

SELECCION RECURRENTE EN FAMILIAS DE
HERMANOS COMPLETOS CON PEDIGRI EN MAIZ
(*Zea mays* L.)

HUMBERTO DE LEON CASTILLO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OPTAR AL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD DE FITTOMEJORAMIENTO



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

NOVIEMBRE DE 1987.

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial para optar al grado de

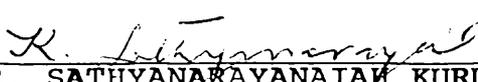
MAESTRO EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO.

C O M I T E P A R T I C U L A R

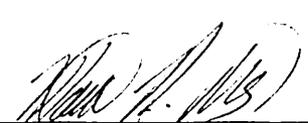
Asesor principal:

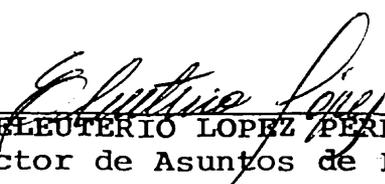

DR. ELEUTERIO LOPEZ PEREZ

Asesor:


DR. SATHYANARAYAN KURUVADI

Asesor:


M.C. HUMBERTO REYES VALDES


DR. ELEUTERIO LOPEZ PEREZ
Subdirector de Asuntos de Postgrado



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. NOVIEMBRE 1987.

AGRADECIMIENTOS

Al diseñador del presente estudio: Ing. José Rafael Gómez González.

Al personal Técnico del Instituto Mexicano del Maíz (IMM) "Dr. Mario E. Castro Gil" por haberme brindado la oportunidad de realizar mi especialidad y proporcionado la facilidad que hizo posible la realización de este estudio.

Al personal de campo y administrativo del IMM que contribuyeron de una manera directa o indirecta en la realización del presente trabajo.

A los maestros que fungieron como asesores, por su desinteresada y fuerte apoyo en la revisión y mejora de la tesis:

Dr. Eleuterio López Pérez
Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi
M.C. Humberto Reyes Valdés

A la Sra. Alma R. Ortíz de Arancibia por su excelente trabajo de mecanografía.

COMPENDIO

Selección Recurrente en Familias de Hermanos Completos con Pedigrí en Maíz (*Zea mays* L.).

POR

HUMBERTO DE LEON CASTILLO

MAESTRIA

FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. NOVIEMBRE 1987

Dr. Eleuterio López Pérez - Asesor -

Plabras claves: Aptitud combinatoria, pedigrí, familias, poblaciones.

La selección recurrente entre familias de hermanos completos, es una metodología que ha demostrado repetidamente su eficiencia para incrementar la frecuencia de alelos favorables, sin embargo su esquema no permite estimar los efectos de aptitud combinatoria (AC) de las familias involucradas en el proceso de selección. Ello es altamente deseable en cualquier programa de selección recurrente, ya que permite implementar un programa práctico de endogamia-híbridación. Por tal motivo, en el presente estudio se pone a consideración una forma de llevar el pedigrí de las familias y de realizar la recombinación a manera de un dialélico parcial entre aquellas seleccionadas.

DEDICATORIA

A quienes van el motivo de mi superación, con amor
a mi esposa e hijos.

Magda Aracely

Antonio y Alba Aracely

A quienes me dieron y desean lo mejor: a Mis Padres:

Antonio de León Gutiérrez

Ma. Luisa Castilla de De León

Con todo mi cariño a mis Hermanas:

Rosa María

Sergio Antonio

Silvia Luisa

Dora María

Jorge Luis

Para probar la eficiencia de la alternativa anterior fue necesario, en primer término, comprobar que la AC estimada en familias sin endocriar se hereda a sus descendientes - endocriados. Para ello, fue necesario realizar una prueba de la AC estimada en familias de medios hermanos con altos y bajos valores de dicho efecto a través de sus líneas S_2 . En segundo término, demostrar que las líneas derivadas directamente de algunas familias elegidas para constituir el siguiente ciclo de selección, las de más altos valores de AC, son mejores que las derivadas del ciclo ya recombinado. Por último, mostrar algunas de las ventajas logradas con la aplicación de estas modificaciones.

Los resultados indican que la AC estimada en familias se hereda a sus descendientes endocriados. Las líneas derivadas directamente de familias con mejores efectos de AC fueron superiores a las derivadas del ciclo ya recombinado. Por otro lado, en la selección de hermanos completos al llevar el pedigrí y realizar la recombinación como se propone en este trabajo, permite evitar la endogamia y estimar los valores de AC propios de las familias seleccionadas en cada ciclo. Esto hace posible la obtención rápida de líneas con potencial para utilizarse en un programa de hibridación; además de permitir la realización de un seguimiento de la frecuencia de participación por ciclo de cada una de las familias integrantes de la población.

ABSTRACT

Recurrent Selection in Full-Sib Families with Pedigree in -
Maize (*Zea mays* L.).

BY

HUMBERTO DE LEON CASTILLO

MASTER OF SCIENCE

PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. NOVEMBER 1987

Dr. Eleuterio López Pérez - Advisor -

Key words: Combining ability, pedigree, families,
population.

The recurrent selection between full-sib families is a methodology that has demonstrated its efficiency repeatedly for increasing the frequency of desirable alleles, however, -- the scheme does not permit to estimate the effects of combining ability (CA) of the families involved in the process of selection. They are highly desirable in any recurrent selection program, because it permits practical implementation in the program of inbreeding-hybridization. With this objective in view, in the present study, one form of carrying out pedigree of the families and the recombination between the selected lines in a form of partial diallel is proposed.

To prove the efficiency of the above, it was necessary in the first term to prove that the estimated CA in the families without inbreeding will inherit to their descendancy. Therefore, it was necessary to realize a test of the CA estimates in the families of half-sibs with higher and lower values of such effects across their S_2 lines. In the second term to demonstrate that the lines derived directly from families selected for including in the following cycle of selection with higher values of combining abilities are better than those derived from the recombined families. Finally, it was interested to show some of the advantages obtained with an application of these modification.

The results indicated that the combining abilities estimated in the families were inherited in their progeny of inbreds. The lines derived directly from the families with a better effects of CA were superior to the lines derived with one cycle of recombination. On the other hand, the full-sib families selection with pedigree and the recombination as proposed in this investigation permits to eliminate the inbreeding and to estimate the value of CA of the lines in the selected families in each cycle. This allows to obtain rapidly the potential lines for utilizing in the hybridization program, in addition it permits to realize the frequency of participation of each family that form the new population in each cycle.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	x
1. INTRODUCCION	1
OBJETIVOS.....	2
HIPOTESIS.....	2
2. REVISION DE LITERATURA	4
3. MATERIALES Y METODOS	11
MATERIAL GENETICO.....	11
FORMACION DE MESTIZOS DE LA POBLACION - - POOL 24.....	11
FORMACION DE MESTIZOS DE LA POBLACION LBM.	13
SELECCION RECURRENTE DE FAMILIAS DE HERMA NOS COMPLETOS CON PEDIGRI.....	15
PRIMERA GENERACION.....	15
SEGUNDA GENERACION.....	15
TERCERA GENERACION.....	15
CARACTERISTICAS DE LAS LOCALIDADES ELEGI- DAS PARA LA EVALUACION.....	18
TOMA DE DATOS.....	18
OTROS PARAMETROS ESTIMADOS.....	21
PREPOTENCIA.....	21
DIFERENCIAL DE SELECCION.....	22
ANALISIS ESTADISTICO.....	22
ANALISIS DE VARIANZA.....	
PRUEBAS DE RANGO MULTIPLE.....	28
4. RESULTADOS	29
5. DISCUSION	43
6. CONCLUSIONES	55
7. RESUMEN	56
8. BIBLIOGRAFIA	58

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
3.1	Genealogía de las líneas del Pool 24 utilizadas en el presente trabajo.	12
3.2	Genealogía de las líneas S ₂ derivadas de las seis Familias de Hermanos Completos y del primer ciclo de selección en la población LBM.	14
3.3	Dialélico parcial indicativo de cruzas -- por realizarse.	17
3.4	Principales características de las localidades donde se evaluaron los ensayos de rendimiento.	18
3.5	Análisis de varianza para la regresión -- con distribución en bloques al azar.	24
3.6	Análisis de varianza para un diseño bloques al azar con los tratamientos desglosados.	25
3.7	Análisis de varianza combinado, de líneas, probadores y localidades para un diseño bloques al azar.	27
4.1	Análisis de varianza para rendimiento de las 53 líneas derivadas de Pool 24 y evaluadas durante 1985 en las localidades de Ursulo Galván, Ver.; Tehuantepec, Oax. y Carretas, Ver. con los probadores LT10, Pob. 23 y Pool 24.	30
4.2	Comportamiento promedio de rendimiento en las líneas derivadas de familias con altos efectos de ACG (A) y de las derivadas de familias con bajos efectos de ACG (B).	30
4.3	Análisis de varianza combinado para rendimiento de 53 cruzas de prueba de líneas -- del Pool 24, evaluadas durante 1985 en Ursulo Galván y Carretas, Ver. y Tehuantepec, Oax. a través de tres probadores.	32
4.4	Concentración y clasificación según la DMS al .05 de las medias de rendimiento de la localidad y probadores a través de las cuales fueron evaluadas las 53 líneas de Pool 24.	32

4.5	Concentración del comportamiento promedio en rendimiento y otras características -- agronómicas de 53 líneas S ₂ representativas de diez familias de medios hermanos, cinco de altos efectos de ACG (A) y cinco con bajos efectos de ACG (B) evaluadas en tres ambientes; Ursulo Galván y Carretas, Ver. y Tehuantepec, Oax. a través de tres probadores LT 10, Acros 8023 y Pool 24 durante 1985B.	34
4.6	Análisis de varianza para rendimiento de los 43 mestizos S ₂ del LBM evaluados en - Cd. Guzmán, Jal. 1986.	37
4.7	Medias generales obtenidas en cada ciclo y diferenciales de selección en familias para presiones del 20 y 4 por ciento.	38
4.8	Prepotencias de rendimiento de las mejores diez familias de hermanos completos - de la población LBM seleccionadas del ciclo 1, ciclo 2 y ciclo 3 evaluadas en Cd. Guzmán, Jal. 1983; Torreón, Coah. y Celaya, Gto. 1984 y Torreón, Coah. 1985, respectivamente.	40
4.9	Seguimiento de las familias incluidas en el ciclo uno y su participación o frecuencia en la población en los diferentes ciclos de selección.	41

1. INTRODUCCION

Analizando las áreas y características bajo las cuales se lleva a cabo el cultivo de maíz en México, se puede afirmar que es necesario en primer término el desarrollo de variedades de polinización abierta para la mayoría de las áreas nacionales. Sin embargo, también es importante desarrollar híbridos para su explotación en las zonas más tecnificadas.

La aptitud combinatoria es un parámetro genético, cuyo conocimiento es indispensable para la formación de materiales mejorados, llámense híbridos o variedades y su estimación se hace necesaria desde generaciones tempranas. De tal modo que las familias o líneas que muestren valores altos para este carácter, deben ser elegidas como material prometededor en los programas de mejoramiento, sobre todo para aquellos donde una de las metas sea la obtención de híbridos.

Una metodología que ha comprobado repetidamente su eficacia para incrementar el rendimiento, así como la frecuencia de alelos favorables para gran número de características agronómicas es la selección recurrente entre familias de hermanos completos. Sin embargo, no se han reportado resultados en los que se realice un trabajo comprensivo a tra

vés de esta metodología y que aproveche las progenies seleccionadas en un programa práctico de hibridación a corto o mediano plazo, lo que es altamente deseable en cualquier esquema de selección recurrente, ya que el mejoramiento de las poblaciones *per se* es a un plazo relativamente largo.

Partiendo de estas bases se pretende implementar un pedigrí y una forma de recombinación especial al método de selección de familias de hermanos completos, lo cual permitirá mejorar la población como tal y a la vez detectar familias con altos valores de aptitud combinatoria general, generadoras de líneas superiores, factibles de explotarse en programas de hibridación.

Objetivos

Probar la aptitud combinatoria general de familias de medios hermanos a través de sus líneas derivadas S_2 .

Identificar las líneas con más altos valores de aptitud combinatoria y con buenas características agronómicas que puedan ser utilizadas inmediatamente en un programa de hibridación.

Obtener información preliminar sobre la eficiencia de llevar el pedigrí de familias de hermanos completos en un programa de selección recurrente.

Hipótesis

El carácter inherente de aptitud combinatoria estimado en familias de medios hermanos, es transmitido a sus descendientes endocriados.

Se tienen mayores posibilidades de obtener líneas superiores al derivarlas directamente de las familias con más altos valores de aptitud combinatoria, elegidas para -- constituir el siguiente ciclo de selección que las deriva-- das del ciclo ya recombinado.

2. REVISION DE LITERATURA

Analizando las condiciones bajo las cuales se produce maíz en México, Márquez Sánchez (1986) concluye que no -- siempre es posible o recomendable la formación de híbridos -- para los diferentes estratos geográficos y sociales en los que se divide el país y productores respectivamente, aún sabiendo que las variedades sintéticas y las variedades mejoradas muestran por su misma constitución un menor potencial de rendimiento que los híbridos, no dejan de ser una importante alternativa para incrementar los promedios de rendimiento en ambientes de temporal y poca tecnificación, estratos que contienen la mayor superficie dedicada al cultivo del maíz en -- México.

En términos generales, puede afirmarse que el mejoramiento poblacional en maíz ha sido desarrollado con el fin -- de tener una máxima concentración de genes favorables. Su -- efectividad depende en gran medida de los esquemas de mejoramiento empleados y el tiempo que transcurre para concluir un ciclo de selección, además de una adecuada conducción en el campo y una correcta estimación de los parámetros estadísticos (Hallauer y Miranda, 1981).

Varios investigadores (Sprague y Eberhart, 1977; Nelson, 1980; Hallauer y Miranda, 1981) señalaron que cualquiera que sea el esquema de mejoramiento utilizado para el mejoo

ramiento de una población, existen probabilidades de éxito, ya que las ganancias por ciclo en rendimiento de grano son similares por los diferentes métodos de evaluación de progenies y esta ganancia fluctúa entre el dos y cuatro por ciento por ciclo de selección.

Independientemente de la metodología utilizada la selección cambia la constitución genética de las poblaciones y tiende a reducir la presencia de alelos desfavorables en las poblaciones, por lo cual la selección recurrente es una herramienta magnífica que evita una reducción drástica en la variabilidad genética (Sprague y Eberhart, 1977). Sin embargo, puede resultar un apreciable nivel de endogamia después de varios ciclos de selección cuando en la recombinación se utilizan menos o únicamente diez progenies, o bien si el tamaño de la población es reducido. Al respecto Roberston (1960) demostró que el progreso total esperado y la media de vida de programas de selección recurrente eran proporcionales al tamaño efectivo de la población, de aquí que el tamaño de la población deberá ser tan grande como sea posible en un programa de mejoramiento a largo plazo.

La obtención de materiales mejorados superiores, llamense híbridos, variedades sintéticas o mejoradas depende grandemente de la aptitud combinatoria que posean los individuos incluidos en el material seleccionado. Sin embargo, la estimación de este parámetro requiere de gran trabajo y altos costos de manejo por ciclo. Situación que ha obligado a

que los mejoradores extremen su habilidad para que desde - generaciones tempranas (S_1 ó S_2) realicen pruebas de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) para la selección de progenitores sobresalientes y con ello evitar el acarreo innecesario en posteriores generaciones de endocría de materiales no prometedores.

Así, Jenkins (1935) propuso el uso de pruebas tempranas, indicando que la aptitud combinatoria era fijada en las líneas autofecundadas desde la primera generación (S_1).

Lonnquist (1950) trabajó con dos grupos de líneas S_1 en uno agrupó líneas con alta aptitud combinatoria baja, siguió autofecundando estas líneas hasta el nivel de S_4 , encontró que las S_4 que presentaron una alta aptitud combinatoria fueron derivadas de líneas S_1 que presentaban altos valores de aptitud combinatoria y que las líneas S_4 que tuvieron baja aptitud combinatoria fueron derivadas de líneas S_1 con baja aptitud combinatoria, llegando a la conclusión de que el progreso obtenido en las pruebas tempranas de las líneas S_1 se debe a que la aptitud combinatoria es heredable.

Sprague (1946) reporta que las plantas S_0 de maíz -- que han sido probadas para aptitud combinatoria transmiten a sus descendientes sus caracteres. Aquellas plantas S_0 que tienen alta aptitud combinatoria heredan a sus líneas este caracter y las plantas S_0 que mostraron tener baja aptitud combinatoria también transmiten a sus derivados este caracter.

López Pérez (1986) desarrolló 50 líneas S_8 a partir de 50 líneas S_1 sin selección en los diferentes niveles de -

endocría, luego cruzó las 50 líneas S_1 y las 50 líneas S_8 -- con cinco probadores, encontró que los mestizos S_1 más rendidores normalmente también fueron los mestizos S_8 más rendidores, lo que confirma que la aptitud combinatoria expresada - en S_1 se mantiene a través de la endocría.

Uno de los procedimientos más comunes para estimar - la ACG de las líneas es mediante el uso de probadores. Matzinger (1953) define como probador adecuado, aquel que combine simplicidad en su uso con una máxima información sobre el comportamiento del material bajo evaluación. Lonquist y -- Lindsey (1970) y Paz, Bucio y Molina Galán (1973) sugieren - que el mejor probador es una variedad de alta frecuencia de genes recesivos. Mientras que Cress (1966) y Galarza (1973) concluyeron que el probador más seguro es la variedad original. Por otro lado, López Pérez (1986) sugiere que en un -- programa de hibridación el mejor probador es una línea endo-criada no emparentada y de buen rendimiento.

Existen argumentos para demostrar que cuando se parte de poblaciones mejoradas hay mayores probabilidades de encontrar genes favorables que en poblaciones originales, de - aquí la importancia de trabajar con poblaciones mejoradas. A la fecha se cuenta con varios caminos a seguir para el me-joramiento de las poblaciones. Una metodología que ha demos-trado ser eficiente en el incremento de genes favorables pa-ra varios caracteres agronómicos es la selección recurrente de familias de hermanos completos que fue descrita por Mather (1949) como cruza biparentales. Hoy en día se cuenta con -

numerosas evidencias de la eficacia de esta metodología para incrementar el rendimiento y mejorar características - - agronómicas, entre ellas podemos citar a Betancourt Corvera (1984), Cervantes Ledezma (1985), Barrios Uresti (1987) y Romero Dávila (1987) quienes lograron incrementar el rendimiento, el número de mazorcas por cien plantas y reducir el porcentaje de acame con la población Lucio Blanco Mejorado. Castro Gil (1969) encontró en varias poblaciones de maíz un incremento en el rendimiento promedio del seis por ciento - por ciclo de selección.

Esta misma metodología también permite hacer cruzas interpopulacionales y explotar los efectos heteróticos que - se manifiestan a raíz de la divergencia genética y ecológica, así como del patrón heterótico entre las poblaciones involucradas, como lo reportan Hoegenmeyer y Hallauer (1976) al trabajar con dos poblaciones prolíficas denominadas BS₁₀ y BS₁₁. Dichos autores realizaron cruzas dobles crípticas y concluyen que este método permite detectar familias y líneas con buena aptitud combinatoria a través de un mínimo de tiempo y probadores.

Además, esta metodología de familias de hermanos completos permite derivar líneas sobresalientes que pueden ser utilizadas para la formación de híbridos superiores como lo reporta Cortes Mendoza *et al.* (1985).

Hallauer y Miranda (1981) mencionan que se requiere por lo menos tres estaciones de crecimiento para completar

un ciclo de selección recurrente entre familias de hermanos completos, en la primera estación se produce las familias de hermanos completos, en la segunda se evalúan y en la tercera se recombinan aquellas seleccionadas. Posteriormente, Compton y Lonquist (1982) describen un esquema de selección de hermanos completos, donde es posible obtener un ciclo de selección en dos estaciones, es decir, un ciclo por año realizando en una misma la recombinación y la formación de las familias de hermanos completos de la siguiente manera; una vez seleccionadas las familias, se realizan compuestos balanceados de una semilla por cada familia seleccionada y cada compuesto se siembra en un surco haciendo cruza fraternales planta a planta dentro de cada surco, lo que forma las familias de hermanos completos y un compuesto balanceado de todas las cruza fraternales realizadas dentro de todos los surcos constituye el ciclo de recombinación.

Uno de los intentos por reducir al máximo la endogamia que se presenta en las poblaciones continuamente mejoradas, mediante selección recurrente de familias de hermanos completos, es el reportado por Anonymous (1983) quien propone recombinar las 50 familias seleccionadas de un total de 250 familias evaluadas, mediante un dialélico parcial numerando las familias del 1 al 50 y cruzando cada una de éstas con diez familias diferentes de la siguiente manera:

- Familia 1, cruzada con las familias 2, 3, 4, 5, 6, 46, 47, 48, 49, 50.
- Familia 2, cruzada con las familias 3, 4, 5, 6, 46, 47, 48, 49, 50, 51.

- ✓
- Familia 3, cruzada con las familias 4, 5, 6, 7, 48, 49, 50, 1, 2.

De esta forma se evitan cruzamientos entre plantas de la misma familia.

3. MATERIALES Y METODOS

Material Genético

El material genético que sirvió de base para el presente estudio estuvo constituido por 202 mestizos y una población. Los 159 mestizos se obtuvieron en la población Pool 24, 43 de la población Lucio Blanco Mejorado (LBM) y la misma población LBM. La población Pool 24 fue descrita por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) (1982) y el LBM es una población constituida por 30 líneas superenanas con adaptación al Bajío Mexicano.

Formación de mestizos de la población Pool 24

Con el fin de reforzar los trabajos que demuestran que las líneas adquieren su aptitud combinatoria desde las primeras generaciones de endogamia en 1983 se practicó una selección disruptiva (3.7%) en 136 familias de medios hermanos a quienes se les había practicado una prueba de aptitud combinatoria general (ACG), así, se seleccionaron cinco familias con los valores más altos de ACG y cinco con los valores más bajos de ACG. Para 1984 fue posible contar con 25 y 28 líneas S_2 seleccionadas al azar, derivándose de las cinco familias de medios hermanos de más altos y más bajos valores de ACG, respectivamente. Las 53 líneas S_2 (Cuadro 3.1) se cruzaron en 1985 cada una con tres probadores. Dos probado-

Cuadro 3.1 Genealogía de las líneas del Pool 24 utilizadas en el presente trabajo.

MH 37-1-1 (A)	MH 118-5-1 (A)	MH 66-5-2 (B)
MH 37-1-2 (A)	MH 118-5-2 (A)	MH 98-1-1 (B)
MH 37-2-1 (A)	MH 118-7-1 (A)	MH 98-2-1 (B)
MH 37-2-2 (A)	MH 118-7-2 (A)	MH 98-2-2 (B)
MH 37-3-1 (A)	MH 128-1-1 (A)	MH 98-3-1 (B)
MH 37-3-2 (A)	MH 128-1-2 (A)	MH 98-3-2 (B)
MH 45-1-1 (A)	MH 128-2-2 (A)	MH 122-1-1 (B)
MH 45-1-2 (A)	MH 64-1-1 (B)	MH 122-1-2 (B)
MH 45-2-1 (A)	MH 64-1-2 (B)	MH 122-2-1 (B)
MH 45-2-2 (A)	MH 64-3-1 (B)	MH 122-2-2 (B)
MH 50-1-1 (A)	MH 64-3-2 (B)	Mh 122-3-1 (B)
MH 50-1-2 (A)	MH 64-4-1 (B)	MH 122-3-2 (B)
MH 50-3-1 (A)	MH 64-4-2 (B)	MH 132-1-1 (B)
MH 50-3-2 (A)	MH 66-1-1 (B)	MH 132-1-2 (B)
MH 50-5-1 (A)	MH 66-1-2 (B)	MH 132-3-1 (B)
MH 50-5-2 (A)	MH 66-3-1 (B)	MH 132-4-1 (B)
MH 118-2-1 (A)	MH 66-3-2 (B)	MH 132-4-2 (B)
MH 118-2-2 (A)	MH 66-5-1 (B)	

A = líneas derivadas de familias de medios hermanos con altos efectos de ACG.

B = líneas derivadas de familias de medios hermanos con bajos efectos de ACG.

res fueron de amplia base genética; la población Pool 24 y la población 23, ambas descritas por el CIMMYT (1982), el tercer probador fue una línea élite (LT10) no emparentada -- con la población. Por lo tanto, fue posible obtener 159 mestizos, mismos que se evaluaron en tres localidades: Tehuantepec, Oax., Ursulo Galván y Carretas, Ver., todos representativos del Trópico Húmedo Mexicano.

✓ Formación de Mestizos de la Población LBM ✕

Con el fin de comparar la eficiencia de la metodología en cuanto a la selección de hermanos completos con mejores efectos de ACG, de 58 familias seleccionadas para formar el primer ciclo de selección en la población LBM se eligieron seis (por ser las que mostraron los valores más altos de ACG) para derivar líneas. También se derivaron líneas de la segunda recombinación del C_1 . Así en Torreón, Coah. 1984 se obtuvieron las líneas S_1 y en Tepalcingo, Mor., en el ciclo 84-85 se obtuvieron las 23 líneas S_2 . De las seis FHC y 20 del C_1 . Las 43 líneas S_2 se cruzaron en el ciclo 1985-86 -- con el probador $AN_{1,2}$ que es una línea élite no emparentada (Cuadro 3.2).

Los 43 mestizos fueron evaluados durante 1986 en dos localidades representativas del Bajío Mexicano, una fue Cd. Guzmán, Jal., donde la conducción fue bajo temporal y la siembra fue el 21 de Junio y la otra fue Torreón, Coah., donde la siembra fue el 10 de Julio y conducida bajo riego aclarando que éste falló en el período de floración y aunando a esto una incidencia de *Fusarium* spp., ocasionando que los datos aquí tomados no fueran considerados en la interpretación

Cuadro 3.2 Genealogía de las líneas S₂ derivadas de las - - seis Familias de Hermanos Completos y del primer ciclo de selección en la población LBM.

G e n e a l o g í a s		
LBM C ₁ Sint 2-1-1	LBM C ₁ Sint 2-10-1	LBM HC 39B- 3-4
LBM C ₁ Sint 2-1-2	LBM C ₁ Sint 2-13-2	LBM HC 39B- 4-1
LBM C ₁ Sint 2-1-3	LBM C ₁ Sint 2-15-1	LBM HC 39B- 6-1
LBM C ₁ Sint 2-2-1	LBM C ₁ Sint 2-16-1	LBM HC 39B- 6-2
LBM C ₁ Sint 2-2-2	LBM C ₁ Sint 2-18-2	LBM HC 39B- 7-1
LBM C ₁ Sint 2-2-3	LBM C ₁ Sint 2-10-1	LBM HC 39B- 7-2
LBM C ₁ Sint 2-3-1	LBM C ₁ Sint 2-22-1	LBM HC 39B- 7-3
LBM C ₁ Sint 2-3-2	LBM HC 24- 3-2	LBM HC 84B- 1-1
LBM C ₁ Sint 2-3-3	LBM HC 23A-2-1	LBM HC 84B- 4-1
LBM C ₁ Sint 2-6-2	LBM HC 23A-5-1	LBM HC 84B- 4-2
LBM C ₁ Sint 2-6-3	LBM HC 23A-6-1	LBM HC 84B- 5-2
LBM C ₁ Sint 2-7-1	LBM HC 16B-3-1	LBM HC 84B- 6-2
LBM C ₁ Sint 2-7-3	LBM HC 39B-3-1	LBM HC 84B- 7-1
LBM C ₁ Sint 2-8-1		LBM HC 84B- 9-1
LBM C ₁ Sint 2-9-2		LBM HC 84B- 9-2
LBM C ₁ Sint 2-9-3		LBM HC 84B-10-1

de los resultados.

Para la evaluación de los 43 mestizos se utilizó un diseño bloques al azar con dos repeticiones con una parcela experimental de un surco de 4.62 m de largo por 75 cm entre surcos, teniendo una densidad aproximada de 60,000 plantas - por hectárea.

✓ Selección Recurrente de Familias de Hermanos Completos con Pedigrí

Con el fin de evitar la endogamia en cada ciclo de - selección recurrente de familias de hermanos completos (FHC) asegurando por lo tanto, una mejor recombinación, así como - para poder estimar los efectos de ACG propios de las familias recombinadas, se describe a continuación la forma en que se ha llevado la selección recurrente de familias de hermanos - completos con pedigrí en la población LBM.

Primera Generación

En la población base (LBM) se forman 250 FHC para su evaluación, a cada una de ellas se les asigna un pedigrí.

Segunda Generación

Se hace la evaluación de las 250 FHC en un mínimo de dos localidades con dos repeticiones por localidad y dejando un remanente de semilla de cada FHC.

Tercera Generación

Una vez evaluadas las familias se aplica un 20 por - ciento de presión de selección (FHC). Hecha la selección se recurre al pedigrí de las 50 FHC seleccionadas para progra--

marse la formación de las nuevas FHC y recombinación al mismo tiempo, usando para ésto un cuadro de doble entrada en forma de dialélico parcial (Cuadro 3.3). La importancia de programar la formación de las nuevas FHC a través del dialélico parcial estriba en que de esta forma es posible tener una estimación de la aptitud combinatoria de cada familia a través de los diferentes ciclos de selección, así como evitar la endogamia, procurando que en cada ciclo no intervengan ancestros comunes en la formación de las nuevas FHC.

El arreglo de las familias en el campo para la formación y recombinación se hace en forma de cruza irlandesas, o sea surcos apareados de la Familia 1 contra sus contrapartes; ejemplo 2, 7, 12, 17, 22, 27, 32, 42 y 47 (Cuadro 3.3). Se recomienda sembrar cuatro semillas por mata, dos a tiempo y dos a siete días después, espaciados a un metro entre plantas, con el fin de asegurar la formación de las nuevas FHC. En la cosecha se le asigna el pedigrí a la nueva FHC que será evaluada en la siguiente generación y un compuesto balanceado de cada una de ellas nos daría la semilla del n ciclo de selección recurrente de familias de hermanos completos.

Con el fin de mostrar más objetivamente como se obtiene la prepotencia de las familias seleccionadas y cómo se realiza la estimación de la frecuencia de participación de las familias que formaron el primer ciclo de selección a través de los ciclos se incluyen algunos resultados obtenidos en las evaluaciones de los ciclos dos, tres y cuatro, los --

cuales fueron reportados independientemente por Cervantes Ledezma (1985), Romero Dávila (1987) y Barrios Uresti (1986) respectivamente.

Características de las Localidades Elegidas para la Evaluación

Todos los lotes experimentales se establecieron con agricultores cooperantes, las características de las localidades elegidas se presentan en el Cuadro 3.4.

Cuadro 3.4 Principales características de las localidades - donde se evaluaron los ensayos de rendimiento.

Localidad	Ubicación		Precipitación - media anual (mm)	Altitud (m)	Temp. media (°C)
	Lat. N	Long. O			
Ursulo Galván, Ver.	19°22'	96°23'	1207	100	25.1
Carretas, Ver.	19°40'	96°23'	1200	80	25.0
Tehuantepec, Oax.	16°20'	95°14'	966	35	26.9
Cd. Guzmán, Jal.	19°42'	103°28'	732	1507	19.7
Torreón, Coah.	25°33'	103°26'	217	1137	22.6

Toma de Datos

En general de todas las localidades se obtuvo una medida de las siguiente variables:

- a). **Días a floración masculina**, se toma como referencia el día de la siembra y se dice que una parcela esta en floración masculina cuando más del 50 por ciento de las parcela presenta espigas con anteras dehiscentes.
- b). **Días a floración femenina**, se toma como referencia el día de la siembra y se dice que una parcela esta en floración femenina cuando más del 50 por ciento de la parce

- la presenta jilotes con estigmas receptivos.
- c). **Altura de planta**, se toman diez plantas al azar y se mide cada una de las plantas, de la base de ésta hasta donde nace la hoja bandera, se expresa en metros.
- d). **Altura de mazorca**, se toman diez plantas al azar y se mide cada una de las plantas de la base, de ésta hasta la inserción de la mazorca principal, se expresa en metros.
- e). **Acame de raíz**, cuando la planta presenta una inclinación con un ángulo menor o igual a 30 con respecto a la horizontal y se expresa en por ciento en relación al total de plantas por parcela.
- f). **Acame de tallo**, cuando la planta presenta quebramiento en el tallo abajo de la mazorca y se expresa en por ciento en relación al total de plantas por parcela.
- g). **Mazorcas podridas**, se toma como mazorca podrida aquella que presenta más del diez por ciento de pudrición, se expresa en por ciento en relación al total de mazorcas cosechadas.
- h). **Mala cobertura**, se toma antes de la cosecha, la mazorca presenta mala cobertura cuando el totomoxtle no logra cubrir totalmente la mazorca, dejando al descubierto la punta de ésta. Se expresa en por ciento en relación al total de las mazorcas cosechadas.
- i). **Número de plantas cosechadas**, es el total de plantas cosechadas dentro de la parcela experimental útil.

- j). **Número de mazorcas cosechadas**, es el total de mazorcas - que se obtienen de las plantas cosechadas dentro de la parcela útil.
- k). **Peso de campo**, se obtiene pesando el total de mazorcas - cosechadas por parcela, deberá pesarse en una báscula de reloj con una exactitud de tres decimales.
- l). **Por ciento de humedad**, se toma por parcela una muestra - con un peso de 250 g de grano y se lleva a un aparato de terminador de humedad llamado "Dolle 400", el cual proporciona la lectura de humedad directa a la que se hace una corrección por temperatura.
- m). **Por ciento de materia seca**, en base al por ciento de humedad se obtiene el por ciento de materia seca por diferencia.
- n). **Peso seco**, se determina multiplicando el por ciento de - materia seca por el peso seco.
- o). **Rendimiento en mazorcas al 15.5 por ciento de humedad**, se obtiene de multiplicar el peso seco ajustado por el fac--tor de conversión a toneladas por hectárea, fue necesario obtener el peso seco ajustado obedeciendo a que en todas las localidades se presentó el problema de no cosechar la población perfecta, el peso seco ajustado se obtiene me--diante la siguiente forma:

$$\hat{Y}_{ij} = Y_{ij} - b_{xy}(X_{ij} - \bar{X}_{..})$$

donde:

\hat{Y}_{ij} = peso seco ajustado por regresión del i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición.

b_{xy} = coeficiente de regresión del error de X en Y.

X_{ij} = número de plantas del i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición.

$\bar{X}_{..}$ = media general del número de plantas cosechadas.

$i = 1, 2, \dots, t$ (tratamientos)

$j = 1, 2, \dots, r$ (repeticiones)

El factor de conversión para expresarlo en toneladas por hectárea se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$FC = \frac{10,000 \text{ m}^2}{\text{área de parcela útil} \times 0.845 \times 1000}$$

donde:

FC = factor para convertir a toneladas por hectárea de mazorca al 15.5 por ciento de humedad.

área de parcela útil = distancia entre surco por distancia entre planta por número perfecto de plantas por parcela.

0.845 = constante para obtener el rendimiento en kilogramos por hectárea al 15.5 por ciento de humedad.

1000 = coeficiente para obtener el rendimiento en toneladas por hectárea.

10,000 m² = equivalencia a una hectárea.

Otros Parámetros Estimados

Prepotencia

Para estimar los valores de ACG de las familias formadas de un ciclo determinado de selección se obtuvo el comportamiento promedio de cada familia, a través de las diferentes cruces donde ésta participaba. Principalmente ésta se reporta para rendimiento, sin embargo se hizo para algunas otras medidas como sanidad de mazorca.

Diferencial de Selección

Es la diferencia que se observa entre la media de familias seleccionadas y la media general de la población.

El por ciento de participación de una familia determinada en la población se estimó de la siguiente manera: primeramente se revisa cuántos ancestros tiene cada familia (árbol genealógico), una vez determinado éste se multiplica por el número de familias incluidas en ese ciclo, ésto sería el total de los ancestros.

Luego se cuantifica las veces que un ancestro en particular aparece en la población y éste se divide entre la cifra obtenida como 100 por ciento y el resultado es igual a su frecuencia de participación.

Los promedios de rendimiento se utilizaron para calcular análisis de varianza de cada localidad individualmente y combinado para calcular los efectos de ACG.

Análisis Estadístico

Análisis de Varianza

En todos los ensayos fue necesario efectuar un análisis de covarianza para la variable peso seco debido a que no siempre fue posible cosechar el número perfecto de plantas por parcela útil. Con el fin de conocer si estas fallas eran suficientemente importantes para ajustar los pesos secos y minimizar el error, la covariable fue número de plantas cosechadas. El modelo estadístico del análisis de covarianza es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \gamma_j + b(X_{ij} - \bar{X}_{..}) + \epsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = variable respuesta peso seco.

μ = efecto de la media general.

τ_i = efecto del i -ésimo tratamiento.

γ_j = efecto de la j -ésima repetición.

b = coeficiente de regresión del error Y en X .

X_{ij} = número de plantas (covariables) del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición.

$\bar{X}_{..}$ = media general del número de plantas en el probador.

ϵ_{ij} = efecto del error experimental.

$i = 1, 2, \dots, t$ (tratamientos)

$j = 1, 2, \dots, r$ (repeticiones)

El procedimiento estadístico a seguir viene detallado por Reyes Castañeda (1982).

Terminado el análisis de covarianza se procedió a de terminar el coeficiente de regresión (b) mediante la siguiente fórmula:

$$b = \frac{\sum XY_e}{\sum X^2_e}$$

donde:

$\sum XY_e$ = suma del producto de XY del error.

$\sum X^2_e$ = suma de cuadrados X del error.

una vez calculado el coeficiente de regresión (b) se realiza un análisis de varianza para la regresión (Cuadro 3.5).

Para probar las hipótesis que plantean que el carácter inherente de aptitud combinatoria estimada en familias - de medios hermanos es transmitido a sus descendientes en sus diferentes niveles de endocría, así como el que postula que

Cuadro 3.5 Análisis de varianza para la regresión con distribución en bloques al azar.

Fuentes de variación	g.l.	S.C.	C.M.	F.c.
Regresión	1	$b\Sigma XYe$	$\{ (b\Sigma XYe/g1-regresión) \}=a$	a/b
Residual	$(t-1)(r-1)$	$\Sigma Y^2e - b\Sigma XYe$	$\{ (\Sigma Y^2e - b\Sigma XYe/g1-res.) \}=b$	
Total	$(t-1)(r-1)$	ΣY^2e		

existen mayores posibilidades de obtener líneas superiores - al derivarlas directamente de las familias con más altos valores de aptitud combinatoria elegidas para constituir el siguiente ciclo de selección que al derivarlas del ciclo ya recombinado. Fue necesario analizar los resultados de la evaluación de los 159 mestizos del Pool 24 y los 43 del LBM bajo un diseño bloques al azar.

Bajo el siguiente modelo para una localidad:

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

donde:

Y_{ij} = la observación del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición.

μ = efecto de la media de la población.

α_i = efecto del i -ésimo tratamiento.

β_j = efecto de la j -ésima repetición.

ϵ_{ij} = efecto del error experimental.

α_i se descompuso en:

α'_i = efecto del i -ésimo tratamiento'

α''_i = efecto del i -ésimo tratamiento''

α'_i vs α''_i = contraste de los dos efectos anteriores.

$i = 1, 2, \dots, t$ (tratamientos)

$j = 1, 2, \dots, r$ (repeticiones)

Para el Pool 24:

α'_{i} = mestizos entre líneas provenientes de familias de medios hermanos con altos efectos de ACG.

α''_{i} = mestizos entre líneas provenientes de familias de medios hermanos con bajos efectos de ACG.

α'_{i} vs α''_{i} = al contraste entre las dos fuentes anteriores.

Para el Lucio Blanco:

α'_{i} = mestizos entre líneas derivadas directamente de las familias con altos valores de ACG.

α''_{i} = mestizos entre líneas derivadas del ciclo ya - recombinado.

α'_{i} vs α''_{i} = al contraste entre las dos fuentes anteriores.

Cuadro 3.6 Análisis de varianza para un diseño bloques al - azar con los tratamientos desglosados.

Fuentes de variación	grados de libertad	Suma de Cuadrados
Repeticiones	$r-1$	$\sum_j \frac{Y_{.j}^2}{t} - \frac{Y_{..}^2}{rt}$
Mestizos	$t-1$	$\sum_i \frac{Y_{i.}^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{rt}$
Mest. '	$t'-1$	$\sum_i \frac{Y'_{i.}^2}{r} - \frac{Y'_{..}^2}{rt'}$
Mest. ''	$t''-1$	$\sum_i \frac{Y''_{i.}^2}{r} - \frac{Y''_{..}^2}{rt''}$
Mest. ' vs Mest. ''	1	$\frac{(Y'_{..}^2 + Y''_{..}^2)}{rt'} + \frac{Y''_{..}^2}{rt''} - \frac{\sum Y_{..}^2}{rt}$
Error	$(t-1)(r-1)$	$SCTot - SCr - SCT$
Total	$tr-1$	$\sum \sum Y_{ij} - \frac{Y_{..}^2}{rt}$

' mestizos formados con líneas derivadas de familias de alta aptitud combinatoria de la población LBM.

'' mestizos formados con líneas derivadas de LBM (HC) C_1 .

Para probar la hipótesis que postula que el carácter inherente de AC estimado en FMH es transmitido a sus descendientes en sus diferentes niveles de endocrina fue necesario evaluar los 159 mestizos del Pool 24, los cuales se analizaron como un bloques al azar donde los mestizos se desglosaron en los efectos dados por las líneas, por los probadores y por la interacción de ambos bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_l + \beta_{jlk} + \tau_i + (\tau\gamma)_{ik} + \gamma_k + (\gamma\alpha)_{kl} + (\tau\alpha)_{il} + (\tau\gamma\alpha)_{ikl} + \epsilon_{ijkl}$$

τ_i se descompuso en $\tau'_{i} + \tau''_{i}$ y (τ'_{i} vs τ''_{i})

donde:

Y_{ijkl} = es el efecto de la i -ésima línea en la j -ésima repetición con el k -ésimo probador en la l -ésima localidad.

μ = media general del carácter medido.

α_l = efecto de la l -ésima localidad.

β_{jlk} = efecto de la j -ésima repetición en la l -ésima localidad y k -ésimo probador.

τ_i = efecto de la i -ésima línea.

τ'_{i} = efecto de la i -ésima línea'.

τ''_{i} = efecto de la i -ésima línea".

τ'_{i} vs τ''_{i} = contraste de las líneas' contra las líneas".

$(\tau\gamma)_{ik}$ = efecto de la interacción de la i -ésima línea con el k -ésimo probador.

γ_k = efecto del k -ésimo probador

$(\gamma\alpha)_{kl}$ = efecto de la interacción del k -ésimo probador en la l -ésima localidad.

$(\tau\alpha)_{il}$ = efecto de la interacción de la l -ésima localidad con el k -ésimo probador.

$(\tau\gamma\alpha)_{ikl}$ = efecto de la interacción de la i -ésima línea con el k -ésimo probador en la l -ésima localidad.

ϵ_{ijkl} = efecto del error experimental.

A continuación se muestra el análisis de varianza - combinado y las fórmulas utilizadas para su cálculo matemático.

Cuadro 3.7 Análisis de varianza combinado, de líneas, probadores y localidades para un diseño bloques al azar.

Fuentes de variación	grados de libertad.	Suma de Cuadrados
Localidades	$l-1$	$\sum_{\ell} \frac{Y_{...l}}{trp} - FC$
Rep./Loc., Prob.	$r-1/lp$	$\sum_j \sum_{\ell} \sum_k \frac{Y_{.jkl}^2}{t} - \sum_{\ell} \sum_k \frac{Y_{..kl}^2}{tr}$
Tratamientos	$t-1$	$\sum_i \frac{Y_{i...}^2}{rtl} - FC$
Trat. '	$t'-1$	$\sum_i \frac{Y'_{i...}^2}{rpl} - \frac{Y'_{....}^2}{t'rpl}$
Trat. "	$t''-1$	$\sum_i \frac{Y''_{i...}^2}{rpl} - \frac{Y''_{....}^2}{t''rpl}$
Trat. ' vs Trat. "	1	$\frac{Y'_{....}^2}{t'rpl} + \frac{Y''_{....}^2}{t''rpl} - FC$
Trat. x Loc.	$(t-1)(l-1)$	$\sum_i \sum_{\ell} \frac{Y_{i..l}^2}{rp} - FC - SCT - SCLoc.$
Probadores	$p-1$	$\sum_k \frac{Y_{..k}^2}{trl} - FC$
Prob. ' x Loc.	$(p-1)(l-1)$	$\sum_k \sum_{\ell} \frac{Y_{..k\ell}}{tr} - FC - SCP - SCL$
Trat. x Prob.	$(t-1)(p-1)$	$\sum_i \sum_k \frac{Y_{i.k}^2}{rt} - FC - SCP - SCT$
Trat. x Prob. x Loc.	$(t-1)(p-1)(l-1)$	$\sum_i \sum_k \sum_{\ell} \frac{Y_{i.k\ell}^2}{r} - FC - SCTxP - SCPxL - SCTxL + SCT + SCP + SCL$
Error	$(l-1)(r-1)(l)(p)$	$\sum_k \sum_{\ell} \frac{Y_{..k\ell}^2}{tr} - FC - SCT - SCL - SCr/LP - SCTxL - SCP - SCPxL - SCTxP - SCFxPxL$

donde:: Tratamientos = al total de las líneas evaluadas.
 Trat. ' = líneas derivadas de familias con alto valor de ACG.
 Trat. " = líneas derivadas de familias con bajos efectos de ACG.

Cálculo del coeficiente de variación:

$$C.V. = \frac{\sqrt{CMEE}}{\bar{x}} \times 100$$

donde:

CMEE = cuadrado medio del error experimental.

\bar{x} = media general.

Pruebas de Rango Múltiple

Se estimó la desviación mínima significativa al cinco por ciento de probabilidad para las siguientes fuentes, tratamientos, localidades, probadores y para los contrastes con las siguientes fórmulas:

$$\text{DMS para tratamientos } (.05) = t.05/2g_{lee} \frac{\sqrt{2CMEE}}{rp\ell}$$

$$\text{DMS para localidades } (.05) = t.05/2g_{lee} \frac{\sqrt{2CMEE}}{trp}$$

$$\text{DMS para probadores } (.05) = t.05/2g_{lee} \frac{\sqrt{2CMEE}}{tr\ell}$$

$$\text{DMS para contrastes } (.05) = t.05/2g_{lee} \frac{\sqrt{2CMEE}}{trlp}$$

donde:

$t.05/2g_{lee}$ = valor de tablas de T a dos colas.

CMEE = cuadrado medio del error experimental.

t = tratamientos.

r = repeticiones.

p = probadores.

ℓ = localidades.

4... RESULTADOS

En el Cuadro 4.1 se presenta un resumen de las significancias encontradas para los ensayos de rendimiento de las 53 líneas del Pool 24 evaluadas durante 1985 en tres localidades y con tres probadores. El análisis de varianza mostró diferencias significativas para los mestizos en todas las evaluaciones, a excepción de la evaluación realizada en la localidad de Carretas, Ver. con el probador IT10.

Como ya se había mencionado las líneas del Pool 24 fueron derivadas de familias seleccionadas disruptivamente por sus valores de ACG para rendimiento, al analizar por separado estos mestizos encontramos que los formados con líneas derivadas de familias con mejores valores de ACG muestran diferencias significativas en siete de las nueve evaluaciones, mientras que los mestizos formados con líneas derivadas de familias con más bajos efectos de ACG solo cuatro de nueve muestran diferencias significativas. Por otro lado, podemos observar que los coeficientes de variación son aceptables.

Otro aspecto importante que se detectó en el Cuadro 4.1 es que el contraste entre los dos grupos de mestizos mostró significancia en cinco de las nueve evaluaciones, lo que motivó que se presentara el Cuadro 4.2 donde se anotan las medias de rendimiento de cada grupo de mestizos. Se observa que en todos los casos la media de los mestizos entre

Cuadro 4.1 Análisis de varianza para rendimiento de las 53 líneas derivadas de Pool 24 y evaluadas durante 1985 en las localidades de Ursulo Galván, Ver.; Tehuantepec, Oax. y Carretas, Ver. con los probadores LT10, Pob. 23 y Pool 24.

Fuentes de variación	g.l.	Cuadros			Medios			Galván Pool 24	Carr. Pool 24	Teh. Pool 24
		Galván LT 10	Carr. LT 10	Teh. LT 10	Galván Pob 23	Carr. Pob 23	Teh. Pob 23			
Repeticiones	1	6.105*	0.001	0.011	0.513	11.105**	0.234	0.491	2.205*	1.441
Mestizos	52	1.803*	1.084	1.071*	1.257**	1.730*	0.841**	1.622**	1.634**	0.776*
Mestizos con líneas altas en ACG.	24	2.225**	1.175	0.760	1.888**	1.790*	0.905**	1.105**	1.789**	0.919*
Mestizos con líneas bajas en ACG	27	1.383	0.963	1.266*	0.737	1.428	0.781*	1.479**	1.002**	0.585
Mestizos altos vs Mestizos bajos.	1	2.989	2.192	3.281*	0.141	8.456**	0.918	17.889**	14.986**	2.508*
Error	52	0.958	0.800	0.667	0.487	0.968	0.408	0.461	0.465	0.498
C.V. (%)		12.075	12.092	16.794	9.033	17.102	16.387	8.826	12.354	18.615

*,** Significativo al nivel de probabilidad de .05 y .01, respectivamente.

Cuadro 4.2 Comportamiento promedio de rendimiento en las líneas derivadas de familias con altos efectos de ACG (A) y de las derivadas de familias con bajos efectos de ACG (B).

	Galván LT 10	Carr. LT 10	Teh. LT 10	Galván Pob 23	Carr. Pob 23	Teh. Pob 23	Galván Pool 24	Carr. Pool 24	Teh. Pool 24	Combinado
Media A	8.283	6.499	5.049	7.763	6.052	3.996	8.126	5.916	3.954	6.182
Media B	7.947	6.211	4.697	7.690	5.487	3.810	7.303	5.163	3.646	5.771

líneas derivadas de familias con más altos efectos de ACG -
tiende a ser mayor.

Con el fin de obtener un resultado con el cual poder generalizar las interpretaciones fue necesario realizar un análisis de varianza que englobara los efectos de las líneas a través de los probadores y localidades, para lo que fue necesario desglosar el efecto de los mestizos, en los efectos aportados por las líneas, los probadores y la interacción entre ambos. Un resumen de tal análisis se presenta en el Cuadro 4.3 donde se aprecia que las localidades elegidas para las evaluaciones muestran diferencias estadísticas altamente significativas para los tres casos.

En cuanto a las fuentes de variación líneas y probadores se encontró también una diferencia altamente significativa. En cuanto a las interacciones simples se observa que todas muestran una alta significancia en la interacción. Mientras que la interacción entre las fuentes localidades x líneas x probador la magnitud de su cuadrado medio fue tan pequeña que no mostró significancia.

Por último en el Cuadro 4.3 podemos observar que el coeficiente de variación encontrado es bajo.

Obedeciendo a las significancias encontradas en las fuentes localidades y probadores en el Cuadro 4.4 se concentran las medias de rendimiento de cada una de éstas, observando que la localidad que estadísticamente obtuvo la mejor

Cuadro 4.3 Análisis de varianza combinado para rendimiento de 53 cruzas de prueba de líneas del Pool 24, - evaluadas durante 1985 en Ursulo Galván y Carretas, Ver. y Tehuantepec, Oax. a través de tres probadores.

Fuentes de variación	grados de libertad	Cuadrados Medios
Localidades	2	1065.138**
Repeticiones/Loc., Gpo.	9	2.511**
Líneas	52	4.226**
Líneas altas en ACG	24	4.171**
Líneas bajas en ACG	27	2.955**
Altas vs Bajas	1	39.899**
Probadores	2	54.642**
Probador x Línea	104	1.083**
Línea x Localidad	104	1.508**
Localidad x Probador	4	3.660**
Loc. x Línea x Probador	208	0.267
Error Experimental	468	0.635

** Significativo al nivel de probabilidad de .01 C.V. = 13.35%

Cuadro 4.4 Concentración y clasificación según la DMS al -- .05 de las medias de rendimiento de la localidad y probadores a través de las cuales fueron evaluadas las 53 líneas de Pool 24.

Localidades	Media	Probadores	Media
Ursulo Galván, Ver.	7.841 a	LT 10	6.439 a
Carretas, Ver.	5.873 b	Pool 24	5.667 b
Tehuantepec, Oax.	4.184 c	Pob. 23	5.792 b

media fue Ursulo Galván, Ver., seguida en orden decreciente por Carretas, Ver. y Tehuantepec, Oax. En cuanto a los probadores el mejor comportamiento promedio en base a rendimiento fue con la línea LT10.

Para cumplir con los objetivos planteados en este estudio, es necesario presentar una amplia descripción del comportamiento promedio de cada una de las 53 líneas obtenidas del Pool 24. Tal comportamiento se obtuvo al tener la media de cada línea a través de los tres probadores y tres ambientes, mismos que se presentan en el Cuadro 4.5 donde podemos notar: que entre los primeros 16 lugares en cuanto a rendimiento, 14 corresponden a líneas derivadas de familias con altos efectos de ACG y solo dos corresponden a líneas derivadas de familias con bajos efectos de ACG. Esta tendencia es claramente notoria, sobre todo cuando se analiza la porción de las 16 líneas con más bajos rendimientos, aquí se encuentran comprendidas solamente tres líneas representantes de las familias con más altos efectos de ACG, mientras que las otras 13 restantes son líneas representativas de las familias de más baja ACG.

Además, podemos notar que en el grupo estadísticamente superior se logró integrar una línea derivada de la familia 64 que es una componente de las familias de baja ACG.

En cuanto a las medias generales notamos que por el valor de los días a floración pueden ser considerados como materiales precoces, de altura intermedia con algunos pro-

Cuadro 4.5 Concentración del comportamiento promedio en rendimiento y otras características agronómicas de 53 líneas S₂ representativas de diez familias de medios hermanos, cinco con altos efectos de ACG (A) y cinco con bajos efectos de ACG (B) evaluadas en tres ambientes; Ursulo Galván y Carretas, Ver. y Tehuantepec, Oax. a través de tres probadores LT 10, Acros 8023 y Pool 24 durante 1985B.

Genealogía	Días a flor		Altura		Acame		Maz. pod. %	Mala cob. %	Rendimiento mazorca ton/ha.*
	o	♀	Plta.	Maz.	Raíz	Tallo			
Pool 24 MH 50-3-2 (A)	53	53	240	123	20	7	10	5	7.178
Pool 24 MH 37-2-2 (A)	55	56	247	123	21	5	10	5	6.786
Pool 24 MH 64-4-1 (B)	54	55	236	121	40	8	8	3	6.687
Pool 24 MH 118-5-1 (A)	54	54	237	114	20	6	13	7	6.590
Pool 24 MH 128-1-1 (A)	54	55	234	119	29	8	12	9	6.584
Pool 24 MH 45-1-3 (A)	54	55	229	121	39	3	15	9	6.573
Pool 24 MH 45-2-1 (A)	54	54	234	119	28	6	11	6	6.565
Pool 24 MH 50-3-1 (A)	54	54	230	116	27	5	14	6	6.502
Pool 24 MH 118-5-2 (A)	54	54	247	115	16	5	10	6	6.501
Pool 24 MH 128-2-2 (A)	54	55	241	129	29	9	12	5	6.454
Pool 24 MH 37-1-1 (A)	54	55	238	116	20	6	12	4	6.319
Pool 24 MH 37-1-2 (A)	53	54	236	113	38	11	12	4	6.291
Pool 24 MH 50-1-1 (A)	54	54	234	129	29	7	11	4	6.267
Pool 24 MH 128-1-2 (A)	54	55	234	123	32	7	13	8	6.240
Pool 24 MH 122-1-2 (B)	54	55	203	125	30	6	17	8	6.236
Pool 24 MH 118-7-2 (A)	54	54	231	119	33	8	15	7	6.223
Pool 24 MH 66-5-1 (B)	54	54	237	113	26	7	14	9	6.527
Pool 24 MH 64-1-1 (B)	54	55	230	128	27	4	9	4	6.209
Pool 24 MH 37-2-1 (A)	55	55	232	112	19	5	10	6	6.202
Pool 24 MH 128-2-1 (A)	55	55	232	119	19	6	11	6	6.175
Pool 24 MH 64-3-2 (B)	54	55	225	117	29	7	11	9	6.154
Pool 24 MH 64-4-2 (B)	54	54	228	121	32	7	12	4	6.143
Pool 24 MH 132-1-2 (B)	54	55	236	122	23	7	13	2	6.105
Pool 24 MH 132-1-1 (B)	54	55	237	124	26	8	12	4	6.084
Pool 24 MH 45-1-1 (A)	55	56	236	116	32	5	12	3	6.069

Continuación Cuadro 4.5

Genealogía				Días a flor o ♀		Altura cm Plta. Maz.		Acame % Raíz Tallo		Maz. pod. %	Mala cob. %	Rendimiento mazorca ton/ha.*
Pool 24 MH 122-1-1 (B)	54	54	237	123	36	8	15	6	6.053			
Pool 24 MH 45-2-2 (A)	54	54	244	128	47	6	13	5	6.018			
Pool 24 MH 50-5-1 (A)	55	56	238	125	29	11	14	7	5.964			
Pool 24 MH 66-3-1 (B)	54	55	242	121	25	11	19	8	5.934			
Pool 24 MH 132-3-1 (B)	54	55	238	117	19	7	18	7	5.922			
Pool 24 MH 50-5-2 (A)	56	57	236	120	28	9	16	8	5.921			
Pool 24 MH 66-3-2 (B)	54	55	243	118	22	9	23	12	5.876			
Pool 24 MH 66-1-1 (B)	53	53	229	113	18	5	10	4	5.855			
Pool 24 MH 122-2-2 (B)	54	54	221	103	30	3	17	10	5.799			
Pool 24 MH 98-3-1 (B)	54	54	240	124	23	10	22	8	5.740			
Pool 24 MH 118-2-1 (A)	54	54	229	110	20	7	13	4	5.730			
Pool 24 MH 118-2-2 (A)	53	53	229	106	20	5	11	3	5.721			
Pool 24 MH 98-2-1 (B)	54	54	219	114	21	4	12	8	5.704			
Pool 24 MH 66-5-2 (B)	54	54	227	108	23	6	16	6	5.687			
Pool 24 MH 64-3-1 (B)	54	53	226	115	31	6	10	4	5.685			
Pool 24 MH 64-1-2 (B)	54	54	222	115	21	13	18	3	5.666			
Pool 24 MH 98-2-2 (B)	54	54	215	107	21	7	16	7	5.655			
Pool 24 MH 122-3-1 (B)	54	54	229	115	22	6	18	5	5.596			
Pool 24 MH 66-1-2 (B)	54	55	232	116	25	6	10	4	5.400			
Pool 24 MH 37-3-1 (A)	54	54	232	118	25	9	16	7	5.340			
Pool 24 MH 122-2-1 (B)	54	55	219	106	19	4	15	5	5.289			
Pool 24 MH 37-3-2 (A)	54	54	226	110	28	11	15	5	5.254			
Pool 24 MH 98-1-1 (B)	53	53	201	92	18	9	18	7	5.166			
Pool 24 MH 132-4-1 (B)	54	54	223	99	15	4	18	4	5.156			
Pool 24 MH 98-3-2 (B)	53	53	207	98	16	5	19	3	5.136			
Pool 24 MH 132-4-2 (B)	54	54	227	111	23	9	16	4	5.077			
Pool 24 MH 122-3-2 (B)	54	54	230	111	28	4	13	6	5.050			
Pool 24 MH 118-7-1 (A)	54	54	236	114	27	5	18	7	4.905			
Media general	54	54	231	116	28	7	14	6	DMS 0.533			

blemas en cuanto al acame de raíz, sin embargo aquí existe un amplio rango del 16 al 40 por ciento, lo que nos da una idea de que es posible seleccionar material con algo de tolerancia a este problema.

En cuanto al acame de tallo, por ciento de mazorca podridas y por ciento de plantas con mala cobertura, notamos que estas características no serían problemas serios en la población.

En el Cuadro 4.6 se presentan los cuadrados medios obtenidos del análisis de varianza realizado con 43 líneas S_2 representativas de la población LBM y evaluados en Cd. Guzmán, Jal. 1986. De las 43 líneas, 23 fueron derivadas -- del primer ciclo de selección en su segunda recombinación y las 20 restantes fueron derivadas de las mejores seis familias de hermanos completos que también forman parte de las seleccionadas para constituir el primer ciclo, con la particularidad de ser las que mostraban más altos valores de ACG para rendimiento.

En el Cuadro 4.6 observamos que solo el contraste 'Mest.' vs Mest." es el que muestra diferencias significativas y el coeficiente de variación muestra un valor de 28 -- por ciento.

El resto de las fuentes analizadas mostraron ser estadísticamente iguales. La significancia encontrada para el contraste tiene relación con la hipótesis que plantea -- que hay posibilidades de obtener líneas superiores al derivarlas directamente de las familias con más altos valores --

de ACG elegidas para constituir el siguiente ciclo de selección, que al derivarlas del ciclo ya recombinado. Por lo que se considera importante incluir un resumen de los resultados obtenidos en la población LBM a través de cuatro ciclos de selección mediante el esquema de selección propuesta "hermanos completos con pedigrí".

Cuadro 4.6 Análisis de varianza para rendimiento de los 43 mestizos S₂ del LBM evaluados en Cd. Guzmán, -- Jal. durante 1986.

Fuentes de variación	grados de libertad	Cuadrados Medios
Repeticiones	1	1.386
Mestizos	42	1.917
Mest. con líneas de FHC	22	1.687
Mest. (FHC) C ₁	19	1.942
Mest. con líneas de FHC vs		
Mest. (FHC) C ₁	1	6.509*
Error	42	1.525

* Significativo al nivel de probabilidad de .01.
C.V. = 28%

En el Cuadro 4.7 se presentan los valores de los diferenciales de selección obtenidos en relación a la población testigo cuando se aplica un 20 y un cuatro por ciento de presión de selección, aquí se observa que las características agronómicas que exhiben mayor ganancia en los diferentes ciclos de selección es rendimiento, mazorcas por cien plantas y por ciento de mazorcas podridas, en el resto de las características agronómicas véase que no sufren cambios substanciales en relación a la media, ésto obedece a que no se ha hecho énfasis en cambiar estas características.

Cuadro 4.7 Medias generales obtenidas en cada ciclo y diferenciales de selección en familias para presiones del 20 y 4 por ciento.

	Días a flor		Altura cm		Acame %		Maz. pod. %	Mala cob. %	Mazorcas x 100 plantas	Rendimiento mazorca ton/ha.*
	o	♀	Plta.	Maz.	Raíz	Tallo				
Ciclo Dos										
Diferencial de selección con un 20 por ciento de presión de selección.	1	1	6	6	0	0	- 9	- 1	8	1.417
Media general C ₁ .	76	79	137	62	0	1	45	8	67	5.456
Diferencial de selección con un 4 por ciento de presión de selección.	1	1	7	11	0	-1	-18	4	9	2.092
Ciclo Tres										
Diferencial de selección con un 20 por ciento de presión de selección.	0	-1	1	-1	-2	-1	- 5	- 2	6	1.648
Media general C ₂ .	74	77	182	63	6	3	19	11	95	13.693
Diferencial de selección con un 4 por ciento de presión de selección.	1	0	9	1	-2	-1	- 5	- 3	12	2.356
Ciclo Cuatro										
Diferencial de selección con un 20 por ciento de presión de selección.	0	0			0	-5	- 5	- 6	6	1.005
Media general C ₃	64	66			1	21	23	27	97	7.900
Diferencial de selección con un 4 por ciento de presión de selección.	-1	-1			1	-7	- 2	- 9	9	1.541

Una de las ventajas teóricas de este esquema de mejoramiento es que hace posible la estimación de las prepotencias de las familias seleccionadas en un ciclo n para formar el ciclo $n+1$ y con ello poder utilizar las mejores como fuentes derivadoras de líneas. En el Cuadro 4.8 se presentan -- las mejores diez familias incluidas en los ciclos uno, dos y tres, donde se observa como se incrementa geométricamente el número de ancestros por ciclo, así tenemos que en el ciclo uno se tienen solo dos y en el ciclo tres ya muestra ocho. Nótese además, como dentro de cada una de las 30 familias -- que se muestran en las prepotencias no existen ancestros comunes, dato importante puesto que en esto se basa la hipótesis de evitar al máximo la endogamia.

Así mismo, se considera apropiado mencionar que el hecho de mostrar solamente las prepotencias de rendimiento no es indicador de que éste sea el único criterio de selección, sino que se consideraron ponderadamente las demás características agronómicas tradicionalmente tomadas en nuestras evaluaciones como son, precocidad, altura de planta y mazorca, resistencia al acame, sanidad de mazorca, etc., y lo que se muestra es sólo un resumen útil para la discusión.

Existe otra ventaja con fondo teórico, con el uso de la metodología propuesta y ésta es, que permite estimar la frecuencia de participación de las familias con que se inicia el proceso de mejoramiento. Con ese propósito fue incluido el Cuadro 4.9 donde se muestra un seguimiento de las familias con que se formó el primer ciclo de selección, ob--

Cuadro 4.8 Prepotencias de rendimiento de las mejores diez familias de hermanos completos de la población LBM seleccionadas en el ciclo 1, ciclo 2 y ciclo 3 evaluadas en Cd. Guzmán, Jal. 1983; Torreón, Coah. y Celaya, Gto. 1984 y Torreón, Coah. 1985, respectivamente.

Genealogía	Número de cruzas en que cada familia intervino.	Prepotencia
Ciclo Uno		
16B	11	7.303
38B	11	7.093
31	11	6.567
118	8	6.564
10B	10	6.339
132	8	6.352
52	9	6.339
129	8	6.309
24	10	6.289
2B	10	6.078
Ciclo Dos		
33A x 1B	10	16.020
124 x 33A	9	15.177
24 x 10B	12	15.116
10B x 16B	9	15.100
87 x 91	6	14.933
2B x 54	7	14.671
129 x 114	13	14.653
157 x 45	10	14.460
16B x 39B	9	14.411
39B x 42B	10	14.410
Ciclo Tres		
(10B x 63) x (61 x 168)	11	8.531
(16B x 39B) x (157 x 45)	8	8.514
(157 x 45) x (39B x 42B)	10	8.062
(23A x 63) x (160 x 2B)	8	8.008
(157 x 45) x (2B x 29B)	9	7.790
(141 x 48B) x (95 x 102)	8	7.725
(23A x 63) x (108 x 52)	10	7.681
(129 x 114) x (124 x 33A)	8	7.636
(87 x 91) x (24 x 45)	8	7.633
(10B x 63) x (33A x 1B)	10	7.594

Cuadro 4.9 Seguimiento de las familias incluidas en el ciclo uno y su participación o frecuencia en la población en los diferentes ciclos de selección.

Famili- lias	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	Famili- lias	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
4	1.7	0.9	D	D	D	151	1.7	0.9	0.5	0.2	0.2
17	1.7	2.7	1.8	1.8	1.9	157	1.7	2.7	5.6	7.6	7.9
18	1.7	2.7	1.4	2.0	2.1	158	1.7	1.8	1.4	1.2	1.4
24	1.7	5.4	3.7	3.5	3.5	160	1.7	1.8	1.4	0.9	0.9
26	1.7	2.7	1.4	1.6	1.6	162	1.7	0.9	D	D	D
31	1.7	0.9	D	D	D	168	1.7	1.8	0.9	1.2	1.2
45	1.7	2.7	4.2	5.0	5.6	8	1.7	D	D	D	D
47	1.7	2.7	1.4	0.6	0.7	54	1.7	0.9	1.8	0.9	0.9
52	1.7	2.7	3.7	2.5	2.3	91	1.7	0.9	0.5	0.2	0.2
57	1.7	0.9	1.4	0.7	0.7	13A	1.7	0.9	0.5	0.2	0.2
61	1.7	2.7	1.4	1.8	1.9	23A	1.7	3.6	4.7	3.7	3.9
63	1.7	1.8	3.3	3.0	3.0	32A	1.7	0.9	0.5	0.9	0.9
64	1.7	D	D	D	D	33A	1.7	1.8	2.8	2.5	2.8
65	1.7	0.9	0.9	0.9	0.9	34A	1.7	D	D	D	D
75	1.7	D	D	D	D	61A	1.7	0.9	2.3	1.2	2.6
84	1.7	D	D	D	D	64A	1.7	D	D	D	D
87	1.7	2.7	1.4	1.4	1.4	76A	1.7	1.8	0.9	4.6	1.4
95	1.7	2.7	4.2	3.7	3.7	1B	1.7	0.9	1.4	0.9	0.9
102	1.8	0.9	1.4	0.9	0.9	2B	1.7	2.7	4.7	4.6	4.9
106	1.7	0.9	0.5	1.2	1.2	9B	1.7	D	D	D	D
114	1.7	2.7	1.8	1.8	1.9	10B	1.7	4.5	6.6	5.8	5.6
118	1.7	0.9	D	D	D	16B	1.7	4.5	5.6	4.6	5.3
124	1.7	2.7	3.3	3.2	3.7	29B	1.7	0.9	1.4	2.8	3.0
128	1.7	D	D	D	D	31B	1.7	1.8	0.5	0.2	0.2
129	1.7	1.8	1.4	1.2	1.2	39B	1.7	2.7	4.7	4.1	4.4
132	1.7	2.7	1.8	1.8	1.9	42B	1.7	0.9	1.8	1.4	1.6
140	1.7	D	D	D	D	47B	1.7	1.8	D	D	D
141	1.7	3.6	4.2	4.4	4.4	56B	1.7	D	D	D	D
144	1.7	1.8	0.9	1.4	1.4	84B	1.7	3.6	2.8	3.7	3.9

D = Familias que desaparecieron en el proceso de selección.

servándose que en el primer ciclo todas estuvieron en igual frecuencia, sin embargo en ciclos posteriores es notorio como cambia la frecuencia de participación al grado de que en el quinto ciclo de las 58 familias con que se inició el C₁ solo quedan 43 y la frecuencia de participación de estas últimas es muy variable, mostrando un rango entre el 0.2 y 5.6 por ciento.

Es importante aclarar que las familias 8, 54 y 21 incluidas en el primer ciclo mostraron efectos muy bajos de - ACG, el motivo de su inclusión fue estudiar los cambios que pueden exhibir en sus frecuencias de participación al encontrarse recombinando con familias muy superiores a ellas.

5. DISCUSION

El primer objetivo plantea probar la aptitud combinatoria general de familias de medios hermanos a través de sus líneas derivadas de S_2 . Bajo la hipótesis que postula que el caracter inherente de aptitud combinatoria estimado en familias de medios hermanos, es transmitido a sus descendientes endocriados.

La razón de este objetivo radica en la importancia que tiene para todo mejorador el uso de pruebas tempranas para estimar la ACG, como lo propone Jenkins (1935) considerándolo un valioso indicador en la formación de materiales superiores. El criterio utilizado para probarlo fue el derivar líneas al azar de familias previamente identificadas con altos y bajos efectos de ACG y probar mediante un análisis de varianza su aceptación rechazo.

El Cuadro 4.1 revela que el contraste efectuado para comparar el efecto conjunto de los mestizos formados con líneas derivadas de familias con altos efectos de ACG con el efecto conjunto de los mestizos formados con líneas derivadas de familias con bajos efectos de ACG, muestran significancia al .05 y .01 de probabilidad, en cinco de la nueve evaluaciones. Esto hace pensar que los dos tipos de líneas tienen diferente comportamiento en cuanto a rendimiento se refiere.

Las cuatro evaluaciones cuyos contrastes no mostraron significancia con los valores de probabilidad que normalmente se utilizan se probaron a otros niveles. Las probabilidades obtenidas para la prueba de estos casos fueron de .1 en la localidad de Tehuantepec, Oax., .15 en la localidad de Carretas, Ver., ambas con el probador LT 10 y de un .15 en la evaluación realizada en Tehuantepec, Oax., con la Población 23 como probador.

Esta tendencia a diferenciarse viene a ser corroborada en el momento que se realiza el análisis de varianza combinado (Cuadro 4.3) y se encuentra una alta significancia en el contraste entre los dos grupos de líneas.

Comprobado que existe diferencia entre los dos tipos de mestizos el siguiente paso es analizar sus medias, las cuales están anotadas en el Cuadro 4.2. Aquí se aprecia que los valores promedio de rendimiento siempre fueron mayores en las líneas derivadas de familias con más altos efectos de ACG. La diferencia entre los dos tipos según el contraste no siempre es significativa, solamente en seis de las diez comparaciones presentadas. Sin embargo, al realizar una prueba de DMS al cinco por ciento de probabilidad solo la evaluación realizada en Tehuantepec, Oax., con el probador LT 10 resultó conjuntar en un mismo grupo estadístico a los dos tipos de líneas. Estas diferencias encontradas -- puede ser atribuida a la alta capacidad de rechazo propia de esta prueba de rango múltiple.

En resumen, de lo anteriormente expuesto se infiere - que la ACG estimada a partir de familias de medios hermanos es transmitida a las líneas que de ellas se deriven, lo cual coincide con lo reportado por Sprague (1946), Lonquist - - (1950) y López Pérez (1986), por lo tanto se acepta la hipótesis.

El segundo objetivo del presente estudio se propone identificar de las 53 líneas del Pool 24 evaluadas, aquellas que muestren los más altos valores de patitud combinatoria - para rendimiento y con buenas características agronómicas, que pueden ser utilizadas inmediatamente en un programa de - hibridación, ésto lo basaremos en dos criterios.

El primer criterio se basa en el planteamiento de que existe suficiente variabilidad genética en la población para realizar selección. Es un planteamiento necesario, puesto - que es por todos conocido que el éxito de cualquier esquema de mejoramiento depende grandemente de la variabilidad que - exhiba el germoplasma básico, la prueba del tal supuesto está basada en los resultados que se obtuvieron del análisis de varianza para la fuente líneas, ya que son éstas consideradas una muestra de la población base, a pesar de que Robertson -- (1960) menciona que el tamaño de la muestra que representa a una población no debe de ser tan reducido. Sin embargo, se - considera que las inferencias que se hagan al respecto pueden ser tomadas como indicadores de la variabilidad de la pobla-- ción.

El Cuadro 4.1 indica que existe diferencia estadística entre los mestizos evaluados en ocho de los nueve ensayos de rendimiento, la única que no mostró significancia fue la evaluación realizada en Carretas, Veracruz, mientras que en el Cuadro 4.3 que muestra los resultados del análisis de varianza combinado, se encuentra una diferencia altamente significativa, por lo que se indica que esta población cuenta con una amplia variabilidad genética. Al respecto, la descripción que del Pool 24 hace el CIMMYT (1982), reporta que se trata de un complejo germoplásmico para cuya formación intervinieron materiales de amplia diversidad genética y geográfica. Se infiere además, que esta variabilidad puede ser mantenida a través de subsiguientes ciclos de selección como reportan Sprague y Eberhart (1971) quienes afirman que la selección recurrente evita una reducción drástica en la variabilidad genética.

El segundo criterio tendrá como referencia el comportamiento promedio de las características agronómicas obtenidas de las 53 líneas, evaluadas a través de tres localidades y tres probadores (Cuadro 4.5) seleccionando aquellas líneas que muestren mejores valores en relación a la media.

~~*~~Se asume que la prepotencia es un estimador indirecto de la ACG, ya que la correlación entre ambos es igual a uno.

En el Cuadro 4.5 puede notarse que en base a los criterios anteriores, las líneas más sobresalientes por preco-

ces, por buena altura de mazorca, con más tolerancia al acame, mayor por ciento de sanidad de mazorca, con buena cobertura y alto rendimiento fueron en el siguiente orden:

Pool 24 MH 50-3-2, Pool 24 MH 118-5-1, Pool 24 MH 37-2-2 y Pool 24 MH 118-5-2.

De estas cuatro líneas sólo la tercera es un día más tardía que la media, sin embargo es poseedora de buenas características agronómicas y alto rendimiento, razón por la cual se incluye en el grupo de seleccionadas. Nótese que estas líneas se derivaron de familias con altos efectos de ACG.

El tercer objetivo se propone obtener información sobre la eficiencia de llevar el pedigrí de las FHC en proceso de selección. Para ésto nos apoyaremos en el hecho ya demostrado anteriormente de que la aptitud combinatoria estimada en familias no endocriadas se hereda a sus descendientes endocriados. Por lo tanto se podrán capitalizar (a mediano --plazo) los buenos efectos de aptitud combinatoria específica para formar híbridos simples entre líneas derivadas de los progenitores que mostraron alto vigor híbrido, así mismo se podrán usar como fuentes derivadoras de líneas aquellas familias que mostraron buenos efectos de aptitud combinatoria general.

Más información relacionada con este último objetivo se encuentra en el Cuadro 4.7, donde en basa a los diferenciales de selección, es claro que al aplicar una fuerte presión de selección se obtiene una mayor respuesta en las ganancias de rendimiento, prolificidad, sanidad de mazorca y es

posible obtener más uniformidad en las características altura de planta y días a floración. Todo ésto con el fin primordial de que por cada ciclo de selección concluido podamos entregar una variedad mejorada a los productores.

Por otro lado, se muestra que cuando se ejerce un 20 por ciento de presión de selección siempre la tendencia es - obtener ganancia en rendimiento, prolificidad y sanidad de - mazorca, pero sin sacrificar la variabilidad de la población para continuar realizando mejoramiento poblacional.

Otro hecho importante de llevar el pedigrí en las -- FHC es que evita la endogamia en el proceso de selección. Para probar esta afirmación se requiere de la información -- vertida desde el capítulo de Materiales y Métodos, donde se detalla con precisión de cómo se forman y recombinan las familias de hermanos completos, cuidando de que al momento de programar las cruzas no intervengan parejas de progenitores que muestren ancestros comunes, lo que se puede notar de una manera más objetiva en el Cuadro 4.8 donde se aprecia que -- las familias con mejor prepotencia en su pedigrí, no exhiben ancestros comunes. También se observa cómo por cada ciclo - de selección se incrementa geométricamente el número de an-- cestros por familia, por lo que es de suponerse que si el -- primer ciclo se inició con 58 familias y que a raíz de su -- carga genética algunas están desapareciendo como consecuen-- cia de la selección y como son éstas las que forman el pedi-- grí de las familias a más tardar en el quinto ciclo será im-- posible formar las 250 familias de hermanos completos sin in

cluir ancestros comunes en cada cruce, ya que cada familia tendrá, 16 ancestros de los 50 que se andan manejando en la población. Por ello se recomienda que paralelo a este programa se conduzca otro en base a selección de medios hermanos y en el quinto ciclo de los hermanos completos al momento de la recombinación, ésta se realice en un lote aislado, incluyendo como hembras las mejores familias del último ciclo del mejoramiento mediante medios hermanos para inyectar variabilidad.

Se propone que sean incluidas las familias de medios hermanos como hembras para tener oportunidad si el caso lo amerita de eliminar familias no deseables. También se podría inyectar variabilidad con otros materiales sobresalientes no necesariamente de la misma población. En otra estación se formarían las familias de hermanos completos iniciándose con nuevas genealogías.

Entre otras de las ventajas que ofrece la selección recurrente de hermanos completos con pedigrí se encuentra como lo muestra el Cuadro 4.9 que se puede realizar un seguimiento de la participación de las familias con se inicia el proceso, a través de los diferentes ciclos de selección. Aquí es notorio que la selección cambia las frecuencias. Infiriendo que las familias con mayor cantidad de genes para el control de rendimiento y características agronómicas favorables son las que se encuentran con mayor frecuencia de participación como es el caso de las familias 45, 141, 157, 108 y 16B que siempre mostraron alto grado de participación en -

los diferentes ciclos. Así mismo se infiere que las familias que han desaparecido en el proceso de selección son aquellas que tienen menor cantidad de genes favorables para los caracteres bajo selección.

En el Capítulo de Resultados se señala que entre las 58 familias con que se inició este programa de mejoramiento se incluyeron tres familias (8, 54 y 91) que no estuvieron precisamente entre las que presentaron mejor comportamiento, con el fin de examinar que sucedería con ellas a partir de su recombinación con familias con características sobresalientes. Se encontró que la familia 8 a pesar de haberse cruzado en promedio con diez familias seleccionadas no mostró efectos positivos de aptitud combinatoria, por lo que en el siguiente ciclo desapareció, mientras el hecho de que las familias 54 y 91 sigan participando en los diferentes ciclos de selección es atribuido a la probabilidad de que el cruzamiento con familias superiores enmascare su potencial *per se*. Sin embargo, se nota que su participación por ciclo es baja y tendiente a desaparecer, ésto último sobre todo para la familia 91.

El criterio utilizado para probar que se tiene mayores posibilidades de obtener líneas superiores al derivarlas directamente de las familias con más alto valor de aptitud combinatoria, elegidas para constituir el siguiente ciclo de selección que las derivadas del ciclo ya recomendado. fue mediante un análisis de varianza (Cuadro 4.6) donde se comparan las líneas derivadas directamente de algunas familias seleccionadas para constituir el siguiente ciclo de selección

con las líneas derivadas del ciclo ya con recombinación. La única particularidad de las familias usadas como fuente derivadoras de líneas es de ser las que mostraron los más altos valores de ACG.

En el Cuadro 4.6 la significancia encontrada para el contraste mestizos indica que el grupo de líneas derivadas directamente de las familias es estadísticamente diferente al grupo de líneas derivado del ciclo ya recombinado. En base a las medias, se deduce que son estadísticamente superiores las líneas derivadas directamente de las familias. De estos datos se infiere que este tipo de líneas pueden ser -- utilizadas en cruzamiento con otras líneas élite que ya hayan sido detectadas en algún otro proyecto y así hacer posible la obtención de híbridos en un corto período de tiempo, sin embargo es recomendable repetir esta evaluación en más -- localidades y con varios probadores, ya que el coeficiente de variación obtenido no permite hacer afirmaciones contundentes.

Más información sobre las que se pueden hacer comentarios importantes se encuentra en algunas fuentes de variación del Cuadro 4.3, donde el análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas para la fuente localidades, lo que indica que los materiales evaluados tuvieron diferente respuesta entre los ambientes o localidades elegidas para su evaluación, debido entre otras cosas, a las diferencias que muestran éstas en condiciones climáticas y edáficas. La importancia de esta fuente de variación es que per-

mite eliminar gran parte de las desviaciones ambientales presentes en el material genético bajo evaluación. En el Cuadro 4.4 se da una clasificación de las localidades en base a las medias de rendimiento de acuerdo a la prueba de rango múltiple DMS. Se observa que la localidad de Ursulo Galván, Ver., fue la que presentó la media general más alta, probablemente debido a que la precipitación fue bien distribuida, así como un mejor tipo de suelo y una buena adaptación del material genético. En ese orden le sigue Carretas, Ver. -- que a pesar de tener características edáficas y climáticas muy semejantes, no logró tener un promedio de rendimiento estadísticamente igual al de Ursulo Galván, Ver., debido probablemente a una inoportuna falta de agua durante el período de floración. Quedando en último lugar la localidad de Tehuantepec, Oax. Este lugar ocupado es atribuido a una falta de adaptación del material genético a este ambiente particularmente, puesto que el manejo fue el mismo y no hubo escasez de agua durante el ciclo de vida del cultivo.

La alta significancia encontrada para repeticiones indica que el diseño utilizado fue apropiado, ya que la heterogeneidad que tal dato nos indica fue controlada por los bloques.

Los probadores utilizados, según lo indica el análisis de varianza fueron diferentes, es decir, el comportamiento promedio de las líneas por probador no fue el mismo. Mientras que con uno muestran un determinado potencial promedio con otro muestran diferente promedio.

En el Cuadro 4.4 se encuentra una clasificación de los probadores en base a la DMS para rendimiento, se observa que la línea élite LT 10 fue la que impuso mayor rendimiento a las cruzas de prueba. Al respecto López Pérez (1986) reporta que una buena opción como probador efectivo es una línea no emparentada, de buen comportamiento y útil en la formación de híbridos. Sin embargo, en este caso se encontró que este probador no diferenciaba bien a los materiales aunque si forma buenos híbridos simples. Los otros dos probadores de amplia base genética son estadísticamente similares en cuanto a la media de rendimiento.

En cuanto a la efectividad de éstos como probadores, para diferencias las líneas bajo prueba, tuvieron mayor habilidad los probadores de amplia base genética. Para este estudio en particular, el mejor probador fue la misma población, ya que fue la que detectó mayor variabilidad, lo que concuerda con los resultados obtenidos y publicados por Cress (1966) y Galarza S. (1973) quienes concluyen que el probador más seguro es la variedad original. Por otro lado, cuando uno de los objetivos finales es seleccionar las mejores líneas, se considera que se obtendrá mayor ganancia cuando la decisión se basa en la clasificación obtenida por más de un probador, siempre y cuando sea posible hacer ésto en los programas de mejoramiento.

En el Cuadro 4.5 es importante notar que una línea de la familia de MH 64 que es representativa de las familias con baja ACG se logró colocar entre las del primer grupo para rendimiento en base a la prueba de DMS. Esto probablemente

te es debido a que cuando se muestrearon las familias éstas eran poseedoras de una amplia variabilidad genética, que en promedio tendía a tener bajos efectos de ACG, pero con una distribución tal que poseía una fracción posiblemente pequeña de genes con altos efectos de ACG y en el muestreo tomamos un individuo de esa fracción.

Otro aspecto importante que se puede discutir del Cuadro 4.5 está relacionado con el primer objetivo, el cual plantea examinar la tendencia de mantenerse los efectos de ACG a través de la endogamia. Esto puede hacerse si se divide el total de las 53 líneas en tres partes e imaginando una distribución normal se aprecia que si en las colas se ubican 15 individuos, en la del lado positivo se encuentra que esta subpoblación está formada por 13 líneas derivadas de familias con altos efectos y solo dos derivadas de familias de bajos efectos de ACG, mientras que en la del lado negativo se encuentran 12 líneas derivadas de familias con bajos efectos y solo tres de familias de altos efectos de ACG. Esto permite ver de una manera más objetiva cómo se hereda la aptitud combinatoria a través de la endogamia.

6. CONCLUSIONES

A partir de la comparación de la aptitud combinatoria general estimada en familias de medios hermanos con las líneas S_2 derivadas de las mismas familias, se acepta que este caracter es heredable a sus descendientes endocriados.

Las líneas que mostraron más altos efectos de aptitud combinatoria general y buenas características agronómicas fueron: Pool 24 MH 50-3-2, Pool 24 MH 118-5-1, Pool 24 MH 37-2-2 y Pool 24 MH 118-5-2.

El llevar el pedigrí, así como modificar el sistema de recombinación en el esquema de selección recurrente de hermanos completos, es eficiente, ya que se evita la endogamia y permite hacer un seguimiento de las frecuencias de participación de las familias que integran la población. Por otro lado, permite estimar la aptitud combinatoria general de cada una de las familias de hermanos completos seleccionadas.

El derivar líneas directamente de familias de hermanos completos, con altos valores de aptitud combinatoria, es más eficiente que derivarlas de la población donde se encuentra estas familias ya recombinadas.

7. RESUMEN

Para comprobar que la aptitud combinatoria estimada en familias, sin endocriar es transmitida a sus descendientes endocriados, se realizó una prueba consistente en evaluar 53 mestizos entre líneas S_2 , 25 derivados y representativos de familias con altos efectos de aptitud combinatoria (ACG) general y 28 obtenidas de familias con bajos efectos de ACG. A partir de esta misma evaluación se planteo identificar líneas con potencial genético que puedan aprovecharse en un programa de hibridación.

Además de lo anterior en el presente trabajo se planteo y discutió una modificación al sistema de recombinación, en el esquema de selección recurrente de hermanos completos. Tal modificación hace posible la estimación de la ACG en las familias seleccionadas, evita la endogamia en el continuo -- proceso de selección y permite hacer un seguimiento de los cambios de frecuencia en los diferentes ciclos, como consecuencia de la selección de las familias formadoras del primer ciclo de selección.

Los objetivos del trabajo fueron: probar la ACG de familias de medios hermanos a través de sus líneas derivadas S_2 , identificar las líneas con más altos valores de aptitud combinatoria y buenas características agronómicas, y obtener información preliminar sobre la eficiencia de llevar el pedi

grí en familias de hermanos completos en un programa de selección recurrente.

El material genético utilizado en el presente trabajo estuvo constituido por una variedad sintética denominada Lucio Blanco Mejorado y un complejo germoplásmico denominado Pool 24. Las evaluaciones se llevaron a cabo en las localidades de Tehuantepec, Oaxaca; Carretas y Ursulo Galván, Veracruz, representativas del Trópico Húmedo y las localidades de Torreón, Coahuila y Cd. Guzmán, Jalisco, representativas del área del Bajío Mexicano. El diseño empleado fue un bloque al azar.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo se puede concluir que:

- a). La aptitud combinatoria estimada en familias se heredaba a sus descendientes endocriados.
- b). Las mejores líneas evaluadas fueron: Pool 24 MH 50-3-2, Pool 24 MH 118-5-1, Pool 24 MH 37-2-2 y Pool 24 MH 118-5-2.
- c). La modificación propuesta al esquema de selección recurrente de familias de hermanos completos es eficiente.

8. BIBLIOGRAFIA

- Anonymous. 1983. Inbreeding in modified full-sib selection. *Biometrics* 39:397.
- Barrios J., L.A. 1986. Selección recurrente por hermanos completos en una población superenana de maíz (*Zea mays* L.). Evaluación del C₄ y formación del C₅. Tesis - Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Betancourt C., R. 1984. Selección recurrente de familias de hermanos completos de una población superenana de -- maíz (*Zea mays* L.). Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Castro G., M. 1969. Comparación de métodos de selección. Informe del Programa de Maíz del Centro Internacio-- nal de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).
- Cervantes L., J. 1985. Selección recurrente por hermanos -- completos en una población de maíz (*Zea mays* L.). II. Evaluación del C₁. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Compton, W.A. and J.H. Lonquist. 1982. A multiplicative se-- lection index applied to four cycles of full-sib re-- current selection in maize. *Crop Sci.* 22(5):981-983.
- ✓ Cortes M., H.; A. Rodríguez C.; M. Gutiérrez G.; J. Durón I.; R. Girón C. y M. Oyervides G. 1985. Evaluation of -- broad-base improved populations in maize (*Zea mays* L.). I. Cumulative gene effects and heterosis. Fo-- lleto de Divulgación Universidad Autónoma Agraria -- "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coah.

Cress, C.E. 1966. Heterosis of the hybrid related to gene - frequency differences between populations. *Genetics* 53:269-274.

Galarza, S.M. 1973. Estudio comparativo entre la prueba de líneas *per se* y la prueba de mestizos para evaluar aptitud combinatoria general de líneas S₁ de maíz - (*Zea mays* L.). Rama de Genética. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Hallauer, A.R. and J.B. Miranda. 1981. *Quantitative Genetics in Maize Breeding*. Iowa State University Press/Ames.

Hoegenmeyer, T.C. and A.R. Hallauer. 1976. Selection among and within full-sib families to develop single - crosses of maize. *Crop Sci.* 16(1):76-81.

International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT). 1982. CIMMYT's maize program. An overview CIMMYT-México.

Jenkins, M.T. 1935. The effect of inbreeding and selection within inbred lines of maize upon the hybrids made after successive of selfing. *Iowa State. Cou. Jour. Sci.* 6:429-450.

Lonnquist, J.H. 1950. The effect of selection for combining ability within segregation lines of corn. *Agron. Jour.* 42:503-508.

Lonnquist, J.H. and M.F. Lindsey. 1970. Tester performance level for the evaluation of lines for hybrid performance. *Crop Sci.* 10:602-604.

✓ López P., E. 1986. Comparación entre diferentes probadores para evaluar líneas de maíz. Folleto de Divulgación. Vol. 1. No. 7. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".

- Márquez S., F. 1986. Análisis de la investigación en el mejoramiento genético del maíz (*Zea mays* L.) en México. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- Mather. 1949. Biometrics Genetics. Mathuen, London.
- Matzinger, D.F. 1953. Comparison of three types of tester for the evaluation of inbred lines of corn. Agron. Jour. 45:493-495.
- Nelson, S.W. 1980. Evaluation of population improvement methods in maize. South Africa Plant Breeding.
- Paz J., R.; L. Bucio A. y J. Molina G. 1973. Variedades de bajo rendimiento contra variedades de alto rendimiento como probadores para medir la aptitud combinatoria general de líneas autofecundadas de maíz. Agrociencia 11:43-55. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Reyes C., P. 1982. Diseño de experimentos aplicados. Ed. Trillas. México. pp. 286-295.
- Romero D., M. 1987. Selección recurrente por hermanos completos con pedigree en una población superenana de maíz (*Zea mays* L.). Evaluación del C₃ y formación del C₄. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Robertson, A. 1960. A theory of limits in artificial selection. Proc. R. Soc. London B153:234-249.
- Sprague, G.F. 1946. Early testing of inbred lines of corn. Jour. Amer. Soc. Agron. 38:108-117.
- Sprague, G.F. and S.A. Eberhart. 1977. Corn Breeding. In Corn and Corn Improvement. G.F. Sprague. Ed. Am. Soc. Agron. Madison, Wis.