o-7	10-80	opaco-7	parecido al o alto contenido de lisina.

CUADRO 1 LOCALIZACION Y FENOTIPO DE GENES OPACOS. (COE Y NEUFFER) (sin fecha).

Parece ser que de los genes opacos, es el opaco-2 el que provoca un aumento mayor de lisina y triptófano, por lo cual se incorpora mas comunmente para mejorar el valor nutritivo del maíz.

En el cuadro 2 se aprecia un estudio comparativo del contenido de proteína y sus componentes en el endospermo del grano de maíz normal (+) y opaco-2 (o₂) . (NELSON, 1969).

	Porcentaje de la proteína	
	+	o ₂
Albúminas	3.8	12.1
Globulinas	2.0	5.1
Prolaminas (zeína)	55.1	22.9
Glutelinas	31.8	50.1

CUADRO 2 % DE PROTEINA EN ENDOSPERMO, MAÍZ NORMAL Y OPACO-2

Si observamos el cuadro 3 que representa el uso del maíz como alimento humano y como forraje en el mundo, se puede decir que es, un grano de mucha importancia, en 1984 la cosecha mundial de maíz [449 toneladas métricas], colocó a dicho grano en segundo lugar después del trigo.

	ALIMENTACION HUMANA Kg./CAPITA	ALIMENTACION ANIMAL Kg./CA- PLTA
AFRICA ORIENTAL Y MERIDIONAL	59	2
AFRICA OCCIDENTAL	21	1
AFRICA DEL NORTE	23	16
PAISES DEL ASIA MEDIORIENTAL	9	11
ASIA DEL SUR	8	1
ASIA DEL SUR Y PACIFICO	19	2
MEXICO, CENTRO AMERICA Y CARIBE	82	21
REGION ANDINA Y SUDAMERICA	20	12
CONO MERIDIONAL Y SUDAMERICA	19	101

CUADRO 3 USO DEL MAIZ PARA ALIMENTACION HUMANA Y FORRAJERA POR REGIONES. del año 1975 a 1977. (CIMMYT. 1984)

Sin embargo el maíz normal, no es un alimento bien equilibrado ya que carece de las proteínas en cuanto a calidad y cantidad, - por tener un insatisfactorio contenido nutritivo de aminoácidos, del tipo de la lisina y el triptófano, que son indispensables para el desarrollo adecuado del hombre y para su salud.

De todos los cereales básicos, el maíz es uno de los de consumo más generalizado y ha sido tradicionalmente uno de los de menor calidad proteínica.

Por esto cuando en 1963 Mertz y sus colaboradores, en la universidad de Purdue, descubrieron que el gen mutante opaco-2 del maíz modificaba, el equilibrio de aminoácidos en la proteína del endospermo de grano.

Esto dio por resultado mayores cantidades de lisina y triptófano, abriendo buenas perspectivas para: productores de maíz de

autoconsumo, agricultores, genetistas, especialistas en nutrición humana y animal, pues se contaba con un tipo de maíz capaz de reemplazar satisfactoriamente a la leche de vaca.

El gen opaco-2 para manifestar el incremento alimenticio, requiere de encontrarse en condiciones homocigotica recesiva y presenta características indeseables como son: la apariencia física del grano que es sin brillo, es decir opaca, feculenta, además el grano de este mutante tiene un endospermo blando y menos denso, por lo tanto un menor peso específico que provoca una reducción del 10 al 15 % en el rendimiento, así como susceptibilidad a los ataques de insectos y a enfermedades en campo y durante el almacenamiento.

Sin embargo, existe un grupo de genes modificadores de esa apariencia suave y harinosa, por otra vitrea y dura que puede tener el peso específico del maíz normal (+/+) y al parecer son numerosos genes los responsables de este cambio.

Poey y Villegas (1973) reportan que el efecto modificador es cuantitativo con acción genica promedio de recesividad parcial y también efectos aditivos y parcialmente dominantes, así como efectos maternos.

Y al parecer existen poblaciones de maíz con un mayor número de genes modificadores.

Se cuenta con otra alternativa para evitar la textura suave y peso menor de grano del maíz opaco-2 y es la cruza del maíz mutante SUGARY (Su) por maíz opaco-2, ya que el maíz sugary no permite la separación de los granulos de almidon como ocurre en este maíz nutritivo (video cassette #5 CIMMIT 1982).

Existen trabajos con maíz opaco-2 en los cuales reportan las bondades alimenticias de este mutante, tanto en humanos como en animales monogástricos.

Pradilla y colaboradores (1969) en un hospital de cali colombia efectuaron ensayos clinicos con 2 niños desnutridos y afirman que "la calidad tanto del grano entero como del endospermo de este mutante es muy semejante a la de la caseina si se considera su valor biologico y su aprovechamiento proteínico neto"

Pradilla (1972) realizó 2 estudios más con niños desnutridos en Cali Colombia, encontrando resultados similares, comparado - el maíz opaco-2 contra proteína de origen animal, en donde el - restablecimiento de los niños fue completo. Pradilla resume "podría afirmar que el endospermo modificado tiene un elevado valor nutritivo, algo superior al de los tipos de grano de endospermo blando".

Bressani, Alvarado y Viteri (1969) en Guatemala realizaron un clínico con 6 niños desnutridos y los alimentaron con leche integra y maíz opaco-2. Los resultados obtenidos señalan que el maíz opaco-2 equivale al 90% del valor biológico de la proteína de la leche.

Los trabajos realizados con animales monogástricos alimentados con maíz opaco-2, donde se reportan las características alimenticias significativas de este maíz son: Mertz, Veron y Bates (1965) Pickett (1966), Gallo, Corzo y Maner (1968), Cuca.M (1972), Martínez y Shimada (1970).

Actualmente (CIMMYT) 1986 coordina cerca de 20 programas nacionales de maíz opaco-2 en el mundo.

4.2. Métodos de mejoramiento por selección.

Actualmente se cuenta con suficiente información de trabajos realizados en los últimos años, con los métodos recurrentes de selección masal estratificada, medios hermanos maternos y de hermanos completos, ya que debido a su utilidad representa, una herramienta de considerable valor para el mejorador de plantas, empleándose con fines distintos para lograr soluciones a caracteristicas indeseables existentes en germoplasmas prometedores.

Esto responde a la creciente necesidad de diseñar maíces con - mayor rendimiento de grano por hectárea, mejor altura de planta y mazorca, resistencia a enfermedades y plagas, precocidad, adaptación, calidad alimenticia entre otras características agronomicas, en las cuales están involucrados directa e indirectamente - los métodos familiares ya citados.

4.2.1. Selección masal estratificada.

De los métodos estudiados en el presente trabajo, el de selección

masal es el mas sencillo, ya que se basa en los rendimientos por planta y no en la evaluación de su progenie.✓

Se siembra un determinado numero de familias, de las cuales se mezclan un numero equitativo de semillas de cada mazorca, con lo que formamos un compuesto balanceado, con el fin de mantener la frecuencia genica de las familias en estudio, la siembra se reco mienda en un lote aislado y en forma cuadrada preferentemente.

En la cosecha, se sublotifica el terreno para obtener teorica mente el mismo numero de plantas por sublote, seleccionando solo mazorcas de plantas con competencia completa, es decir, deben te ner vecinas inmediatas sobre el surco a uno y otro lado.

La cosecha se hace por separado dentro de cada sublote selec cionando las mejores plantas segun características deseables, con las familias selectas se inicia otro ciclo de selección o formar la población mejorada de primer ciclo.

Este metodo presenta las siguientes ventajas:

- a)- La intensidad de selección es alta.
- b)- Ofrece una maxima recombinación y permite una maxima utili zación de la variabilidad genetica. Lonquist (1965).

Existen numerosos trabajos que reportan ganancias significati vas en rendimiento de grano:

Betancourt (1970), en la variedad criolla de Tlacolula 884, re--
 porta 10 %. Gardner (1961), en la variedad Hays Golden, con 3.8%
 Reyes y Gutierrez (1965), 2%. Calzada (1970), 2.84 % en la varie
 dad Celaya II .Bonilla (1971), 5.06% en la variedad México 208.-
 Romero y López (1968), 2.85% en un compuesto precoz de Honduras.
 Lonquist(1961), en la variedad Hays Golden obtuvo 3.42%.

Así mismo en 1982 en los campos experimentales del Centro In-- ternacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en Poza Ri ca Veracruz, se observo una variante de este metodo para mejorar la precocidad y rendimiento de maíz.

Para lo cual se aislo el lote masal por fechas de siembra y a la floración se dejo un tiempo determinado a polinización libre, despues se desespigo todo el lote, y a la cococha se selecciono solo las familias con mayor rendimiento y llenado de grano total desechandose las mazorcas con menor rendimiento y fecundación de grano (observación personal).

4.2.2. Medios hermanos maternos

Deriva su nombre este metodo por tener conocimiento de las plantas hembras que aportan las mazorcas, ya que los machos son formados por un compuesto balanceado de todas las familias que forman el lote.

El metodo de medios hermanos maternos se forma con un determinado numero de familias, que son sembradas surco por mazorca y entre las cuales se intercalan surcos formados por semillas de todas las familias y en forma equitativa (compuesto balanceado), y antes de que florescan las familias componentes de este lote se corta la espiga o fuente de polen, proporcinandolo solo los surcos sembrados por el compuesto balanceado y en condiciones de aislamiento con relación a otros maices cercanos, para evitar fecundaciones con granos de polen extraño al existente en el lote.

La cosecha se efectua solo en los surcos decespigados seleccionando las plantas de interes, que presenten competencia completa.

Las familias así escogidas son evaluadas en su comportamiento distinguiendo las mejores para formar una población mejorada, mediante la recombinación de las familias selectas.

Desde su creación en 1896 se han hecho cambios en su metodología tratando de hacer este metodo mas eficiente, en su función como instrumento para mejorar plantas y debido a que este mejoramiento se hace genéticamente por causar cambios perdurables, en el comportamiento de los vegetales, se buscan distintos elementos que faciliten su expresión genética desmascarandola de factores que producen cambios transitorios, a continuación se presentan dos metodologías distintas para seleccionar familias de medios hermanos designadas con los nombres de sus creadores: (Lonnquist-Paterniani) y (Compton y Comstock).

Metodo familiar de medios hermanos variante (Lonnquist-Paterniani)

Inicia de una población de amplia base genética, seleccionando 250 familias, que se siembran surco por mazorca en un lote aislado, se intercalan a la siembra surcos de machos, que están formados por semillas de todas las familias a mejorar y en número equitativo, por lo que es un compuesto balanceado, poco antes de -

La antesis en las 250 familias sembradas surco por mazorca, se desespigan o se corta la fuente de polen, a fin de que funcionen como hembras y el polen existente en el lote de mejoramiento sea proporcionado por los surcos intercalados de compuesto balanceado o machos, y en este mismo ciclo agrícola se siembran las familias a mejorar en lotes de observación, surco por familia en diferentes localidades, con el fin de evaluar el comportamiento de las familias en las diferentes localidades y reforzar la decisión en la selección de familias, en el lote de mejoramiento, las familias seleccionadas son recombinadas sin recurrir a la semilla remanente, como se puede apreciar, un ciclo de selección requiere de solo un año cuando se cuenta con el apoyo de siembras de invierno.

Metodo familiar de medios hermanos variante (Compton y Comstock)

Se parte de una población de amplia base genética, de la cual se evalúan y seleccionan 250 mazorcas, que se sembraran posteriormente en surco por familia, intercalando surcos de compuesto balanceado, formando este compuesto con la semilla de todas las familias que forman el lote de mejoramiento, en condiciones de aislamiento para conseguir la fecundación de las plantas seleccionadas, con el polen de los surcos machos sembrados con compuesto balanceado, ya que a las familias sembradas surco por mazorca se les corta la espiga y funcionan como hembras, después se recombinan las mejores familias usando semilla remanente, concluyendo un ciclo de selección por esta variante, el tiempo necesario por ciclo de selección para este metodo es de año y medio si se siembra en invierno.

Ganancias Reportadas:

Existen reportes científicos de utilización de este metodo con resultados positivos en cuanto a mejoramiento en maíz.

Geron (1972), comparó los metodos de selección masal estratificada y medios hermanos maternos y concluyo que la selección de medios hermanos con semilla remanente fue significativamente superior a la selección masal.

Paterniani (1967), encontro 13.6% de ganancia por ciclo de selección, en una variedad de polinización libre del Brasil.

Romero (1967), 17.7% en un compuesto de tuxpeño, Espinoza y Alvarado (1970), 13.5% en una variedad llamada P.D (M.S), Sevilla (1975), en la variedad P.M.C-562 9.45%, Compton y Bahador (1977) continuando la selección iniciada por Lonquist, en 1961 obtienen 5.6 en promedio de 10 ciclos de selección.

Y en el aprovechamiento de las bases genéticas selectas por este método de selección como fuente de líneas en la formación de híbridos, se pueden citar los siguientes estudios:

Genter y Alexander (1966), Lonquist (1966), Penny (1968), Hallauer (1967), Russell y Eberhart (1975), y Hoegeneyer (1974), quienes demostraron que las líneas y cruza, derivadas de poblaciones mejoradas por este método, fueron superiores a las líneas y cruza de las poblaciones originales.

Por otra parte el (CIMMYT), reporta la utilización de este método en la formación de poblaciones mejoradas de malz. En este centro, el metodo de medios hermanos maternos recibe y sede familias, recibe familias que son incorporadas a las ya existentes en este método, para una población dada y en base a resultados de evaluaciones, sede familias selectas que enriquecen poblaciones específicas.

En el caso de la población "Largo del Dia" que esta formada por 130 familias de medios hermanos, de diferente origen, se efectua el metodo de medios hermanos maternos en 5 localidades de diferente ambiente en México, sin tomar en cuenta el origen de las familias componentes, por lo cual, la recombinación de las mejores familias ha hecho de esta población insensible a la latitud. (video cassette # 5 CIMMYT. 1982).

4.2.3. Hermanos completos

En este método se conocen los dos progenitores de la cruza y se seleccionan las características fenotípicas de ambos para aceptar a su progenie, representada en la cruza.

El lote se siembra surco por familia y la polinización se hace manualmente, ya sea en forma reciproca o en un solo sentido

Seleccionando plantas de una familia y cruzarlas por plantas de otras familias.

La cosecha se efectua seleccionando y/o evaluando, características de los progenitores que ayudan a la elección de sus progenies.

La evaluación de las cruza de hermanos completos, indicara en base a las características deseadas, los mejores hermanos completos formados anteriormente.

Al recombinar las mejores cruza, usando semilla remanente, se obtiene una población selecta por contener a los genotipos seleccionados.

Existen numerosos trabajos que indican aumentos significativos en el mejoramiento poblacional para rendimiento de grano por este metodo:

Lonquist (1965), 14 % de aumento en rendimiento en el primer ciclo de selección, Moll y Stuber (1971), 2.5 a 4.0% de ganancia por ciclo, Castro (1969), reporta 6%, Villena y Johnson (1972), Johnson y Fischer (1980), en estos dos ultimos trabajos se reporta la reducción de altura de planta como característica principal seleccionada, redujeron durante: siete, seis y cuatro ciclos la altura de la planta en 63, 33 y 47 centímetros respectivamente en el trabajo de 1972, y 83, 88 y 114 centímetros en los ciclos 9, 12 y 15, en 1980.

El metodo de hermanos completos, ademas de ser una herramienta eficiente para la formación de variedades mejoradas de polinización libre, es tambien una de las mejores alternativas para el mejoramiento de las bases geneticas previo a la formacion de híbridos.

Esto se debe a que el metodo de hermanos completos concentra efectos geneticos en la proporción de $1/2$ de la varianza genetica aditiva y un $1/4$ de la varianza genica de dominancia, por lo que ayuda al aumento de la frecuencia de los efectos aditivos favorables y tambien aumenta la frecuencia de los efectos geneticos no aditivos.

Lonquist y Williams (1967), Hallauer (1973), y Poey y colaboradores (1979), han demostrado que las lineas y sus correspon-

dientes cruza a partir de poblaciones, previamente mejoradas - por este metodo de selecci3n, son superiores a las obtenidas de las poblaciones originales.

Por otra parte el (CIMMYT), emplea este metodo de selecci3n en trabajos de: Morfologia (reducci3n de altura de planta, espiga y area foliar), resistencia a sequia, enfermedades e insectos. Calidad prote3nica del ma3z (ma3z opaco-2) y para rendimiento de grano (VIDEO CASSETTES # 5,6 y 8 1982).

4.2.4. Respuesta a la selecci3n

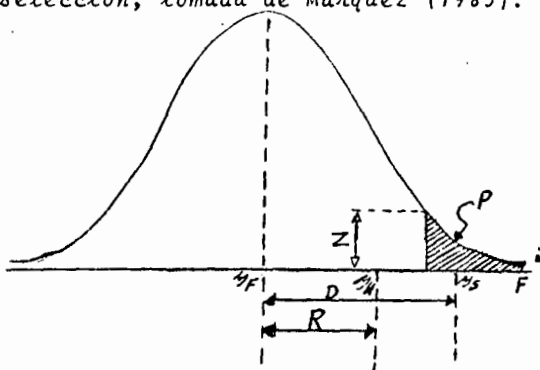
Al efecto de seleccionar un determinado numero de plantas mediante un metodo de selecci3n, en una poblacion con distribuci3n normal de sus caracteristicas fenot3picas y crear otra poblacion con su progenie, dicho efecto hace que el valor de los caracteres deseables del progenitor medio, sea menor que el valor de los caracteres deseables de su progenie medio, y al valor de las diferencias entre las medias (progenitor - progenie), se le llama avance genetico o respuesta a la selecci3n:

Y la explicaci3n de este efecto, es debida al aumento de la frecuencia genica de caracteres deseables, de herencia cuantitativa presentes en la poblacion progenitora y la aplicaci3n de cualquier metodo de selecci3n, ya que estos metodos hacen uso de la acci3n genica aditiva.

La respuesta a la selecci3n la define M3rquez (1985), como es la desviaci3n con respecto a \bar{Y}_F (media de la poblacion) de la media de la progenie (\bar{Y}_P) de los individuos seleccionados.

Falconer (1971), la define: El cambio de la media de una poblacion producido por la selecci3n.

FIGURA 1 Distribuci3n de los valores fenot3picos de una poblacion sujeta a selecci3n, tomada de Marquez (1985).



En la figura 1 se muestra : la precisión de selección, el diferencial de selección y la respuesta a la selección.

Precisión de selección (P). Es el porcentaje de individuos seleccionados, corresponde a la porción de la población simbolizada - por la zona achurada bajo la curva normal y el eje de las abscisas (F, en este caso).

Diferencial de selección (D). Es la desviación con respecto a de la media de individuos seleccionados,

Z representa los valores estandarizados correspondientes a las ordenadas.

A continuación se presentan las formulas de la respuesta a la selección de los metodos aplicados en este estudio.

Selección masal
estratificada

$$R_{sm} = \frac{i \frac{1}{2} \sigma^2 A}{\sigma_{sm}}$$

Medios hermanos
(L-P)

$$R_{L-P} = \frac{iB \frac{1}{2} \sigma^2 A}{\sigma_B (MH)} + \frac{iw \frac{3}{2} \sigma^2 A}{\sigma_w (MH)}$$

Medios hermanos
(C-C)

$$R_{C-C} = \frac{iB \frac{1}{2} \sigma^2 A}{\sigma_B (MH)} + \frac{iw \frac{3}{2} \sigma^2 A}{\sigma_w (MH)}$$

Hermanos completos

$$R_{HC} = \frac{iB \frac{1}{2} \sigma^2 A}{\sigma_B (HC)} + \frac{iw \frac{1}{2} \sigma^2 A}{\sigma_w (HC)}$$

En donde:

R= respuesta a la selección

i= intensidad de selección aplicada

iB= intensidad de selección entre las familias

iw= intensidad de selección dentro de las familias

$\sigma^2 A$ = varianza genetica aditiva

σ_{sm} = desviación estándar de la población en selección masal

σ_B = desviación estándar entre familias

σ_w = desviación estándar de los individuos dentro de las familias

5. MATERIALES Y METODOS.

5.1. Características de las localidades donde se realizó el estudio

Localidades: Las agujas, municipio de Zapopan, Jal.

Campos experimentales de la escuela de agricultura de la Universidad de Guadalajara.

Localizados a los $20^{\circ}43'$ de latitud Norte y a los $103^{\circ}23'$ de longitud Oeste, el tipo de clima se clasifica como de: Sabana Subhúmedo con oscilación térmica extremosa, cuya temperatura media anual es de 22.9°C .

Con una precipitación pluvial media anual de 906.1 m.m. y 1,700 metros S.N.M. (Plan Lerma 1966).

Localidad: La Huerta, Jalisco.

Campos experimentales de la escuela de agricultura de la Universidad de Guadalajara.

Dichos campos se localizan en el municipio de La Huerta, a los $19^{\circ}28'$ de latitud Norte y a los $104^{\circ}38'$ de longitud Oeste, tiene una altura sobre el nivel del mar de 500 metros, y el clima se clasifica como Cálido sin cambios térmicos invernales bien definidos y semiseco, con Otoño, Invierno y Primavera secos, con una temperatura máxima de 43°C . y mínima de 9°C . la temperatura media anual es de 25.2°C . y una precipitación media anual de 1,105.5 milímetros, distribuidos de Junio a Octubre (I.N.I.A. 1977).

5.2. Practicas de cultivo.

Este estudio se realizo en las siguientes localidades y fechas de siembra.

Localidades	Ciclo	Fechas de siembras	y Cosecha
La Huerta	Invierno	11-Dic.-1977	29-Mayo-1978
Las Agujas	Temporal	15-Junio-1978	2-Dic.-1978
La Huerta	Invierno	9-Enero-1979	27-Mayo-1979
Las Agujas	Temporal	20-Junio-1979	
Las Agujas	Temporal	1-Julio-1980	21-Dic.-1980

En la preparaci3n del terreno se dio, en las seis ocasiones, un barbecho y los pasos de rastra fueron de 1 a 3 por las condiciones del terreno.

La distancia entre surcos fue de 80 centimetros.

La dosis de fertilizantes fue la 160-60-00 usando todo el fosforo mas, la mitad del nitrogeno mas, insecticida contra plagas - del suelo en la siembra y el resto de nitrogeno en la primera escarda.

Antes de la siembra se utilizaron lazos y estacas, para delimitar el lote experimental, con una longitud de surcos de 5 metros en el caso de prueba de rendimiento, lotes de selecci3n familiar y lotes de aumento de semillas.

En la siembra se utilizaron 2 semillas por golpe, para asegurar la densidad de plantas optimas, con una distancia de 25 centimetros entre plantas, que posteriormente fueron raleadas a una planta por golpe para obtener una densidad de poblacion aproximada - de 50,000 plantas /Ha., la siembra se hizo manualmente.

Se uso gesaprim-combi para el control de malezas en una dosis de 3 Kgs./Ha., en forma preemergente.

Para el control de insectos en el suelo y en el follaje se uso volaton 2.5% granulado y dipterex 2.5% granulado respectivamente, para controlar al frailecillo (macroductylus sp.) que atac3 en el ciclo de temporal de 1978 se uso sevin 80 p.h. .

Para facilitar el trabajo de: polinizaci3n manual, toma de datos, selecci3n de familias y cosecha se numeraron los surcos con etiquetas, colocadas cada 5 surcos.

5.3. Origen y características del material genético.

El maíz empleado en el presente estudio es la variedad (Ver. - 181 x Ant. Gpo. 2) Ven 1 (o₂/o₂), que es formada por 3 variedades: El Veracruz 181, que es un material de origen tropical colectado en Tihatlán, en el estado de Veracruz.

El Ant.Gpo. 2 (Antigua grupo 2), es un compuesto tropical de - germoplasma del caribe, formado por 6 variedades colectadas en - la isla de ANTIGUA de las Antillas menores.

El Ven 1 (Venezuela 1), es una variedad mejorada tipo Flint, - formada en Venezuela.

La crucea intervartietal fue realizada por el (CIMMYT), iniciando por la crucea de los materiales Ver 181 por Ant. Gpo. 2 así - formando la crucea Ver 181 x Ant Gpo 2 en versión opaco-2, que - fue complementada por la crucea de la variedad Venezuela 1 ovaco-2 para quedar integrada de esa manera la variedad (Ver 181 x Ant Gpo 2) Ven 1 opaco-2, portadora de genes modificadores de la textura del grano. García (1975).

Esta variedad presenta color de grano amarillo del tipo semi-cristalino, mostrando segregaciones en el porcentaje de modificado del endospermo del grano.

Con altura de planta media y ciclo vegetativo intermedio, fue proporcionada a la escuela de Agricultura de la Universidad de - Guadalajara por el (CIMMYT), en 1972 García (1975).

5.4. Desarrollo del experimento.

Este trabajo inicio con 100 familias de selección masal de la variedad (Ver 181 x Ant Gpo 2) Ven 1 opaco-2 .

Se formo un compuesto balanceado de semillas, con las 100 familias, esto es, que de cada familia se conto un numero igual de - semillas, con el objeto de mantener la frecuencia genica de cada una de las familias, en forma teoricamente equilibrada.

Y en el ciclo agricola Invierno 1977-78, se implanto un lote - de selección masal formado por 41 surcos de 40 metros de largos, con una población de 6,560 plantas aproximadamente, el lote se - aislo de los demas maices cercanos por fechas de siembra, el suelo tenia suficiente humedad, por lo que el lote germino bien sin necesidad de riego.

Durante el desarrollo vegetativo se eliminaron plantas, que presentaban características indeseables, como enfermedades y deformaciones.

A la cosecha se estratifico el lote masal, los estratos formados midieron 4 surcos por 4 metros de longitud, con un total de 36 sublotes, ya que se eliminaron 2 metros de cada extremo y 3 y 2 surcos orilleros respectivamente, tratando de anular efectos de orilla y facilitar la estratificación.

La selección se realizó considerando características fenotípicas como: Altura de planta y mazorca, sanidad en planta y mazorca, prolificidad, porcentaje de modificado en endospermo, competencia completa así como otras características deseables.

Para la altura de planta y mazorca así como modificado de endospermo se considero, el promedio de la población y del sublote.

De este lote de selección masal se obtuvieron 242 familias, las que se desgranaron, numeraron y embolsaron por separado.

Por lo tanto la presión de selección fue de 3.6%.

En el ciclo agrícola Primavera - Verano 1978, se efectuó la evaluación de las 242 familias procedentes del ciclo anterior, así como la formación de medios hermanos maternos modificación a la variante propuesta por (Compton y Comstock) y por (Lonnquist-Paterniani), donde estas 2 variantes modificadas se efectuaron en el mismo lote de selección para medios hermanos, lo cual se explicara posteriormente en forma detallada.

5.5. Diseño experimental

Para evaluación de familias procedentes de la selección masal, se utilizó el diseño experimental, latice simple 16x16 con una sola repetición de cada grupo (x,y), 2 surcos por tratamiento.

Este diseño estuvo formado por las 242 familias ya mencionadas y 14 materiales comerciales y poblaciones, actuando éstos como testigos.

La utilización de este método obedece al elevado número de variantes por evaluar principalmente, además de las características ventajosas que presenta este diseño.

Se conto la semilla y se hizo la aleatorización del experimento, siendo el sorteo para el grupo X entre y dentro de hileras - y para el grupo Y entre y dentro de columnas.

Se acomodaron los tratamientos en base al sorteo y se sembraron, también con este acomodo.

5.6. Toma de datos.

1.- Días a floración. Se tomo el dato de días a floración masculina y femenina, considerando éstas cuando el 50% de las plantas estaban en anthesis y visibles los estigmas del jilote, en cada parcela.

2.- Altura de planta y mazorca. Este dato se determinó considerando la distancia de la base del suelo y las bases de espiga y mazorca, respectivamente, para esto se midió las plantas promedio de cada parcela.

En cuanto a enfermedades, en este ciclo no se calificó para éstas, porque su incidencia fue casi nula.

3.- Numero de plantas cosechadas y plantas caídas. En el momento de la cosecha se hizo el conteo de las plantas existentes en cada parcela, así como el numero de plantas acamadas.

4.- Calificación de planta y mazorca. Se utilizó una escala de calificación para plantas y mazorcas de 1 a 5 siendo 5 lo peor considerando: vigor y homogenidad de plantas y mazorcas, plantas caídas, sanidad de plantas y mazorcas y numero de mazorcas por parcela.

5.- Rendimiento y numero de mazorcas por parcela. En el momento de la cosecha, se tomó el peso de mazorcas, de todas las plantas existentes en la parcela y se contaron las mazorcas al ponerlas en la bascula.

6.- Peso de muestra y peso de olote por muestra. Se tomo el peso de una muestra tomada al azar, de cinco mazorcas por parcela y el peso de olote de la muestra, con el objeto de conocer el % de desgrane. Estas muestras fueron posteriormente ajustadas al 15% de humedad.

7.- Porcentaje de modificado de endospermo de grano. Para to--

mar este dato, se uso una pantalla iluminada para facilitar la observación del grado de modificación del endospermo, de las familias componentes del latice, observandose sobre la pantalla la semilla remanente, basandonos en una escala de 1 a 9 siendo 9 - los granos 100% opacos.

Los resultados de la evaluación se llevaron a toneladas de grano/Ha. para conocer las mejores familias en rendimiento.

5.7. Aplicación de medios hermanos maternos con las variantes (Lonnquist-Paterniani) y (Compton y comstock).

Como se menciona anteriormente se aplicaron los 2 diferentes - metodos a un mismo lote de selección, para lo cual se sembraron 242 familias (mismas del latice) ocupando cada familia un surco.

Por la imposibilidad de aislar el lote en el campo experimental de los maices cercanos, no se formo un compuesto balanceado de semillas, para que actuaran como polinizador comun entre las familias, si no la polinización se hizo manualmente.

5.7.1. Formación de familias de medios hermanos maternos (Lonnquist-Paterniani) (L-P).

Antes de florecer las familias se eliminaron plantas que mostraron características indeseables y se cubrieron los jilotes, - con bolsas de plastico, para evitar fueran fecundadas por el polen ajeno a estas familias, logrando tambien con el jiloteo fecundar las plantas con el polen deseado.

La polinización se llevo a cabo dividiendo en 2 partes el lote, de donde en 121 surcos se formo un compuesto de polen, para lo - cual, se tomo el polen de cada una de las plantas presentes en - éstos surcos y se fecundo a la otra mitad del lote, es decir, si a una de las mitades del lote la llamamos A y B a la otra mitad, la polinización se hizo tomando el polen A y fecundando a B y viceversa. Por medio de cruza fraternales.

Los datos de: floración, altura de planta y mazorca y demas datos se tomaron de los anotados para la evaluación en el latice, - por estar formados por las mismas familias y en el mismo ciclo - agricola.

La cosecha de este metodo se realizó considerando visualmente el comportamiento de las familias en prueba de rendimiento.

Se hace notar que la selección de mazorcas para este metodo -- (L-P). se hizo en forma visual apoyandose en el comportamiento - de las familias, tanto en el latice como en el lote de selección familiar, se destaparon las mazorcas, de la bolsa que las cubria y se habrieron las bracteas para observar mas facilmente, las - plantas y mazorcas a seleccionar, para la selección de familias se considero: vigor de planta y mazorca, modificación de endos--permo del grano, sanidad de planta y mazorca, altura de planta y mazorca, competencia completa, entre otras características, en - general se selecciono características selectas de entre y dentro de familias.

Las familias seleccionadas fueron 107 que se desgranaron y numeraron por separado, siendo la intensidad de selección igual a 2.2%.

5.7.2. Formación de familias de medios hermanos maternos (Compton y Comstock) (C-C).

Aqui la polinización se hizo considerando los mejores fenotipos del lote jiloteando, seleccionando las mejores 33 familias, - para tomar de ellas el polen y realizar los cruzamientos frater--nales, se procuro no fecundar plantas con su mismo polen, se diferencio las bolsas de polinización, de las del metodo (L-P), - marcandolas con diferente color.

Para la cosecha en este metodo se uso la metodologia y criterios iguales, que los ya descritos en el metodo (L-P).

Así las familias selectas por esta variante son 121 que representan un 2.5 % de presion de selección, dichas familias se tes--granaron y numeraron por separado.

5.7.3. Recombinación de las mejores familias de medios hermanos variante (Lonnquist-Paterniani).

En el ciclo agrícola Otoño - Invierno 1978-79, las 107 fami---lias seleccionadas en el ciclo agrícola anterior, para este meto--do, se observaron en la pantalla iluminada para conocer el grado de modificado de endospermo, de esta manera se escogieron 13 -

familias que fueron las mejores en cuanto al porcentaje de modificación de grano y las calificaciones obtenidas en la evaluación de las familias en el ciclo pasado.

Y en este ciclo se recombinaron de la siguiente manera: se sembraron 3 surcos por familia, por lo tanto 39 surcos formaron el lote de recombinación, el cual se jiloteo por no poder aislar - Este lote, del resto de materiales. Posteriormente se polinizaron mediante cruzamientos fraternales, los cuales se hicieron entre y dentro de las familias para manifestar mejor, las características genicas de los individuos que forman cada familia y las familias en este lote.

Las cruza fraternales entre familias se hizo, dividiendo en 2 partes el lote de medios hermanos y formando un compuesto de polen, en una de las partes y fecundando la parte restante y viceversa, para el cruzamiento fraternal dentro de familias, se tomo polen de 2 surcos y se polinizo el surco restante, ya que son 3 los surcos ocupados por cada familia.

A la cosecha se desgranaron y mezclaron todas las mazorcas fecundadas manualmente, que son 263 de entre y dentro de familias para formar una población mejorada por este metodo.

Variante Compton y Comstock.

Con base a los resultados de la evaluación de familias, realizada en el ciclo agricola anterior, se sembraron las mejores 13 familias en rendimiento de grano, 3 surcos por familia con semilla remanente.

La polinización, cosecha y mezcla de familias se hizo de forma similar, que en la recombinación de familias de (L-P) ya descrito, se cosecharon 252 mazorcas totales, concluyendo asi el ciclo de selección para esta variante.

5.7.4. Recombinación de las mejores cruza de hermanos completos.

El metodo de hermanos completos que origino las cruza que aquí se recombinan, inicio de 242 familias, que son la base de este estudio, este metodo familiar forma parte del programa general de mejoramiento genetico de maíz de la escuela de agricultura

ra de la Universidad de Guadalajara.

En este ciclo se recombinaron las 13 mejores cruzas de hermanos completos con semilla remanente, considerando los resultados de la evaluación de cruzamientos de hermanos completos, se selecciono este numero de cruzas que resultaron superiores en rendimiento de grano.

Se sembraron 3 surcos por cruza, por lo tanto 39 surcos en este lote de recombinación. No fue posible aislar este material de otros cercanos, por lo que se jiloteo todas las plantas de estas familias.

La forma de polinizar, cosechar y agrupación de la semilla resultante, se hizo igual que la usada para recombinar las familias en el metodo (L-P).

Obteniendo 221 mazorcas de entre y dentro de cruzas.

5.8. Actividades anteriores a la evaluación final.

En este ciclo (invierno 1978-79), se aumento la semilla de la poblacion base, formada por 100 familias de selección masal que originaron el presente trabajo, y 242 familias seleccionadas por el metodo masal en el ciclo agricola 1977-78 de invierno.

Se tomo la semilla de los compuestos balanceados remanentes, sembrando 40 surcos de cada compuesto, la polinización fue manual por medio de fraternales, para realizarla se tomo el polen de la mitad del lote de 40 surcos y se fecundo los 20 surcos restantes y viceversa, lo mismo se hizo con el otro lote en aumento de semilla.

Se cosecho 221 mazorcas por fraternales en la población base y 213 en el de selección masal. La semilla de cada lote se desgrano y mezclo por separado.

En el ciclo agricola Primavera-Verano 1979 Las Agujas, se sembraron 10 poblaciones y un hibrido comercial, con el diseño experimental Bloques al Azar de 4 repeticiones y 4 surcos por tratamiento, las poblaciones son:

- 1.- Primer ciclo de selección de medios hermanos (L-P).
- 2.- " " " " " " " " (C-C).
- 3.- " " " " de hermanos completos.

- 4.-Población base (para este trabajo).
- 5.-Primer ciclo de selección masal estratificada.
- 6.- (Ver 181 x Ant Gpo 2) Ven 1 o₂ original.
- 7.-Población de medios hermanos de maíz opaco-2
- 8.-Población de hermanos completos del compuesto K o₂.
- 9.-Población de medios hermanos del compuesto K o₂.
- 10.-Compuesto K original (opaco-2).

Y el híbrido comercial:

- 11.-NK931 .

El objetivo en este ciclo agrícola, era la evaluación de la respuesta a la selección, utilizando los rendimientos de las primeras 5 poblaciones en este bloques al azar. Pero debido a la utilización de insecticida y herbicida mal elaborados o caducos prematuramente, se presento una infestación alta de larvas de diabrotica (*Diabrotica undecimpunctata*) y malezas en las primeras semanas de la emergencia del maíz, por lo que se decidió no continuar con la prueba de rendimiento, debido al daño causado a las plantulas por este insecto y las malezas.

Por otra parte, para el ciclo agrícola de invierno 1979-80 en La Huerta, se comunico que debido a el mal temporal de 1979 en esta region y problemas ejidales en predios que favorecen con agua de riego a los campos experimentales de la Escuela de Agricultura, no se contaria con agua de riego suficiente para desarrollar ahí experimentos con maíz, se trato de conseguir terrenos cercanos y no fue posible por diferentes razones contar, con terreno para sembrar en este ciclo.

5.9. Evaluación del avance genetico por selección de los metodos.

En el ciclo agrícola primavera-verano 1980 Las Agujas, se sembró 6 poblaciones derivadas del maíz motivo de este estudio, en un diseño experimental de Bloques al Azar con 3 repeticiones y 4 surcos por tratamiento, estas poblaciones son:

- 1.-Primer ciclo de selección de medios hermanos (L-P).
- 2.- " " " " " " " (C-C).

- 3.-Primer ciclo de selección de hermanos completos
- 4.-Población base.
- 5.-Primer ciclo de selección masal estratificada.
- 6.- (Ver 181 x Ant Gpo 2) Ven 1 o₂ original.

La siembra se realizo conforme a la aleatorización previa de los tratamientos. Para facilitar el establecimiento de este diseño se acomodaron las bolsas con semilla, representante de cada tratamiento de acuerdo al sorteo.

Se procuro que el manejo del cultivo fuera igual para todos. - los tratamientos.

Los datos tomados en esta prueba de rendimiento, son los mismos en numero y criterios de aplicación, que los medidos en el - lattice simple 16x16.

Para rendimiento de grano, se hizo el analisis con el diseño de Bloque al Azar, ajustado al 15% de humedad en grano.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. Porcentaje de modificado en endospermo del grano.

En los cuadros 4, 5 y 6 se aprecia el porcentaje de modificación en el endospermo del grano, cuyo promedio es: 68.07 %, 67.30 % y 65 %, para los métodos (L-P), (C-C) y Hermanos completos, teóricamente se esperaría un porcentaje igual de modificado de grano respectivamente en las poblaciones resultantes de cada método, pero los porcentajes reales de las poblaciones ya recombinadas son 50%, 50% y 45% con el mismo orden anterior (ver cuadro 9), por lo que al decremento del grado de modificación del endospermo, lo atribuimos al tipo de herencia de los genes modificadores y al reacomodo genético cuando se recombinaron las familias

6.2. Evaluación de los ciclos de selección y población base.

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza (cuadro 7), en donde el valor de F evaluada (9.157) es mayor que el valor de F tabulada al 1% y 5% (5.64) y (3.33), inferimos que existe una diferencia alta significativa entre las poblaciones comparadas, y que la varianza presente entre las 6 poblaciones en estudio, no es debida al azar, ya que esta diferencia entre poblaciones, esta apoyada en la probabilidad de menos una entre cien.

Por otra parte, el valor de F calculada para bloques (1.543) es menor que el valor de F tabulada al 5% (4.10) y decimos que el suelo fue homogéneo, el coeficiente de variación es de 17.5%.

Prueba de rango múltiple.

Para conocer las diferencias entre las poblaciones consideradas en el análisis de varianza, se aplicó la prueba de rango múltiple de Duncan al nivel de 5%, con los resultados siguientes (ver cuadro 8), la media de la población seleccionada por hermanos completos, fue superior significativamente en rendimiento de grano, a las medias de las poblaciones restantes.

Así mismo, la media poblacional de medios hermanos variante -

CUADRO 4 Características agronómicas medias de las mejores 13 familias de medios hermanos variante (C-C) Las Agujas Zapopan 1978.

Genealogia	Kg./Ha.	días a flor masculina	altura de planta	altura de mz.	%de acame	%de endos- permo vitreo
3-b	5,123	79	1.92	1.07	10.8	75
7-c	4,927	81	2.29	1.45	6.06	65
41-b	4,925	82	2.35	1.48	5.40	75
74-a	4,875	79	2.10	1.19	6.06	90
2-b	4,732	79	2.0	1.11	11.42	65
25-c	4,687	78	1.86	1.05	10.81	50
73-b	4,686	75	1.91	1.12	7.89	65
76-b	4,670	84	1.90	1.12	10.0	65
46-a	4,650	82	2.0	1.32	8.10	50
39-b	4,590	80	2.25	1.20	4.76	65
27-b	4,539	79	2.08	1.25	11.11	65
16-a	4,500	80	2.33	1.53	10.0	65
23-b	4,407	79	2.32	1.31	17.9	90
B-666 T	10,879	86	2.85	1.70	15.78	
B-15 T	10,027	87	2.80	1.85	15.0	

T=testigo

% de modificado medio: 68.07

CUADRO 5 Características agronomicas medias de las mejores 13 familias de medios hermanos variante (L-P) Las Agujas - Zapopan 1978.

Genealogia	calif. de plt/mz.	dias a flor masculina	altura de planta	altura de mz.	%de acame	%de endospermo vitreo
lp-273	2/2	81	2.29	1.45	6.0	75
lp-215	2/2	81	2.10	1.41	11.4	75
lp-273	2/2	75	1.91	1.12	7.8	65
lp-276	2/2	84	1.90	1.12	10.0	50
lp-239	2/2	80	2.25	1.20	4.7	75
lp-227	2/2	79	2.08	1.25	11.1	65
lp-206	2/2	83	2.35	1.60	7.6	75
lp-225	2/2	75	1.86	1.05	10.8	65
lp-238	2/2	78	2.09	1.12	11.1	50
lp-216	2/2	80	2.33	1.53	10.0	65
lp-211	2/2	76	1.95	1.15	7.5	75
lp-201	2/2	80	2.10	1.38	6.0	65
lp-230	2/2	84	2.05	1.31	0	75
B-666 T	1/1	86	2.85	1.70	15.7	
B-15 T	1/1	87	2.80	1.85	15.0	

T= testigo

% de modificado medio: 67.30

CUADRO 6 Características agronomicas medias de las mejores 13 familias de hermanos completos La Huerta 1978-1979

Genealogía	Kg./Ha.	días a flor masculina	altura de planta	altura de mz.	%de acame	%de endos permo vitreo
108x146	7,220	66	2.00	1.20	13.1	65
178x123	7,040	68	2.15	1.40	14.2	65
162x134	6,987	68	2.10	1.20	9.3	50
173x158	6,920	66	1.89	1.26	24.3	75
130x156	6,678	68	2.06	1.20	18.1	65
116x115	6,558	70	2.00	1.40	16.2	65
173x110	6,470	66	1.95	1.10	18.1	65
181x174	6,450	72	1.98	1.30	8.3	75
102x140	6,387	73	2.10	1.10	11.7	75
168x155	6,320	69	2.00	1.10	24.3	65
129x130	6,280	68	1.96	1.30	18.4	50
122x135	6,168	72	1.96	1.20	10.0	65
119x125	6,150	68	2.20	1.20	14.2	65
T-27	T 8,950	75	2.40	1.20	10.0	
B-666	T 8,430	77	2.30	1.30	16.2	

T= testigo

% de modificado medio: 65

CUADRO 7 Analisis de varianza para rendimiento de grano de 6 poblaciones en estudio. Las Agujas, Zapopan. 1980

F.V.	G.L	S.C.	C.M.	F.C.	F.t.	
					5%	1%
variedades	5	53.380	10.676	9.157**	3.33	5.64
bloques	2	3.599	1.799	1.543	4.10	7.56
error exp.	10	11.657	1.165			
total	17	68.638				

C.V. = 17.54%

** sidnificativo al nivel de 1%

CUADRO 8 Prueba de rango multiple de 6 poblaciones estudiadas. Las Agujas, Zapopan. 1980

Genealogía	Rendimiento Kg./ Ha.
1.-Hermanos completos	8,977
2.-Medios hermanos (C-C)	6,608
3.-Medios hermanos (L-P)	6,471
4.-Selección masal	6,183
5.-Población base	5,100
6.-Población original	3,251

D.M.S. = al 5% 1,963 kg/ha

C.V. = 17.54%

(COMPTON y COMSTOCK), fue mayor significativamente a la media de la población original.

El rendimiento medio de la población mejorada por medios hermanos variante (L-P), fue significativamente superior al de la población original.

La media de la población seleccionada por el metodo masal tuvo diferencia significativa en rendimiento de grano, a el promedio de rendimiento de la población original.

Como se puede apreciar en el cuadro 9, donde al rendimiento medio de la población base se tomo como el 100%, con el fin de comparar los promedios de rendimiento de grano, de las poblaciones mejoradas por los cuatro metodos diferentes, así como el diferencial de selección encontrando. En este cuadro se presentan también en algunas características agronomicas, manifestadas en estas poblaciones y los porcentajes de modificado de endospermo de grano.

En el cuadro 10 se presentan las formulas de la respuesta a la selección de los 4 metodos de selección familiar empleados en este trabajo, así como el tiempo requerido por ciclo de selección.

6.3. Respuesta a la selección de los metodos

Con relación a la respuesta teorica y practica a la selección, y considerando la media de rendimiento de grano de la población mejorada por hermanos completos, que fue de 8,977 hg/ha, que comparada con 6,183 hg/ha por el metodo masal, se tiene un diferencial de selección de 54.78%, lo que atribuimos a la respuesta mayor de selección del metodo de hermanos completos, comparada con la respuesta teorica del metodo masal y esta diferencia es debida a, que la desviación estandar en el metodo masal es mayor que en hermanos completos, debido a una mayor varianza en los individuos de la población, por lo que el numerador (σ^2) se reduce. Además que el metodo de hermanos completos, cuenta con la respuesta dentro de familias que no tiene el metodo masal.

Si comparamos los rendimientos medios de los 2 metodos de medios hermanos (L-P) y (C-C) contra el de hermanos completos, tenemos 49.13% y 46.45% respectivamente, mayor diferencial de selección en favor del metodo hermanos completos, debido teoricamente a que:

Tipo de familia	respuesta a la selección entre-familias (1) dentro de familias (2)	
medios hermanos (L-P)	1/8	3/8
medios hermanos (C-C)	1/4	3/8
hermanos completos	1/2	1/2

$$(1) = \left(\frac{iR \sigma^2 A}{\sigma_B^2} \right)$$

$$(2) = \left(\frac{iW \sigma^2 A}{\sigma_W^2} \right)$$

Si comparamos la media de rendimiento de la selección masal, - contra los metodos de medios hermanos (L-P) y (C-C) observamos - que el 5.65% y 8.33% respectivamente, mayor diferencial de selección en favor de (L-P) y (C-C), inferimos que es debido a algo - similar que en el caso de selección masal vs hermanos completos pero en menor cantidad, ya que la respuesta es menor en medios - hermanos que en hermanos completos.

Y comparando la media de rendimiento de medios hermanos (L-P) contra (C-C), encontramos 2.68% de diferencial de selección en favor de medios hermanos (C-C), lo que atribuimos a la diferencia - en favor del numerador de la respuesta entre familias para este metodo y podemos comentar que resultaria indistinto emplear cualquiera de los 2 metodos (L-P) o (C-C), en el mejoramiento poblacional, pero ventajoso aplicar el metodo (L-P) por el ahorro en tiempo.

Comparando el metodo masal y la población base en cuanto a sus promedios de rendimiento de grano, decimos que el metodo masal - resulto ser eficiente, para rendimiento considerando 21.23% de ganancia en rendimiento.

Con relación al maíz opaco-2 se comenta, que la modificación - genética en el valor nutricional de un cereal básico, como lo es el maíz, infiere mejorar la dieta de sus consumidores, con un mínimo de cambios en sus hábitos de alimentación.

En el cuadro 9 se aprecia que las poblaciones mejoradas por - hermanos completos y medios hermanos manifiestan un 10% y 15% - respectivamente de aumento en el modificado de endospermo, con -

relación a la población base, y sin embargo de no poder realizar análisis para comprobar la calidad proteínica de las familias - seleccionadas en cada método, se procuro mantener las características morfológicas propias del mutante, al momento de ver las se millas sobre la pantalla iluminada y durante la selección de mazorcas en campo.

Por lo que suponemos que las poblaciones mejoradas por estos - métodos familiares, cuentan con la calidad alimenticia característica del maíz opaco-2.

CUADRO 9 Promedios de rendimiento y características agronomicas de las poblaciones resultantes. Las Agujas, Zapopan 1980.

Población	Kg/Ha	días a flor masculina	altura de planta	altura de mazorca	% de acame	% de endos permo- vitreo	% sobre la población base
Original	3,251	76	1.74	1.10	20.5	15	
Base	5,100	80	1.97	1.20	17.5	35	100.00
Masal	6,183	84	2.10	1.20	17.9	35	121.23
Medios hermanos variante (L-P)	6,471	82	2.18	1.10	12.5	50	126.88*
Medios hermanos variante (C-C)	6,608	84	2.13	1.20	13.7	50	129.56*
Hermanos completos	8,977	84	2.18	1.16	16.2	45	176.01*

* diferencial de selección.

CUADRO 10 Formulas de la respuesta a la selección de cuatro métodos empleados y el tiempo requerido por ciclo de selección. Márquez 1985.

Metodo	Respuesta teorica	Tiempo por ciclo (años)
Selección masal estratificada	$R_{sm} = \frac{i \frac{1}{2} \sigma^2 A}{\sigma_{sm}}$.5
Medios hermanos (L-P)	$R_{L-P} = \frac{iB \frac{1}{2} \sigma^2 A}{\sigma_B(MH)} + \frac{iw \frac{3}{2} \sigma^2 A}{\sigma_w(MH)}$	1.
Medios hermanos (C-C)	$R_{C-C} = \frac{iB \frac{1}{2} \sigma^2 A}{\sigma_B(MH)} + \frac{iw \frac{3}{2} \sigma^2 A}{\sigma_w(MH)}$	1.5
Hermanos completos	$R_{HC} = \frac{iB \frac{1}{2} \sigma^2 A}{\sigma_B(HC)} + \frac{iw \frac{1}{2} \sigma^2 A}{\sigma_w(HC)}$	1.5

7. CONCLUSIONES.

De los resultados en el presente estudio se derivan las siguientes conclusiones:

- 1.- El metodo de selecci3n familiar de hermanos completos, es mas eficiente para mejorar el rendimiento de grano, que los metodos medios hermanos variantes (L-P) , (C-C) y selecci3n masal estratificada, lo cual concuerda con la primer hipotesis planteada.
- 2.- Los metodos de selecci3n familiar de medios hermanos (L-P) y (C-C), son mejores para aumentar el rendimiento de grano, que el metodo de selecci3n masal estratificada.
- 3.- El metodo de selecci3n familiar para medios hermanos variante (L-P), es mejor que el metodo (C-C) en cuanto al ahorro en tiempo, analizando la diferencia de ganancia para rendimiento que es mayor en la variante (C-C), y tiempo por ciclo de selecci3n necesario para cada metodo, podemos aplicar 3 ciclos de selecci3n de (L-P) mientras que, en el mismo tiempo para (C-C) serian 2 ciclos.
- 4.- El metodo de selecci3n masal estratificada, es eficiente para mejorar el rendimiento de grano en poblaciones, aunque en menor grado comparativamente con los 3 metodos restantes.
- 5.- La utilizaci3n de maiz opaco-2 con endospermo modificado, re presenta una buena alternativa para enriquecer el r3gimen alimenticio humano y animal, considerando su valor nutritivo y al cambiar su apariencia de opaca a vitrea, puede ser acep tado por productores de maiz y consumidores, ya que puede te ner apariencia similar al maiz normal.
- 6.- Las poblaciones resultantes de los metodos hermanos completos y medios hermanos, presentan buenas caracteristicas geneticas para derivar lineas puras y la formaci3n de hibridos de alta calidad nutritiva, o poblaciones de polinizaci3n libre.

BIBLIOGRAFIA

- BETANCOURT. V.A. 1970. Selección masal moderna e hibridación en una variedad de maíz de riego de Pabellón. Tesis profesional, ENA, Chapingo, México.
- BRESSANI R., ALVARADO J., y VITERI F. 1969. Evaluación en niños - de la calidad de la proteína del maíz opaco-2. *archivos latinoamericanos de nutrición*. 19:129-140
- CALZADA M. J.J. 1970. Selección masal moderna para rendimiento - en la variedad mejorada de maíz celaya II. Tesis profesional, ENA, Chapingo México.
- CASTRO G. M. 1969. Comparación de métodos de selección. Informe del programa de maíz de CIMMYT.
- CIMMYT. 1982 video cassette # 5, 6 y 8 presentados en el curso de entrenamiento a becarios ciclo 81-82. El Batán, MEX.
- _____. 1984. Cimmyt maize fact and trends. Report two: an analysis of changes in third world food and feed uses of maize.
- _____. 1986. Informe anual del. El Batán, México.
- COE y NEUFFER (s/f). The genetics of corn.: 115-123.
- COMPTON W. A. y K. BAHADUR. 1977. Ten cycles of progress from modified ear-to-row selection. *Crop sci.* 17:378-380.
- CUCA M. 1972. Estudios nutricionales con maíz opaco-2 y harinoso -2 en animales monogástricos, simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo. CP. ENA, Chapingo, México.
- ESPINOZA E. y ALVARADO A. 1970. Segundo ciclo de selección mazorca por surco en P.D (M.S) 6.16a Reunión centroamericana. POCMCA.
- FALCONER D.S. 1971. Introducción a la genética cuantitativa, Ed. C.E.C.S.A. México.
- GALLO J.T. y Colaboradores. 1968. Value of opaque-2 corn for the finishing pig. *Journal of animal science* 27:1152.
- GARCIA V.M.A. 1975. Mejoramiento jerarquizado en el rendimiento y valores de proteína en una población de maíz opaco-2 Tesis prof. ESC. de Agric. UNIV. de GUADALAJARA.

- GARCIA V. M.A., RECENDIZ H. F. y POEY F.D. (s/f). Respuesta a la selección del método de mejoramiento simultáneo de hermanos completos y medios hermanos en maíz.
- GARDNER C.O. 1961. An evaluation of effects of mass selection and seed irradiation with thermal neutrons on yield of corn. *Crop. sci.* 1:241-245.
- GENTER C.F. y M.W. ALEXANDER. 1966. Development and selection of production S₁ inbred lines of corn. *Crop sci.* 6:429-431.
- GERON X.F. 1972. Comparación de la selección masal y de la selección familiar para rendimiento en dos variedades de maíz. Tesis M.C. CP. Chapingo, México.
- HALLAUER A.R. 1967. Development of single cross hybrids from two ears maize populations. *Crop. sci.* 7:192-195.
- _____ A.R. 1973. Hybrid development and population improvement in maize by reciprocal full-sib selection. *Egypt J. Genet Cytol* 2:84-101.
- HOEGEMEYER T.C. 1974. Selection among and within full-sib families for the development of single crosses in maize. Ph.D. Dissertation. Iowa state univ. Ames, Iowa.
- INIA. 1977. Guía para la asistencia técnica agrícola. Área de influencia del campo agrícola experimental costa de Jalisco.
- JOHNSON E.C. y FISCHER K.S. 1980. En la 26a. Reunión anual del programa cooperativo centroamericano para el mejoramiento de cultivos alimenticios (PCCMCA), Guatemala.
- LITTLE T.M. y JACKSON H.F. 1976. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Editorial trillas, S.A.
- LONNQUIST J.H. 1961. El mejoramiento de las poblaciones de maíz. Cimmyt library. El Batán, México.
- _____ J.H. 1965. Métodos de selección útiles para el mejoramiento dentro de poblaciones. *Fitotecnia latinoamericana* 2:1-10
- _____ J.H. 1966. Parent lines for modern hybrids proceedings of the 21st. Hybrid corn industry research. Conference. 32-38.

- LONNQUIST J. H. y N. E. WILLIAMS. 1967. Development of maize hybrids - though selection among full-sib families. *Crop sci.* 7:369-370.
- MARQUEZ S. F. (s/f). Analisis de 9 metodos de selecci3n combinada - en maiz. Apuntes de genotecnia II CP. CHapingo M3xico.
- _____. S. F. 1985. Genotecnia vegetal. Metodos teoria resultados. Tomo I AGT editor, S.A.
- MARTINEZ R. L. y S. SHIMADA. 1971. Valor alimenticio de una variedad - m3xicana de maiz opaco-2 para cerdos en crecimiento T3cnica pecuaria en M3xico.
- MENA M. S., GARCIA V. M. A., JOHNSON E. C. (s/f). Comparaci3n de la res- puesta a la selecci3n en tres sistemas de mejoramien- to gen3tico en maiz.
- MERTZ E. T., VERON O. A. y BATES L. S. 1965. Growth of rats fed on opa- que-2 maize. *Science* 148:1741-1742.
- MOLL R. H. y C. W. STUBER. 1971. Comparisons of response to alternative selection procedures initiated with two populations of maize. *Crop. Sci.* 11:706-711.
- NELSON O. E. 1969. The modification by mutation of protein quality in maize. New approaches to breeding for improved ato- mic energy agency viena 41-45.
- PATERNIANI E. 1967. Selection among and withing half-sib families in brazilian population of maize. *Crop. Sci.* 7:212-215.
- PENNY L. H. 1968. Selection-induced differences among strains of a synthetis variety of maize. *Crop. Sci.* 8:167-169.
- PICKETT R. A. 1966. Opaque-2 corn in swine nutrition ptoceedings of the high lysine corn conference. Purdue University, - Lafayette, Indiana. 19-22.
- POEY y VILLEGAS. 1973. Herencia del fenotipo corneo en maices opa- co-2 y su efecto en el contenido de proteina y trip- tofano del endospermo. 5a. Reuni3n de maiceros de la - zona andina, Cochabamba, Bolivia.
- _____. F. R. D. 1978. El mejoramiento integral del maiz. Valor nutriti- vo y rendimiento; Hip3tesis y m3todos. Tesis doctoral CP. CHapingo. M3xico.
- _____. F. R., VELAZQUEZ R. R., CORDOVA O. H. S. 1979. Eficiencia relativa de la formaci3n de hibridos de maiz en familias de - hermanos completos. 25a reuni3n PCCMCA. Honduras.

- PLAN LERMA. 1966. *Asistencia técnica , meteorología , boletín No.1*
- PRADILLA A. y Colaboradores 1969. *Ensayo analítico y biológicos de la proteína del maíz modificado por gene opaco-2. Antioquia medica. 19:201-211.*
- _____ A. 1972. *El maíz de alta lisina en nutrición humana. Simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo. CP. ENA. Chapingo, México.*
- REVES C. P. y GUTIERREZ P. M. 1965. *Efectividad de la selección masal en el maíz. Memoria del primer congreso, sociedad mexicana de fitogenética. Chapingo, México.*
- ROMERO F. J. 1967. *Selección mazorca por hilera en maíz en Honduras 13a. Reunión centroamericana. PCCMCA. San Jose, Costa Rica 29-32.*
- _____ F. J. y LOPEZ H. I. 1968. *Mejoramiento de honduras compuesto - precoz, mediante selección masal. 14a. Reunión centroamericana. PCCMCA. Tegucigalpa, Honduras.*
- RUSSELL W. A. y S. A. EBERHART. 1975. *Hybrid performance of selected maize lines from reciprocal recurrent selection and test cross selection programs. Crop. Sci. 15:1-4*
- SARH 1980. *Principales plagas del maíz. Dirección general de sanidad vegetal.*
- SEVILLA P. R. 1975. *Selección mazorca-hilera modificada en una variedad de maíz de la sierra peruana. Informativo de maíz 1:22-26.*
- VILLENNA W. y E. C. JOHNSON. 1972. *Respuesta a la selección para altura de planta y sus efectos en rendimiento y acame en 3 poblaciones tropicales de maíz. 18a. Reunión centroamericana PCCMCA. Nicaragua.*