

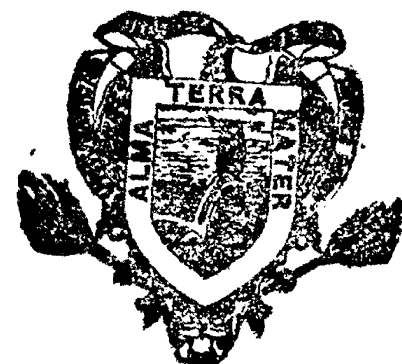
RESPUESTA GENETICA EN CUATRO CICLOS DE
SELECCION RECURRENTE DE HERMANOS
COMPLETOS CON PEDIGRI EN LA POBLACION
DE MAIZ POOL 24. (Zea mays L.)

MARIANO MENDOZA ELOS

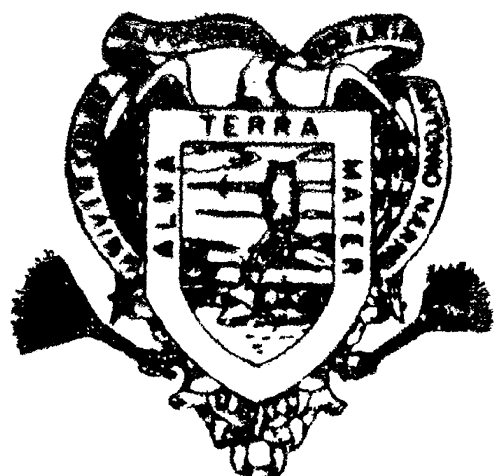
T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



BIBLIOTECA



Universidad Autónoma Agraria

Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

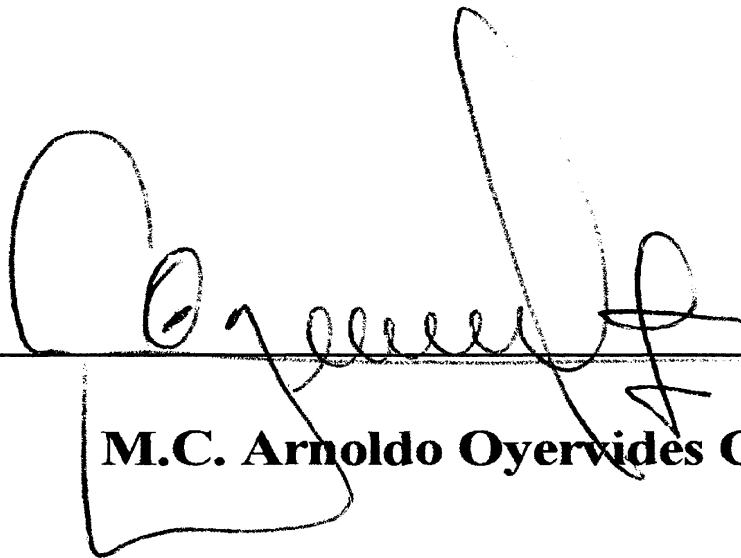
DICIEMBRE DE 1996

**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**

COMITE PARTICULAR

Asesor principal:



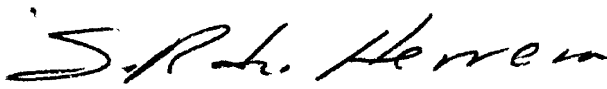
M.C. Arnoldo Oyervides García

Asesor:

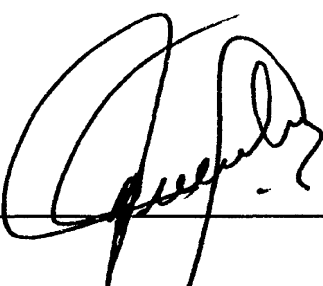


M.C. Humberto de León Castillo

Asesor:



Dr. Sergio A. Rodríguez Herrera



Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez
Subdirector de Postgrado

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, DICIEMBRE DE 1996.

AGRADECIMIENTOS

A Dios nuestro señor, por darme fuerza, paciencia vida, y permitirme lograr mi objetivo.

Al M. C. Arnoldo Oyervides García, por permitirme desarrollar juntos la presente investigación para obtener el grado de Maestro en Ciencias, además por sus consejos, su amistad, su apoyo incondicional y como maestro en mi formación profesional.

Al M. C. Humberto de León Castillo, por su amistad, por el excelente apoyo en la revisión del presente trabajo y como maestro en el desarrollo de mis estudios.

Al Dr. Sergio A. Rodríguez Herrera, por su excelente trabajo como asesor en el presente proyecto y su amistad.

Al M. C. Tomás Manzanares Aguirre e Ing. Aníbal por su valiosa colaboración para la ejecución de esta investigación.

A todos los maestros que de alguna forma participaron en mi formación profesional.

A mis amigos: Francisco Almanza, Josafad Santiago, Adrián Carvajal, Francisco Nieto, Guillermo, Sergio Cortez, Sauly A. Camacho, Rafael Obando, Rafael Martínez, Norma Susana y Martha Ochoa.

A todos mis compañeros de generación

DEDICATORIA

A quienes me dieron la vida, a esos dos grandes señores, que con sus consejos me guiaron por el camino correcto, a ellos a quienes me dan y me desean lo mejor: A mis padres.

Luis Mendoza Campos

María Cruz Elos Martínez

Con todo cariño a mis hermanos, por su gran apoyo incondicional.

Reyna

Luis

Leticia

A mi esposa por su amor y comprensión.

Juana María Reyes Enríquez

A mis hijos con cariño y amor.

Fernando

Liliana

A toda mi familia.

COMPENDIO

Respuesta Genética en Cuatro Ciclos de Selección Recurrente
de Hermanos Completos con Pedigrí en la Población de Maíz

Pool 24 (Zea mays L.).

POR

MARIANO MENDOZA ELOS

MAESTRIA

FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DICIEMBRE 1996.

M. C. Arnoldo Oyervides García -Asesor-

Palabras claves: Ciclos de selección, Pedigrí, Ganancia
genética, Familias y Población.

En la práctica el método de selección recurrente de hermanos completos ha dado resultados buenos en la acumulación de genes favorables. Los ciclos de selección son obtenidos del pool 24 por la metodología de HC con pedigrí, los cuales son sometidos a evaluación para sanidad de mazorca, buen aspecto de planta y rendimiento. Se evaluaron en dos localidades y 10 repeticiones, bajo un diseño bloques al azar, en el centro del Estado de Veracruz, en 1995, con el propósito de medir el avance genético de los ciclos.

Los resultados indican que los ciclos avanzados (C1, C2, C3, y C4) muestran una mejora total en todas las variables evaluadas o bien un progreso genético, a excepción del C1. Existió una ganancia genética de 4.79 por ciento en rendimiento y 123.10 kg/ha por ciclo a través de regresión lineal, el acame de tallo de mejoró en 4.54 por ciento y la mala cobertura también se mejoró en 3.95 por ciento. Por esta razón se propone que este método de mejoramiento se continúe utilizando en la formación de próximos ciclos de selección.

ABSTRACT

Genetic Response of Four Cycles of Recurrent Selection in
Full-Sib Families with Pedigree in the Population of Maize

Pool 24. (Zea mays L.)

BY

MARIANO MENDOZA ELOS

MASTER OF SCIENCE

PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DECEMBER 1996.

M. C. Arnoldo Oyervides García -Advisor-

Key Words: Cycles of Selection, Pedigree, Genetic Gain,

Families and Population.

In practice Full sib methodology has shown satisfactory results in accumulating favorable genes. Four cycles of selection were obtained from pool 24 following full sib methodology with pedigree, then were evaluated for ear helth, plant aspect and grain yield. With the purpose of measuring the genetic gain an evaluation of the four cycles of selection was carried out. The experiments were conducted in two locations with 10 replications using a randomized complete block design in the central part of the state of Veracruz during 1995.

Results indicated that advanced cycles (C1, C2, C3, and C4) have either a good performance of traits evaluated or good genetic advance, with the exception of C1. A genetic gain analysis of 4.79% was obtained for grain yield and 123.10 kg/ha per cycle was obtained using linear regression. There was an improvement of 4.54 and 3.95 for stalk lodging and husk cover respectively. Based on these results, it is proposed that this breeding methodology can be efficiently utilized for further cycles of selection.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	x
INDICE DE FIGURAS	xi
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS.....	3
HIPOTESIS.....	4
REVISION DE LITERATURA	5
MATERIALES Y METODOS	18
MATERIAL GENETICO.....	18
DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	19
CARACTERISTICAS DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES.....	22
TOMA DE DATOS.....	23
ANALISIS ESTADISTICO.....	26
ANALISIS DE COVARIANZA.....	26
ANALISIS DE VARIANZA.....	28
PRUEBAS DE RANGO MULTIPLE.....	32
RESULTADOS	34
DISCUSION	53
CONCLUSIONES	65
RESUMEN	66
LITERATURA CITADA	68

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
3.1	Análisis de varianza para regresión con una distribución en bloques al azar.	28
3.2	Análisis de varianza individual para rendimiento y demás características agronómicas bajo un diseño bloques al azar.	29
3.3	Análisis de varianza combinado en un diseño bloques al azar aplicado a cada variable bajo estudio.	31
4.1	Concentración de cuadrados medios y su significancia de las variables bajo estudio en la localidad de Villa Ursulo Galván, Veracruz. 1995 B.	35
4.2	Concentración de medias de las características agronómicas evaluadas en la localidad de Villa Ursulo Galván, Veracruz, 1995 B.	37
4.3	Resumen de los cuadrados medios y su significancia del rendimiento y otras variables agronómicas que se evaluaron en la localidad de Rinconada, Veracruz, 1995 B.	39
4.4	Concentración de medias de las características agronómicas evaluadas en la localidad de Rinconada, Veracruz, 1995 B.	40
4.5	Concentración de los cuadrados medios y su significancia de las variables evaluadas a través de localidades en el estado de Veracruz, 1995 B.	42
4.6	Concentración de medias de rendimiento y demás variables bajo estudio en un diseño bloques al azar combinado, Veracruz, 1995 B.	44
4.7	Reporte de medias de las características agronómicas evaluadas a través de localidades en Veracruz, 1995 B.	46
4.8	Concentración de medias de rendimiento (ton/ha) obtenidas a partir de la interacción tratamiento por localidad, Veracruz, 1995 B.	47
4.9	Ganancias genéticas expresadas en por ciento en	

	relación a la población original con respecto al ciclo cuatro en la población 24, a través de hermanos completos con pedigrí, Veracruz, 1995 B.	48
4.10	Concentración de las ganancias genéticas esperadas y realizadas, así como el coeficiente de <u>va</u> riación genética.	49
4.11	Concentración de las ganancias genéticas <u>teóri</u> cas promedios obtenidas a través de regresión lineal.	50
4.12	Respuesta observada del rendimiento de los cinco ciclos de selección comparados con los <u>re</u> ndimientos teóricos.	51
4.13	Respuesta genética real comparada comparada con rendimientos teóricos.	52

INTRODUCCION.

Aproximadamente el 42 por ciento de todo el maíz cultivado en países en vías de desarrollo, se encuentran en zonas tropicales (Edmeades et al. 1989). Las características de las variedades tropicales, guardan relación con los métodos de cultivo utilizado, durante miles de años. Dado que generalmente se plantaron con métodos primitivos en suelos pobres, periódicamente inundados, y en competencia con otras plantas, razón por la cual el maíz tuvo que mostrar un crecimiento rápido y desarrollar tallos altos con hojas largas y anchas. Como además la gran superficie de hojas respira una parte considerable de los productos asimilados, el rendimiento resulta bajo (Celis, 1983). Así tenemos que el Estado de Veracruz, es una entidad en su mayoría de clima cálido húmedo, que cuenta con una superficie agrícola de 3,147,246 has, de las cuales 3,028,272 has equivalen al 96.2 por ciento de la superficie que se siembra de temporal y únicamente el 3.8 por ciento de riego, que significan 118,974 has¹. En gran medida, el maíz es un cultivo anual importante en el estado, en el ciclo primavera verano se

¹Sector Alimentario en México, 1995.

siembran 464,939 has, y en otoño invierno en 245,037 has, que en conjunto cosechan 862,826 ton durante el año, en una superficie total cosechada de 709,976 has¹. Aun cuando esta entidad, cuenta con un gran potencial ecológico para la producción del grano de maíz, los rendimientos obtenidos en la actualidad siguen siendo bajos (1.212 ton/ha), esto obedece a numerosos factores limitantes que influyen en el cultivo, entre otros se encuentran, los fuertes vientos, la baja fertilidad del suelo (Brewbaker, 1985), la falta de material genético con un alto potencial de rendimiento, el ataque tanto de plagas, así como enfermedades, y los altos costos de producción, entre otros.

En México el mejoramiento genético del maíz ha sido importante en el desarrollo de la agricultura nacional, y ha sido enfocado principalmente a incrementar el rendimiento por unidad de superficie, y al menor costo posible, de esta forma se contribuye al desarrollo rural, y a la vez, tratar de satisfacer la demanda de este alimento para el pueblo mexicano.

Entre los métodos de mejoramiento existe la selección recurrente, de la cual se puede mencionar que aprovecha en mayor grado la varianza aditiva, tiene la cualidad de mejorar la media poblacional, y mantiene la

variabilidad genética, y además incrementa la probabilidad de desarrollar híbridos y variedades mejoradas superiores a partir de grandes pooles genéticos, es decir, da la oportunidad de seleccionar genotipos superiores en cada ciclo de selección. La conclusión de la mayoría de los fitomejoradores, es que el cultivo del maíz presenta un alto potencial genético, que se expresa en el rendimiento y en las demás características agronómicas, lo cual no se ha explotado en su totalidad. En particular, el método de selección recurrente de familias de hermanos completos, descrito originalmente por Mather (1949) permite el mejoramiento de una población, reduciendo la endogamia y favoreciendo la combinación de genes.' En el presente trabajo, ha sido utilizado este método con la modificación de Gómez et al. (1986) para el mejoramiento de la población Pool 24, cuyo propósito es el siguiente:

Objetivos

Evaluar los ciclos de selección para determinar el progreso genético de la población en las diferentes variables bajo estudio.

Determinar si el método de selección recurrente de hermanos completos con pedigrí, es eficiente para la acumulación de genes favorables.

Desarrollar y mejorar cultivares con adaptación al trópico húmedo, mexicano.

Hipótesis

Los ciclos avanzados C1, C2, C3, y C4 presentan ganancias genética en aumento gradual y superior al C0.

El método de selección recurrente de hermanos completos con pedigrí, es eficaz para incrementar la cantidad de genes favorables en las características agronómicas evaluadas.

En cada ciclo de selección, existen familias de hermanos completos con buen potencial de rendimiento, para formar variedades.

REVISION DE LITERATURA

El fitomejoramiento es el arte y la ciencia de mejorar los patrones genéticos de las plantas, en relación a su uso económico, y como toda actividad humanitaria, debe buscar el beneficio del hombre, su objetivo fundamental es la obtención de variedades genéticamente mejoradas (Ortiz, 1993); así que, el mejoramiento poblacional, se basa en el principio de selección controlada y realizada por el fitomejorador, el cual trata de eliminar los efectos ambientales para obtener los mejores genotipos de una población. Celis (1983) menciona que este mejoramiento se finca en la variabilidad genética que tienen los materiales criollos o colectados, los cuales son el punto de partida de los programas de mejoramiento genético, posteriormente, al agotar la variabilidad genética con la metodología poblacional utilizada, se continua con otra etapa, donde se debe aprovechar la uniformidad generada mediante la formación de sintéticos e híbridos. Finalmente concluye que el objetivo del mejoramiento poblacional es liberar variedades mejoradas de polinización libre con amplia adaptabilidad, tolerantes al acame, a enfermedades, de ciclo precoz, y de acorde con las demandas del consumidor.

El éxito de la selección, depende altamente de la estructura genética de la población base que se somete a la selección. Aunque son varios métodos como se consigue producir una población con variabilidad genética adecuada, no se sabe mucho acerca de los genes individuales en tal población, por lo que es de suponer que en la mayoría de los casos, segregan algunos genes mayores, un número de genes de efecto intermedio o pequeño y muchos con efecto muy pequeño. Por otra parte, en las primeras décadas de este siglo se difundió que el rendimiento del maíz había llegado a un límite, y que difícilmente se podía superar, lo cual propició que el mejoramiento genético poblacional cobrara mayor importancia (Eilert, 1985).

Márquez (1980) menciona que la selección final de las poblaciones, o la última etapa del mejoramiento, se obtiene a través de varios ciclos o etapas de selección, puestos a prueba durante varios años y en varias localidades de la región, para su recomendación final. También describe el procedimiento general de la selección, donde se aprovechan los efectos aditivos, tanto intralocus como interloci para mejorar las poblaciones en base a:

La selección de los mejores individuos de la población. La utilización de los individuos seleccionados como progenitores de la siguiente generación. Como la

selección no se termina en un solo ciclo, dado que es prácticamente imposible agotar la variación genética aditiva, primero, por que los efectos aditivos no comprenden la totalidad de la variación genética y, segundo, por la omnipresente influencia del medio ambiente. Iniciación de un siguiente ciclo de selección en la población proveniente del apareamiento de los individuos seleccionados, y realización de varios ciclos adicionales hasta el agotamiento de la varianza genética aditiva, o hasta que lo determinen otras circunstancias.

Allard (1978) describe la respuesta a la selección más común en las numerosas experiencias, llevadas a cabo con diversos caracteres en diferentes especies vegetales:

La primera es una ganancia inicial rápida seguida de un período de progreso lento, la segunda es una respuesta lenta que termina en un plano horizontal, la tercera es una respuesta nula, y la cuarta es una respuesta inicial rápida, seguida por un período en el que la selección es ineficaz, con otro período posterior de respuesta rápida que culmina en otro plano horizontal.

La selección recurrente de hermanos completos propuesta inicialmente por Mather (1949) como cruces biparentales, es uno de los métodos de mayor eficiencia,

donde se explota un $1/2$ de la varianza aditiva y $1/4$ de dominancia, al respecto Hallauer y Miranda (1981) mencionan que para cubrir un ciclo de SRHC, al menos se requiere de tres generaciones o estaciones de crecimiento, en la primera generación se forman las familias de hermanos completos, en la segunda se evalúan y en la tercera se recombinan las familias seleccionadas. Posteriormente Compton y Lonquist (1982) realizan una modificación al esquema de SRHC, con el cual es posible reducir a dos generaciones para obtener un ciclo de selección. En una misma estación de crecimiento se recombinan y se forma las FHC, de la siguiente forma: 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 planta a planta dentro de cada surco, formando de esta manera la FHC y un compuesto balanceado de todas cruza fraternales realizadas que vienen a constituir un ciclo de recombinación. Años después, Gómez *et al.* (1986) desarrollan el método SRHC con pedigrí que permite planear la recombinación, evitando así, entrecruzar materiales emparentados y al mismo tiempo evaluar los genotipos en base a su ACG.

Chávez y López (1987) definen a la selección recurrente como la selección sistemática de los individuos deseables, y el éxito depende tanto de la existencia de genes deseables en la población original, así como de la

vidad del procedimiento de selección, del grado de combinación y del número de ciclos de selección. El mejoramiento poblacional lo dividen en intrapoblacional e interpoblacional, definen la primera, como el mejoramiento de una población *Per-se* e incluye selección dentro de una población. La población mejorada puede ser usada como nueva población o bien pueden derivarse líneas para combinaciones híbridas. Teóricamente, este método es considerado de mayor utilidad para caracteres que son controlados por el tipo de acción génica aditiva con dominancia parcial o completa. El mejoramiento interpoblacional es el mejoramiento de dos o más poblaciones, en este caso una población sirve como probador para la otra y viceversa o bien, ambas pueden tener un probador común, estas poblaciones mejoradas *Per-se*, podrán usarse para este propósito o para la extracción de líneas y usarlas para combinaciones híbridas, este método es de mayor utilidad cuando es deseable explotar la heterocigosidad o la dominancia.

De León (1987) concluye al efectuar selección directamente en familias de hermanos completos con pedigrí en que el derivar líneas directamente de familias de HC, puede ser más eficiente que el derivarlas de la población donde se encuentran ya recombinadas. Así mismo menciona que al utilizar la SRFHC con pedigrí, se evita la endogamia en cada ciclo de selección, ya que este método permite conocer

ESTADO DE LOS RECURSOS

efectividad del procedimiento de selección, del grado de recombinación y del número de ciclos de selección. El mejoramiento poblacional lo dividen en intrapoblacional e interpoblacional, definen la primera, como el mejoramiento de una población *Per-se* e incluye selección dentro de una población. La población mejorada puede ser usada como nueva variedad o bien pueden derivarse líneas para combinaciones híbridas. Teóricamente, este método es considerado de mayor utilidad para caracteres que son controlados por el tipo de acción génica aditiva con dominancia parcial o completa. El mejoramiento interpoblacional es el mejoramiento de dos o más poblaciones, en este caso una población sirve como probador de la otra y viceversa o bien, ambas pueden tener un probador en común, estas poblaciones mejoradas *Per-se*, podrán usarse para este propósito o para la extracción de líneas y usarlas en combinaciones híbridas, este método es de mayor utilidad cuando es deseable explotar la heterocigosidad o sobredominancia.

De León (1987) concluye al efectuar selección recurrente en familias de hermanos completos con pedigrí en maíz, que el derivar líneas directamente de familias de HC, resulta ser más eficiente que el derivarlas de la población donde se encuentran ya recombinadas. Así mismo menciona que el utilizar la SRFHC con pedigrí, se evita la endogamia en cada ciclo de selección, ya que este método permite conocer

los ancestro comunes en la formación de las nuevas FHC.

Se evaluó el progreso de la selección en maíz de cinco ciclos de SRMH y cuatro de SRHC con pedigrí a dos densidades en la población Lucio Blanco, donde reporta, que el método más efectivo fue el de baja densidad de SRHC con pedigree que arrojó un valor de 1.34 por ciento de ganancia por ciclo y la SRMH en la densidad alta presentó una ganancia de 1.24 por ciento por ciclo (García, 1989).

Lastra (1984) evalúa el Quinto ciclo de selección entre familias de hermanos completos, en el carácter de doble embrión, para el experimento se parte de 253 familias analizadas en un diseño bloques al azar, aplicando una presión de selección del 8.5 por ciento. Este autor concluye que el método de selección entre familias de hermanos completos es efectivo para incrementar la frecuencia de plantas gemelas obteniendo una ganancia de 11.5 por ciento de doble embrión con respecto al ciclo cuatro. Castro y Rodríguez (1979) y Rodríguez *et al.* (1980) en esta misma población reportan una ganancia de 2.01 por ciento en el primer ciclo, 7.43 por ciento en el ciclo dos, 8.19 por ciento en el ciclo tres, 13.65 por ciento en el ciclo cuatro. Ambos autores concluyen que el carácter de doble embrión es altamente heredable, obteniendo una ganancia total al quinto ciclo de selección de 42.43 por ciento.

Fischer et al. (1984) reportan en un estudio de selección recurrente en maíz tropical, para incrementar la resistencia a la sequía en las localidades de Tlatizapán y Poza Rica, Veracruz, que alcanzan resultados mucho más rápido, cuando en el procedimiento de selección, se incluyen más caracteres, que cuando sólo se estudia el rendimiento del grano. Evaluaron 85 FHC de la población Tuxpeño-1 y después de tres ciclos de selección recurrente para la resistencia a sequía, se alcanzó una ganancia máxima de rendimiento por ciclo de 9.5 por ciento. Determinan que estas características se encuentran asociadas principalmente con una disminución de plantas que no producen mazorcas, además de otros caracteres como tamaño reducido de la espiga, el área foliar y altura de planta.

Ortiz et al. (1992) efectuaron mejoramiento genético en la población 36 para resistencia al achaparramiento conformando el quinto ciclo de selección. Las familias seleccionadas presentaron un menos 8.07 por ciento para achaparramiento y una ganancia de 0.91 toneladas por hectárea para rendimiento. Al respecto Grogan y Rosenkranz (1968) reportan que la herencia de la resistencia al achaparramiento no es dominante, sino que es un carácter controlado por genes aditivos no epistáticos y que un programa de selección recurrente debería ser adecuado para transferir resistencia.

Tanner y Smith (1987) en un estudio de ocho ciclos, evaluaron familias de medios hermanos (SRMH) y líneas S_1 . Se detectó significancia para rendimiento, entre los ciclos cero y cuatro, resultando tener una ganancia genética de 6.9 por ciento cuando se utilizó las líneas S_1 y cuando se uso SRMH se obtuvo 2.2 por ciento, en los ciclos del cuatro al ocho se manifestaron con un menos 0.8 y 5.5 por ciento respectivamente, obteniéndose por el método SRMH ganancias de menor a mayor, conforme avanzan los ciclos de selección, ya que este método reduce la variabilidad genética en menor grado. Bajo el objetivo de mejorar el rendimiento y la tolerancia a pudrición de mazorca provocada por *Diplodia* y *Fusarium sp*; Pixley et al. (1993) evalúan el tercer ciclo de selección recurrente en dos poblaciones con 225 líneas S_1 a una densidad de 53,300 plantas/ha en tres localidades. Concluyen que el rendimiento se incrementará a un ritmo anual de 261 y 385 kg/ha para ambas poblaciones y además se está reduciendo la pudrición de mazorca en 4.3 por ciento anual.

Coors y Mardones (1989) reportan la selección para prolificidad en maíz, por el método de selección masal, en la población Golden Glow, en 12 ciclos de selección. Los tratamientos que se evaluaron fueron C_0 , C_3 , C_9 , y C_{12} en dos años. Los cuales fueron sometidos a diferentes niveles de fertilización y densidades de población, durante los años de 1985 y 1986. Se incrementó el número de mazorcas por plantas

en 2.4 y 3.3 por ciento por ciclo respectivamente, lo que equivale a un aumento en rendimiento por planta de 2.0 y 3.0 por ciento, así mismo a un 2.0 y 2.8 por ciento en ton/ha. Al respecto Márquez (1992) reporta que la respuesta esperada en el método de selección masal dependerá, de cuantos ciclos se haya efectuado selección y cómo se ha evaluado. Sí se trata de pocos ciclos de selección, la respuesta por ciclo es menos confiable que cuando se evalúan varios ciclos de selección.

Gutiérrez y Luna (1989) evaluaron siete ciclos de selección familiar combinada, para resistencia a sequía en maíz, en el estado de Zacatecas, utilizando 25 genotipos. Dichos materiales fueron evaluados en condiciones de riego, en sequía y en relación riego/sequía. Se observaron ganancias en rendimiento en las diversas modalidades de selección, que varían entre 0.4 y 3.0 por ciento por ciclo de selección. Los genotipos seleccionados por el criterio riego/sequía mostraron avance en condiciones moderadas y drásticas de sequía, de 1.7 a 3.0 por ciento, los genotipos seleccionados bajo sequía, exhibieron incrementos al ser sometidos a sequía drástica con 2.3 por ciento, donde también destacaron las selecciones practicadas en riego, con 3.0 por ciento.

Stromberg y Comptom (1989) mencionan que la selección de hermanos completos, es un método de mejoramiento intrapoblacional usado en maíz, por el cual ellos evaluaron

10 ciclos de hermanos completos en una población de polinización libre y reportan resultados positivos para rendimiento incrementándose 1.2 por ciento por ciclo, un 2.8 por ciento para resistencia al acame por ciclo, cobertura de mazorca en 0.1 por ciento por ciclo y la humedad del grano, se bajó en un 0.3 por ciento por ciclo. De acuerdo con los resultados para rendimiento y resistencia al acame, concluyen que sí se obtuvo un buen avance genético a través de los 10 ciclos de selección.

De León y Pandey (1989) evaluaron ocho pooles tropicales de maíz, seis de ellos fueron seleccionados para resistencia a pudrición de tallo y dos para resistencia a pudrición de mazorca, se incluyeron 500 FMH. Se estudió por el método de mazorca por surco modificado, el promedio a través de los pooles se incrementó en rendimiento un 2.5 por ciento, la floración se redujo en 0.15 por ciento, la altura de planta se disminuyó en 0.35 por ciento, las enfermedades causadas por *Fusarium moliniforme* se redujeron en 1.66 por ciento y 0.90 por ciento por ciclo para pudrición de tallo y mazorca. El incremento en rendimiento para los seis pooles seleccionados para resistencia a pudrición de tallo fue de 3.02 por ciento por ciclo y para los dos pooles seleccionados para resistencia a pudrición de mazorca 1.38 por ciento por ciclo.

Castillo et al. (1990) comparan dos métodos de selección recurrente en maíz, con la finalidad de determinar la ganancia genética para rendimiento de grano, la metodología empleada, fue selección masal propuesta por Gardner (1961) en cuatro ciclos de selección y la selección por mazorca por surco modificada, propuesta por Lonquist (1964) esta última únicamente en dos ciclos de selección. Ellos concluyen que para selección masal, no se obtuvo ganancia para rendimiento de grano, después de los cuatro ciclos y en la selección de mazorca por surco modificado; se incrementó la ganancia en el rendimiento de 7.2 por ciento por cada ciclo de selección.

Moll (1991) reporta un estudio en dos poblaciones de maíz; una fue una población de polinización libre y otra una generación avanzada (F_2) de una cruce simple, evaluadas en 16 ciclos de selección recurrente de hermanos completos, puesto que permite la acumulación de genes, que confieren alto rendimiento. La ganancia por selección fue de 2.4 por ciento por ciclo, para la población de polinización libre y 4.5 por ciento por ciclo para la cruce simple.

Ron et al. (1993) evaluaron las poblaciones de maíz Blanco Dentado (MBD-2) y Lucio Blanco progenitoras de un híbrido intervarietal comercial HV-313 a través de selección recurrente en líneas S1, para las características de mazorca,

buen aspecto de planta y rendimiento. En la población Lucio Blanco se obtuvo un 21.5 por ciento de incremento en rendimiento, 27 por ciento de decremento en mazorcas dañadas y en Blanco Dentado 2 la ganancia es de un 1.8 por ciento de rendimiento y una mejora en la sanidad de la mazorca.

Ceballos *et al.* (1994) evaluaron cinco poblaciones de maíz tropical del CIMMYT mejoradas para tolerancia a suelos ácidos, mediante selección recurrente de hermanos completos en tres ciclos de selección en un diseño experimental de parcelas divididas, en cinco ambientes edáficos, siendo suelo normal y los cuatro restantes con grados variables de estrés edáfico. Las ganancias genéticas observadas para rendimiento a través de las poblaciones fueron altamente significativas, 4.72 por ciento por ciclo cuando los cinco ambientes fueron considerados, 4.90 por ciento por ciclo cuando se consideraron las cuatro localidades, y de 4.21 por ciento por ciclo para el ambiente de suelo normal. Mencionan que los resultados obtenidos sugieren buena variabilidad genética y alta heredabilidad de tolerancia a los suelos ácidos. Schnicker y Lamkey (1993) reporta un progreso de once ciclos de selección en rendimiento de 6.46 por ciento. En un estudio de ocho ciclos de selección en dos poblaciones de SRRFMH, concluyen que la metodología fue eficiente para la acumulación de genes favorables y reportan un avance genético de 3 por ciento y 1.6 por ciento en ambas poblaciones

(Eyherabide y Hallauer, 1991). El avance de tres ciclos de selección recurrente en dos poblaciones de maíz para pudrición de mazorca en familias S_1 fue de 4.3 por ciento en las dos poblaciones e incrementándose el rendimiento en un promedio de 261 y 385 kg/ha, reportan (Pixley et al.; 1993). Al evaluar el quinto ciclo de selección de familias S_1 y familias de medios hermanos concluyen que se incrementó un 2 por ciento y 1.8 por ciento por ciclo la ganancia para rendimiento respectivamente (Odhiambo y Comptom, 1989).

Pandey et al. (1991) evaluaron 10 poblaciones tropicales avanzadas al ciclo cuatro, en cuatro localidades, por selección recurrente de familias de medios hermanos, reportan un avance genético de 9.5 por ciento para rendimiento, una reducción de menos 5.1 por ciento para altura de planta, 5.6 por ciento en mazorcas por plantas y un menos 2.6 por ciento para días a floración. Se evaluó la efectividad de 4 ciclos de selección de FMH y familias S_1 , obteniendo un 3.5 por ciento por ciclo para rendimiento, (Coors, 1988).

Russell y Eberhart (1975) han demostrado que las líneas seleccionadas en poblaciones mejoradas producen mejores híbridos que las derivadas en poblaciones originales.

MATERIALES Y METODOS

Material genético

La población pool 24 fue formada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo en el año de 1982. Esta población comunmente conocida como complejo 24 TLWD (Tropical, Tardío, Blanco y Dentado), también la integran germoplasma tuxpeño de México, algunos materiales de Centro América, el Caribe, Colombia y Zaire. El ciclo cero (C_0), lo conforman 136 familias de medios hermanos derivadas de la población 24. El procedimiento para obtener las familias de hermanos completos con pedigrí de los cuatro ciclos de selección, es similar, y a continuación se describe.

1^a Generación. De la población C_0 , que es el material base, se forman las cruzas biparentales para obtener las familias de hermanos completos, asignándoles un pedigrí, el cual permite evitar cruzamientos entre familias emparentadas.

2^a Generación. Una vez formadas las familias HC se procede a la evaluación de las mismas, dejando remanente en

bodega, esta evaluación se lleva a cabo en dos o tres localidades y de tres a cuatro repeticiones, dependiendo de la cantidad de semilla disponible. Al momento de la cosecha se aplica una presión de selección que varía entre 10 a 15 por ciento, tomando los mejores genotipos, los cuales se recombinarán en la siguiente generación.

3ª Generación. Una vez identificadas las mejores familias, se recurre a la semilla remanente, para recombinar mediante un dialélico parcial, por último, se forma un compuesto balanceado, para obtener un ciclo de selección.

Además de los cinco ciclos, se incluyen tres testigos para formar un total de ocho tratamientos, siendo los materiales siguientes: VAN 542, VAN 543 y la Población 22.

Descripción del área de estudio.

La investigación se llevó a cabo en dos localidades, Rinconada, y Villa Ursulo Galván, Veracruz en el año 1995 B; sus características climáticas y edáficas se describen a continuación.

Villa Ursulo Galván, Ver.

Esta localidad está situada, en la zona central costera del estado, limita con los municipios, de Actopan,

Puente Nacional, José Cardel, La Antigua y con el Golfo de México, ocupa una extensión de 149.70 kilómetros cuadrados. La zona donde se realizó el experimento cuenta con un suelo de tipo feozen y vertisol, el primero consta de una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y nutrientes, el segundo presenta grietas anchas, profundas en la época de sequía; son suelos duros, arcillosos, con tonalidades gris a rojizas. Su vegetación es de tipo bosque alto o mediano tropical perennifolio. Entre los cultivos importantes de la región, se encuentra el maíz, frijol, chile, caña de azúcar, papaya y el mango.

Las características de ubicación y climatológicas de esta localidad son $19^{\circ}24'17''$ de latitud norte, $102^{\circ}46'28''$ longitud este y 8 msnm de altitud. Presenta una temperatura media anual de 25.8°C y una precipitación media anual de 1017.7 mm con lluvias abundantes en verano y principios de otoño, características que clasifica al área como un clima tropical húmedo.

Rinconada, Ver.

Esta localidad se encuentra localizada geográficamente en las coordenadas $19^{\circ}19'43''$ de Latitud Norte y los $102^{\circ}39'22''$ de longitud este de México. Su altitud promedio es de 194 msnm.

Su clima es cálido regular con una temperatura media anual de 26.5°C con lluvias abundantes de junio a septiembre, siendo muy escasas el resto del año, pues se encuentra en la zona semiárida del centro del estado. Su precipitación media anual es de 979.3 mm.

El suelo es de tipo vertisol, presenta grietas anchas y profundas en la época de sequía; son suelos muy duros, arcillosos y macizos, frecuentemente negros, grises y rojizos. Su vegetación es de tipo bosque mediano o bajo subtropical perennifolio. Entre los cultivos que se destacan son maíz, papaya y caña de azúcar, entre otros.

En este proyecto se establecerá un diseño experimental en bloques al azar, con 10 repeticiones por localidad.

Trabajo de campo

Las labores de preparación del terreno se realizaron de forma similar en las dos localidades, de tal manera que se buscó la mayor uniformidad posible, entre las más comunes son, barbecho, rastreo y surcado. La fertilización es una práctica que se realiza a mano, aplicando al momento de la siembra el 50 por ciento de nitrógeno, todo el fósforo y potasio. En la segunda escarda de la misma forma se deposita

el complemento del nitrógeno. La fórmula que se aplicó fue 140-85-30, que se depositó de la siguiente manera, 200 Kgs. de 15-15-15, 120 Kgs. de Superfosfato de Calcio Triple y 240 Kgs. de Urea. Otras prácticas que se realizan son el riego, el control de plagas y enfermedades, entre otras.

Características de las unidades experimentales.

Las unidades experimentales en las cuatro localidades presentan las siguientes características.

Número de tratamientos	8
Número de repeticiones	10
Número de surcos por tratamiento	4
Longitud de surcos (m)	4
Distancia entre surcos (m)	0.90
Distancia entre plantas (m)	0.18
Plantas por surco	21
Semillas sembradas	2
Aclarear	1
Parcela experimental (m)	7.56
Area de la parcela útil (m)	6.84
Densidad de población (Ptas/ha)	60 000

Toma de datos

- a) .- **Días a flor**, estos datos se toman desde el día de la siembra, hasta la fecha en que el 50 por ciento de las plantas de una parcela presentan emisión de polen y estigmas receptivos. Tanto floración masculina como femenina.
- b) .- **Altura de planta**, de 10 plantas tomadas a la azar de cada parcela se mide la altura, desde la base de éstas hasta donde nace la hoja bandera, se expresa en metros.
- c) .- **Altura de mazorca**, es la distancia en centímetros de 10 plantas tomadas al azar medidas cada una desde la base de ésta, hasta el nudo de la mazorca principal, se expresa en metros.
- d) .- **Acame de tallo**, es el número de plantas que presentan quebramiento por debajo de la mazorca principal, en relación al número total de plantas por parcela, se expresa en por ciento.
- e) .- **Acame de raíz**, es el número de plantas con una inclinación igual o mayor a 30 grados con respecto a la vertical, se expresa en por ciento en relación al total de plantas por parcela.

- f) .- **Mazorcas podridas**, número de mazorcas que presentan más del 10 por ciento de pudrición, en relación al total de mazorcas cosechadas, se expresa en por ciento.
- g) .- **Mazorcas con fusarium**, número de mazorcas que presentan algún grado de daño por este hongo, se expresa en por ciento en relación al número de mazorcas cosechadas por parcela.
- f) .- **Mala cobertura**, se toma antes de la cosecha, se considera como mala cobertura, cuando las brácteas dejan al descubierto la punta de la mazorca, se expresa en por ciento en relación al número de mazorcas cosechadas.
- g) .- **Número de plantas cosechadas**, es el total de plantas cosechadas dentro de la parcela útil.
- h) .- **Número de mazorcas cosechadas**, es el total de mazorcas que se obtiene de las plantas cosechadas dentro de la parcela útil.
- i) .- **Peso de campo**, es el peso total de las mazorcas cosechadas en la parcela útil, medido en una báscula de reloj con una precisión de tres decimales, se expresa en kilogramos.

- j).- **Por ciento de humedad**, en la cosecha se toma la humedad de una muestra de grano de 250 grs representativo de todas las mazorcas de la parcela.
- k).- **Por ciento de materia seca**, se obtiene por diferencia en base al por ciento de humedad.
- l).- **Peso seco**, se determina multiplicando el por ciento de materia seca por el peso seco de campo.
- m).- **Rendimiento en mazorca al 15.5 por ciento de humedad**, se obtiene de multiplicar el peso seco ajustado por el factor de conversión toneladas por hectárea.

Factor de conversión

$$FC = \frac{10,000 \text{ m}^2}{APU \times 0.845 \times 1,000}$$

Donde:

0.845 = Constante para obtener el 15.5 por ciento de humedad.

1,000 = Constante para obtener el rendimiento en toneladas por ha.

A.P.U.= Se obtiene de multiplicar número de surcos x número de plantas por surco x distancia entre planta.

Análisis estadístico.

Análisis de covarianza.

El análisis de covarianza fue necesario aplicarlo debido a que no en todas las parcelas se cosechó el mismo número de plantas, puesto que el uso de la covarianza permite controlar el error, aumenta la precisión, y ayuda a una mejor interpretación de los datos (Steel y Torrie, 1986) por lo tanto, este análisis será una herramienta adecuada y satisfactoria para el ajuste de los datos experimentales. Para este caso, la variable dependiente se denota como Y, que es el peso seco, mientras que la variable independiente número de plantas cosechadas por parcela se denota como X. Así, el modelo aditivo lineal para el diseño bloques a la azar está dado por la siguiente descripción matemática:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + b(X_{ij} - X_{..}) + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta peso seco.

μ = Efecto de la media general.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

β_j = Efecto de la j-ésima repetición.

b = Coeficiente de regresión de Y en X.

x_{ij} = Número de plantas del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición

$x_{..}$ = media general del número de plantas.

ε_{ij} = Efecto del error experimental.

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

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

Análisis de varianza.

Para que los ajuste sean válidos y útiles, es necesario que la regresión de Y con respecto a X sea homogénea para todos los tratamientos ajustados, así que es necesario probar la hipótesis de que no hay diferencias entre medias de tratamiento; para tal caso, se realizó un análisis de varianza para regresión, el cual se presenta en el cuadro 3.1. De donde se concluye que existen diferencias significativas entre el peso seco y el número de plantas cosechadas, por lo que se procedió a estimar el coeficiente de regresión, para posteriormente realizar el ajuste del peso seco por parcela con la siguiente fórmula:

$$Y_{ij} = P_{ij} + b (X_{ij} - X_{..})$$

Donde:

Y_{ij} = Peso seco ajustado por regresión.

P_{ij} = Peso seco observado del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición.

b = Coeficiente de regresión de Y en X.

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

$X..$ = Media general del número de plantas cosechadas.

Cuadro 3.1. Análisis de varianza para regresión con una distribución en bloques al azar.

F. V.	g.l.	S. C.	C. M.	Fc
Regresión	1	$b XY_e$	$b XY_e/g.l. \text{ Reg.}$	$CM_{\text{Reg.}}/CM_{\text{Res.}}$
Residual	(t-2)	$Y^2_e - b XY_e$	$Y^2_e - b Xye/g.l. \text{ Res.}$	
Total	(t-1)	Y^2_e		

El análisis estadístico individual se presenta en el cuadro 3.2, el cual se aplicó a cada una de las variables en un diseño en bloques completo al azar, donde las unidades experimentales dentro de cada bloque fueron relativamente homogéneas y los tratamientos se asignaron a la azar. Con la finalidad de probar la hipótesis que se plantea, de que existen ganancias genéticas a través de los ciclos se procedió a correr los análisis individuales para cada localidad bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + T_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta de la i -ésimo tratamiento con la j -ésima epetición.

μ = Efecto de la media de la población.

β_i = Efecto de la i -ésima repetición o bloque.

T_j = Efecto del j -ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} = Error experimental o variable aleatoria a la cual se le asume distribución normal.

$i = 1, 2, \dots, r$ (repeticiones).

$j = 1, 2, \dots, t$ (tratamientos).

Cuadro 3.2. Análisis de varianza individual para rendimiento y demás características agronómicas bajo un diseño bloques al azar.

F.V.	G.L	SC
Repeticiones	$r-1$	$\sum y_{.j}^2 / t - y_{..}^2 / tr$
Tratamientos	$c-1$	$\sum y_{i.}^2 / r - y_{..}^2 / tr$
Error	$(t-1)(r-1)$	$Sct - Scb - Sc c$
Total	$tr-1$	$\sum \sum y_{ij}^2 - y_{..}^2 / tr$

En el cuadro 3.3 se muestra el análisis de varianza combinado para un diseño bloques al azar. El modelo estadístico para este análisis de varianza se aplicará a cada variable experimental. Con la finalidad de medir la respuesta de los tratamientos a través de

ambientes es necesario aplicar el modelo que a continuación se presenta.

$$Y_{ijk} = \mu + L_k + \beta_{ik} + T_j + TL_{jk} + \varepsilon \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = La observación de la i -ésima repetición en el j -ésimo tratamiento de la k -ésima localidad.

μ = Media general.

L_k = Efecto de la k -ésima localidad.

β_{ik} = Efecto del i -ésimo bloque anidado en la K -ésima localidad.

T_j = Efecto del j -ésimo tratamiento.

TL_{jk} = Efecto conjunto del j -ésimo tratamiento con la k -ésima localidad.

$\varepsilon \varepsilon_{ijk}$ = Efecto del error experimental.

$i = 1, 2, \dots, r$ (repeticiones).

$j = 1, 2, \dots, t$ (tratamientos).

$k = 1, 2, \dots, l$ (localidades).

Cuadro 3.3. Análisis de varianza combinado en un diseño bloques al azar aplicado a cada variable bajo estudio.

F.V.	G.L	SC
Localidad	l-1	$\Sigma y_{i..}^2 / rc - y_{...}^2 / rcl$
Rep./Loc.	(r-1)l	$\Sigma y_{ij.}^2 / c - \Sigma y_{i..}^2 / rc$
Tratamientos	t-1	$\Sigma y_{.k}^2 / rl - y_{...}^2 / rcl$
Tratam. X Loc.	(t-1)(l-1)	$\Sigma y_{i.k}^2 / r - \Sigma y_{i..}^2 / rc - \Sigma y_{.k}^2 / rl + y_{...}^2 / rcl$
Error	(r-1)(t-1)l	$\Sigma y_{ijk}^2 - \Sigma y_{i.k}^2 / r - \Sigma y_{ij.}^2 / c + \Sigma y_{i..}^2 / rc$
Total	tlr-1	$\Sigma y_{ijk}^2 - y_{...}^2 / rcl$

El coeficiente de variación se determinará con la fórmula siguiente:

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

Donde:

CMEE = cuadrado medio del error experimental.

X = media general.

Se hace mención que las variables expresadas en por ciento no presentan una distribución normal, por lo tanto estos datos se transformarán por medio de la función raíz cuadrada, a la vez se le agregarán cinco unidades a cada valor, con la finalidad de obtener resultados más

precisos y exactos que permitan realizar una discusión e interpretación de dichas variables.

Pruebas de rango múltiple.

Se estimó la desviación mínima significativa (DMS) al cinco y 10 por ciento de probabilidad para cada una de las variables , la cual nos indicará, si estadísticamente los ciclos de selección son mejores al ciclo cero (C0) y a los testigos, esto bajo la siguiente fórmula:

$$DMS (\alpha) = t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{2CMEE}{rl}}$$

Donde:

α = probabilidad de 0.05 y 0.01.

$t_{\alpha/2}$ glee = valor de tablas de t a dos colas..

CMEE = cuadrado medio del error experimental.

t = tratamientos.

r = repeticiones.

l = localidades.

Las ganancias genéticas reales para cada una de las características evaluadas en los ciclos, se mostrarán mediante un diagrama de dispersión con los datos observados en los cuales se trazará una línea determinada por regresión o bien por polinomios ortogonales, donde se

compararán los datos observados con los teóricos, que indicarán, si el método de mejoramiento es el adecuado, con ello se responde alguna de las hipótesis, así también, se pudiera predecir las ganancias en próximos ciclos, si las desviaciones son mínimas y el coeficiente de determinación (R^2) es mayor de 0.85. Para este análisis se tomará como variable independiente (X), siendo los ciclos de selección y como variable dependiente (Y) al rendimiento.

El coeficiente de regresión (b) fue determinado bajo la siguiente fórmula:

$$b = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{(\sum X_i)(\sum Y_i)}{n}}{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}}$$

RESULTADOS

En el cuadro 4.1, se muestran los cuadrados medios y su significancia, de las diferentes fuentes de variación, para cada una de las características que fueron tomadas para su evaluación, en cada uno de los cuatro ciclos de selección de la población 24 de maíz obtenida a través de selección de hermanos completos con pedigrí, en el ciclo otoño invierno de 1995, en la localidad de Villa Ursulo Galván. En la fuente de variación bloques o repeticiones presentó significancia en la mayoría de las características, por lo que se justifica el uso del presente diseño. También se observan diferencias significativas en tratamientos para las variables días a floración macho y hembra, uniformidad de mazorca, acame de raíz y tallo, número de mazorcas por 100 plantas y rendimiento.

Al realizar la prueba de rango múltiple, diferencia mínima significativa (DMS) al cinco por ciento, arrojó los valores que se presentan en el cuadro 4.1; para rendimiento, se obtuvo 0.870 toneladas por hectárea, lo cual clasificó estadísticamente a tres grupos, en esta variable existió el mayor número de grupos. Para realizar

Cuadro No. 4.1. Concentración de los cuadrados medios y su significancia de las variables bajo estudio en la localidad de Villa Ursulo

Galván, Veracruz, 1995 B.

F. V.	g. l.	Días a floración		Altura (cms.)		Uniform	Acame	Mazorca	No. maz.	Redto.			
		Macho	Hembra	Planta	Mazorca	Maz.	Raíz	Tallo	podridas x 100 ptas.	Cobert	Fusarium	(Ton./ha.)	
Tratamientos	7	12.25**	10.51**	169.64	190.29	1.31**	2.18*	2.08*	0.17	688.77**	1.78	0.17	6.41**
Bloques	9	5.70**	4.40**	1859.53**	781.58**	1.39**	5.55**	2.68**	0.19	289.46	1.34	0.09	1.43
Error	63	1.21	0.94	308.94	140.24	0.46	0.98	1.06	0.26	207.49	1.00	0.10	0.96
Total	79												
C. V. (%)		1.87	1.65	8.62	10.92	20.58	23.46	23.7	19.25		23.46	13.02	20.46
DMS	0.05	0.98	0.86	15.87	10.57	0.60	0.88	0.92	0.46	12.86	0.89	0.28	0.87
	0.01	1.30	1.15	20.83	14.04	0.80	1.17	1.22	0.60	17.07	1.18	0.37	1.16

*, **, significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente.

una mejor interpretación se presenta el cuadro 4.2, aquí se concentran las medias de rendimiento y demás variables, el ciclo cuatro (C4) posee 5.692 toneladas por hectárea ocupando el primer lugar, el ciclo tres (C3) ocupa el segundo lugar, con un rendimiento de 5.634 toneladas por hectárea, el tercer lugar pertenece al ciclo dos (C2) con 5.435 toneladas por hectárea, en el cuarto lugar se ubica el ciclo cero (C0) con 5.062 toneladas por hectárea, y el ciclo uno (C1) se mantuvo en el último sitio con 4.160 toneladas por hectárea. Por otra parte, el acame de tallo se mejoró en 2.61 por ciento y la mala cobertura de la mazorca se redujo en 6.24 por ciento.

El coeficiente de variación varió desde 1.65 por ciento, hasta 23.46 por ciento para las diferentes variables, esto refleja que en algunas características, las desviaciones entre observaciones fueron grandes, sin embargo, los valores que marcan cada una de ellas son aceptables; ya que los valores más altos pertenecen principalmente a las características expresadas en por ciento.

En el cuadro 4.3, se presenta el análisis de varianza individual realizado para la localidad de Rinconada, Ver, evaluadas en el mismo año que Ursulo Galván. En la fuente de variación bloques, se detectó

Cuadro No. 4.2. Concentración de medias de las características agronómicas evaluadas en la localidad de Villa Ursulo Galván, Veracruz, 1995 B.

Tratamientos	Días a floración		Altura (cms.)		Uniformidad	Acame (%)		Mazorcas podridas (%)	No. mazorcas x 100 ptas.	Cobertura Fusariu (%)	Rendimiento (Ton./ha.)	
	Hembra	Macho	Planta	Mazorca		Mazorca	Raíz					Tallo
C0	58	58	206	108	3.10	10.21	15.25	2.29	88.30	13.49	0.76	5.0624
C1	59	59	196	101	3.30	10.21	15.25	0.76	88.86	17.09	0.00	4.1602
C2	58	58	203	105	2.90	11.81	11.81	1.25	105.65	10.21	0.76	5.4357
C3	59	58	206	110	3.00	15.25	11.81	1.25	102.24	12.64	0.00	5.6344
C4	58	58	202	105	3.00	11.00	12.64	1.76	105.32	7.25	1.25	5.6929
VAN 542	61	61	202	112	3.90	7.96	8.69	2.29	93.12	19.01	0.29	3.4479
VAN 543	59	60	209	113	3.60	13.49	15.25	2.84	103.71	11.81	1.25	4.6238
Poblacion 2	60	60	207	114	3.60	21.01	10.21	2.84	86.54	14.36	1.25	4.2954
Media	59	59	203.88	108.50	3.30	12.62	12.61	1.91	95.71	13.23	0.69	4.7941

significancia para altura de mazorca, acame de tallo y prolificidad y resultó altamente significativo la variable altura de planta. Los tratamientos se comportaron de forma diferente para las variables, altura de mazorca, uniformidad de mazorca y fusarium.

En el cuadro 4.4, se muestra un resumen de las medias de las características agronómicas obtenidas a través de las 10 repeticiones en la localidad de Rinconada. Al parecer, la totalidad de las variables bajo estudio mostraron una gran uniformidad estadísticamente, sin embargo, algunas variables de importancia en los programas de mejoramiento, mostraron una reducción, como es el caso de fusarium que se redujo en 1.64 por ciento, la mala cobertura se disminuyó en 2.75 por ciento, las mazorcas podridas se redujeron 1.71 por ciento, de la misma manera el acame de tallo se redujo 7.89 por ciento; estas variables fueron estadísticamente diferentes con respecto al ciclo cero. La altura de planta y mazorca se incrementó 15 cm y 8 cm respectivamente.

De igual manera se corrió la prueba de rango múltiple, diferencia mínima significativa (DMS) al 5 por ciento para cada una de las variables, formando para rendimiento dos grupos con un valor de 0.77 ton/ha. Los coeficientes de variación (%) también se presentan en el

Cuadro No. 4.3. Resumen de cuadrados medios y su significancia del rendimiento y otras variables agronómicas que se evaluaron en la localidad de Rinconada, Veracruz, 1995 B.

F. V.	g. l.	Altura (cms.)		Uniformidad	Acame		Mazorcas	No. maz.	Rendimiento		
		Planta	Mazorca	Mazorca	Raíz	Tallo	podridas x 100 ptas.	Cobertura Fusariu	(Ton./ha.)		
Tratamientos	7	684.00	571.52 **	2.11 **	0.90	3.55	0.10	273.12	0.36	1.15 *	1.5300
Bloques	9	1490.89 **	491.19 *	1.14	0.73	5.06 *	0.27	394.26 *	0.45	0.75	1.4000
Error	63	410.60	216.83	0.63	0.58	2.37	0.29	176.83	0.31	0.51	0.7500
total	79										
C. V. (%)		9.24	11.90	26.18	20.92	25.2	19.37		19.81	16.33	14.70
DMS	0.05	18.09	13.14	0.71	0.68	1.37	0.48	11.87	0.50	0.64	0.77
	0.01	24.03	17.45	0.94	0.90	1.82	0.64	15.76	0.66	0.85	1.03

*, **, significativo al nivel de probabilidad de 0.05, 0.01, respectivamente.

Cuadro No. 4.4. Concentración de medias de las características agronómicas evaluadas en la localidad de Rinconada, Veracruz, en el ciclo 1995 B.

Tratamiento	Altura		Uniform. Mazorca	Acame (%)		Mazorcas podridas (%)	No. maz. x 100 ptas.	Cobertura (%)	Fusarium (%)	Rendimiento (Ton./ha.)
	Planta	Maz.		Raíz	Tallo					
C0	202	113	3.30	5.89	34.25	4.00	85.13	4.00	12.64	6.2570
C1	217	124	2.70	5.24	29.81	2.29	91.51	1.76	11.81	6.1424
C2	221	126	3.70	7.96	29.81	2.84	97.65	4.00	14.36	5.9871
C3	228	133	3.50	10.21	49.76	2.84	83.51	2.84	11.81	6.0472
C4	217	121	2.90	6.56	26.36	2.29	85.49	1.25	11.00	6.1686
VAN 542	216	121	3.20	9.44	25.25	2.84	83.07	2.84	18.04	5.0325
VAN 543	226	135	2.60	7.96	31.00	2.84	84.33	2.29	18.04	5.8660
Poblacion 22	227	118	2.40	11.81	31.00	2.84	91.69	4.00	15.25	5.7310
Media	219.25	123.88	3.04	8.13	32.53	2.84	87.80	2.81	14.12	5.9040

cuadro 4.3, dichos resultados oscilan de 9.24 a 26.18 por ciento.

En el cuadro 4.5 se presenta un resumen de los cuadrados medios y su significancia de las variables evaluadas a través de localidades. Para la fuente variación localidad se encontró significancia para uniformidad de mazorca, altura de planta, y acame de raíz, así como alta significancia para altura de mazorca, acame de tallo, mazorcas podridas, prolificidad, cobertura, fusarium y rendimiento, esto propone que los ambientes utilizados para la evaluación son totalmente diferentes.

Para la interacción tratamientos por ambientes se encontró diferencia altamente significativa para uniformidad de mazorca y número de mazorcas por 100 plantas, solo significancia para altura de mazorca y fusarium, y por último el rendimiento resultó ser significativo al siete por ciento.

En el cuadro 4.6, se concentran las medias de todas las características bajo estudio de cada localidad como se mencionó anteriormente en el cuadro 4.5, donde existió diferencia significativa para todas las variables, en este cuadro se observa como en la localidad de Rinconada, se detecta el mayor rendimiento, mayor altura de planta y de

Cuadro No. 4.5. Concentración de cuadrados medios y su significancia de las variables evaluadas a través de localidades en el estado de Veracruz en 1995 B.

F. V.	g. l.	Altura (cms.)		Uniform.	Acame	Maz.	No. maz.	Rendimiento			
		Planta	Mazorca	Mazorca	Raíz	Tallo	podridas	100 ptas.	Cobertura	Fusarium	(Ton./ha.)
Localidad (L)	1	9424.50 *	9455.75 **	2.76 *	12.88 *	131.92 **	1.31 **	3128.75 **	82.89 **	151.95 **	49.27 **
R/(L)	18	1675.19	636.39	1.27	3.14	3.81	0.17	346.72	0.91	0.42	1.41
Ciclos (T)	7	532.57	419.96 *	0.80	2.40 **	4.91 **	0.20	471.71 *	1.08	0.72 *	6.29 **
TXL	7	321.14	341.86 *	2.63 **	0.68	0.63	0.09	504.13 **	0.97	0.6 *	1.65 *
Error	126	359.77	178.53	0.55	0.78	1.76	0.26	193.84	0.63	0.30	0.86
Total	159										
C. V. (%)		11.51	8.97	23.33	22.47	25.45	18.77	15.09	22.47	16.25	17.31

*, **, significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente.

mazorca, mayor acame de tallo, mayor número de mazorcas podridas, mayor ataque de fusarium, mayor número de mazorcas por 100 plantas con respecto a la localidad de Ursulo Galván. Aunque la prolificidad y el rendimiento no fueron características favorables para el primer ambiente que fue Galván, sí existen atributos agronómicos que se han reducido, como es el caso de fusarium, mazorcas podridas, acame de tallo, altura de planta y mazorca, características importantes dentro de un programa de mejoramiento.

Cuadro No. 4.6. Concentración de medias de rendimiento y demás variables bajo estudio en un diseño bloques al azar combinado, Veracruz, 1995.

Característica	Localidad		Media
	Rinconada	U. Galván	
Altura de planta (cm.)	219.00	204.00	211.50
Altura de mazorca (cm.)	124.00	108.00	116.00
Uniformidad de mazorca	3.04	3.30	3.17
Acame de raíz	8.32	12.92	10.52
Acame de tallo	32.33	13.49	22.91
Mazorcas podridas	2.95	1.97	2.46
No. mazorcas x 100 ptas.	96.64	87.80	92.22
Cobertura	2.90	13.06	7.89
Fusarium	14.00	0.81	7.41
Rendimiento (ton./ha.)	5.90	4.79	5.34

En los tratamientos, la producción de grano resultó estadísticamente significativo, tanto al cinco (5) como al uno (1) por ciento, al igual que acame de tallo, acame de raíz y significativos al cinco por ciento para fusarium, número de mazorcas por 100 plantas (prolificidad) y altura de mazorca.

En el cuadro 4.7, se concentran las medias de todas las variables evaluadas, con el fin de responder a las hipótesis planteadas inicialmente. El primer lugar es ocupado por el ciclo cuatro (C4) con un rendimiento de 5.9308 ton/ha, el segundo lugar con 5.8408 ton/ha lo presenta el ciclo tres (C3); las 5.7114 ton/ha son obtenidas por el ciclo dos (C2), el ciclo cero (C0) ocupa el cuarto lugar superando al ciclo uno (C1) que tiene un rendimiento de 5.1516 ton/ha.

Por otra parte, se comparan los valores del ciclo cuatro (C4) con el mejor testigo VAN 543 y más adelante se discutirá este mismo ciclo (C4) con respecto a la población original (C0). Las variables que resultaron estadísticamente diferentes son: fusarium, mala cobertura, mazorcas podridas, acame de tallo y raíz. La característica fusarium atacó en mayor proporción al testigo, presenta un 8.32 por ciento y un 5.69 por ciento el ciclo cuatro (C4), esto significa una reducción 2.63 por ciento. De la misma

Cuadro No. 4.7. Reporte de las medias de las características agronómicas evaluadas a través de localidades en Veracruz, 1995 B.

Tratamientos	Altura		Uniform.	Acame (%)		Mazorcas	No. maz.	Cobertura	Fusarium	Rdto.	
	Planta	Maz.	Mazorca	Raíz	Tallo	podridas (%)	x 100 ptas	(%)	(%)	(Ton./ha.)	
C0	204	110	3.20	8.10	23.84	3.07	86.72	8.25	5.89	5.6597	
C1	207	112	3.00	8.18	22.35	1.50	89.88	8.40	4.92	5.1516	
C2	211	116	3.30	10.21	20.30	2.13	101.65	7.04	6.63	5.7114	
C3	217	121	3.25	12.89	34.31	2.29	92.88	7.25	5.05	5.8408	
C4	210	112	2.95	9.36	19.30	2.08	95.41	4.30	5.69	5.9308	
VAN 542	209	117	3.55	8.62	16.16	2.84	88.09	9.75	7.82	4.2402	
VAN 543	217	124	3.10	10.60	22.88	2.95	94.02	6.70	8.32	5.2449	
Poblacion 22	217	116	3.00	16.44	19.50	2.73	89.11	8.25	7.39	5.0132	
Media	211.50	116.00	3.17	10.55	22.33	2.45	92.22	7.49	6.46	5.3491	
DMS	0.05	16.63	11.71	0.6501	0.7741	1.1629	0.4469	12.3037	0.6957	0.4801	0.8129
	0.01	21.85	15.39	0.8544	1.0174	1.5283	0.5874	16.0392	0.9144	0.6310	1.0683

manera, la mala cobertura es menor en un 2.4 por ciento, el número de mazorcas por 100 plantas fue casi similar, el ciclo cuatro (C4) presenta un 95.41 y el testigo un 94.02. El rendimiento no fue significativo entre estos dos tratamientos, pero existe una ganancia de 685.9 kg/ha, la cual es importante si se considera una mayor superficie sembrada. En otra característica como mazorcas podridas se presentó en 2.08 por ciento para el ciclo cuatro (C4) y 2.95 por ciento para la VAN 543, resultando un progreso a favor del ciclo cuatro (C4). El acame de tallo se redujo en 3.58 por ciento, el acame de raíz también se disminuyó en 1.24 por ciento, al igual que altura de planta y de mazorca en 7 y 12 cm respectivamente.

La interacción tratamiento por ambiente para los ciclos de selección y testigos fueron significativos solo al 7 por ciento y se muestran en el cuadro 4.8, claramente se aprecia que los valores reales de campo en la localidad de Rinconada son superiores a los reportados en Galván, esto quiere decir que existió interacción con el ambiente, de donde se deduce, que los ciclos no fueron estables para ambas localidades. Es aquí, la importancia de evaluar en varios ambientes, para concluir si existen materiales específicos o bien de amplio rango de adaptación.

Una de las características de mayor manifestación fue prolificidad con un 10.02 por ciento, lo cual equivale a un 2.5 por ciento/ciclo (cuadro 4.9). Otra característica importante que se redujo considerablemente y fue estadísticamente diferente, la cobertura con un menos 3.95 por ciento que significa 0.99 por ciento por ciclo. El acame de tallo también resultó estadísticamente diferente menos 4.54 por ciento. Las mazorcas podridas se mejoró en uno por ciento. Sin embargo una característica importante para la región como es altura de planta, se vio en aumento

Cuadro 4.8. Concentración de medias de rendimiento (ton/ha) obtenidas a partir de la interacción tratamiento x localidad a través de ambientes, Veracruz, 1995 B.

Tratamientos	Localidad		Media
	Rinconada	V. U. Galván	
C0	6.2570	5.0624	5.6597
C1	6.1424	4.1608	5.1516
C2	5.9871	5.4357	5.7114
C3	6.0472	5.6344	5.8408
C4	6.1686	5.6929	5.9308
VAN 542	5.0325	3.4479	4.2402
VAN 543	5.8660	4.6238	5.2449
Población 22	5.7310	4.2954	5.0132
Media	5.9040	4.7942	5.3491

2.94 por ciento que equivale a 6 cm y resultó no significativo; por lo tanto no es muy considerable, pero si se debe tomar en cuenta en próximos ciclos de selección. Por último, en el rendimiento existió un progreso genético de 4.79 por ciento.

Con respecto a los coeficientes de variación se puede observar que la mayoría de las variables que fueron transformadas por medio de raíz cuadrada arrojaron los porcentajes más altos, sin embargo, se consideran valores aceptables.

Cuadro 4.9. Ganancias genéticas expresadas en por ciento en relación a la población original (Co), con respecto al ciclo cuatro (C4) en la población 24, a través de hermanos completos con pedigrí, Veracruz, 1995 B.

Característica	Media Co	Media C4	Ganancia (%)
Altura de planta (cm)	204.00	210.00	2.94
Uniformidad de mazorca	3.20	2.95	7.81
Acame de raíz	8.10	9.36	1.26
Acame de tallo	23.84	19.30	-4.54
Mazorcas podridas	3.07	2.08	-1.00
No. mazorcas x 100 ptas.	86.72	95.41	10.02
Cobertura	8.25	4.30	-3.95
Fusarium	5.89	5.69	-0.20
Rendimiento (ton./ha.)	5.6597	5.9308	4.79

El cuadro 4.10, muestra como las ganancias esperadas son superiores al progreso genético realizado, además existe un respuesta casi regular en cada predicción, arrojando un promedio de 5.34 por ciento, siendo un 2.19 por ciento el obtenido por regresión.

Cuadro 4.10. Concentración de las ganancias genéticas esperadas y realizadas, así como el coeficiente de variación genética.

Ciclos	C.V.G.		Ganancia esperada		Ganancia realizada	
	(%)		Ton./ha	(%)	Ton./ha	(%)
C0	---		-----	-----	5.6597	-----
C1	9.27		0.312	5.89	5.1516	- 8.98
C2	8.01		0.152	2.13	5.7114	0.91
C3	10.38		0.433	7.40	5.8408	3.20
C4	7.64		0.442	5.94	5.9308	4.79

C1 = CVG estimado por Martínez (1986).

C2 = CVG estimado por Gastelum (1987).

C3 = CVG estimado por Mariaca (1991).

C4 = CVG estimado por García (1992).

En cuanto al coeficiente de variación genética (CVG) los números son uniformes, existe una ligera baja en el ciclo cuatro (C4), pero estadísticamente no son significativos, por lo tanto la variación genética de la población se mantiene para seguir siendo explotada en próximos ciclos de selección.

En el cuadro 4.11, se menciona el rendimiento teórico estimado por regresión (b) de los cinco ciclos de selección. La ganancia promedio para rendimiento fue de 123.10 kg/ha/ciclo que equivale a un 2.18 por ciento, para prolificidad resultó un b de 2.04 que representa un progreso de 2.35 por ciento. Para poder responder a la hipótesis número dos, que dice que el método de selección recurrente de hermanos completos con pedigrí es eficaz para aumentar la cantidad de genes favorables, fue necesario aplicar una evaluación de tendencia (ajuste polinomial).

Cuadro 4.11. Concentración de las ganancias teóricas promedio obtenidas a través de regresión lineal.

Característica	Ganancia (b)
Rendimiento	123.100
Acame de raíz (%)	0.094
Mazorcas podridas (%)	-0.021
Altura de planta	2.200
No. mazorcas X 100 ptas.	2.040
Mala cobertura (%)	-0.134
Fusarium (%)	-0.004
Uniformidad de mazorca	-0.025

Para este caso, el rendimiento teórico obtenido a través del efecto cúbico se considera confiable, ya que resulta una R^2 de 0.86, el cual es aceptable. El efecto más próximo es un molde de los valores del rendimiento real con una R^2 de 1.0. Sin embargo los estadísticos mencionan que el modelo estadístico más adecuado o confiable para predecir los rendimientos en próximos ciclos de selección

cuadro No. 4.12. Respuestas observada del rendimiento de los cinco ciclos de selección comparados con los rendimientos teóricos.

Ciclos	Rendimiento Real	Efecto Lineal	Efecto Cuadrático	Efecto Cúbico	Efecto Cuártico
0	5.6600	5.4128	5.5224	5.6331	5.6600
1	5.1520	5.5359	5.4813	5.2597	5.1520
2	5.7110	5.6590	5.5500	5.5491	5.7104
3	5.8410	5.7821	5.7285	5.9475	5.8376
4	5.9310	5.9052	6.0168	5.9011	5.9200
R^2		0.4130	0.5276	0.8616	1.0000

R^2 = coeficiente de determinación.

Las siguientes fórmulas son las ecuaciones de predicción de los rendimientos teóricos:

regresión lineal $Y = 5.4128 + 0.1231 (xi)$

efecto cuadrático $Y = 5.2424 - 0.0960 (xi) + 0.0549 (xi)^2$

efecto cúbico $Y = 5.6331 - 0.8894 (xi) + 0.6083 (xi)^2 - 0.0923 (xi)^3$

efecto cuártico $Y = 5.6600 - 2.0114 (xi) + 2.1455 (xi)^2 - 0.7206 (xi)^3 + 0.0785 (xi)^4$

es el cúbico; en la figura No. 4.1, se observa, que de acuerdo a la ecuación y considerando la información de la figura, es claro que el rendimiento se incrementa conforme avanzan los ciclos, razón por lo cual hasta el momento se acepta dicha hipótesis. Por lo tanto, se asevera que todavía existe variabilidad genética en la población y que el método de mejoramiento ha sido adecuado.

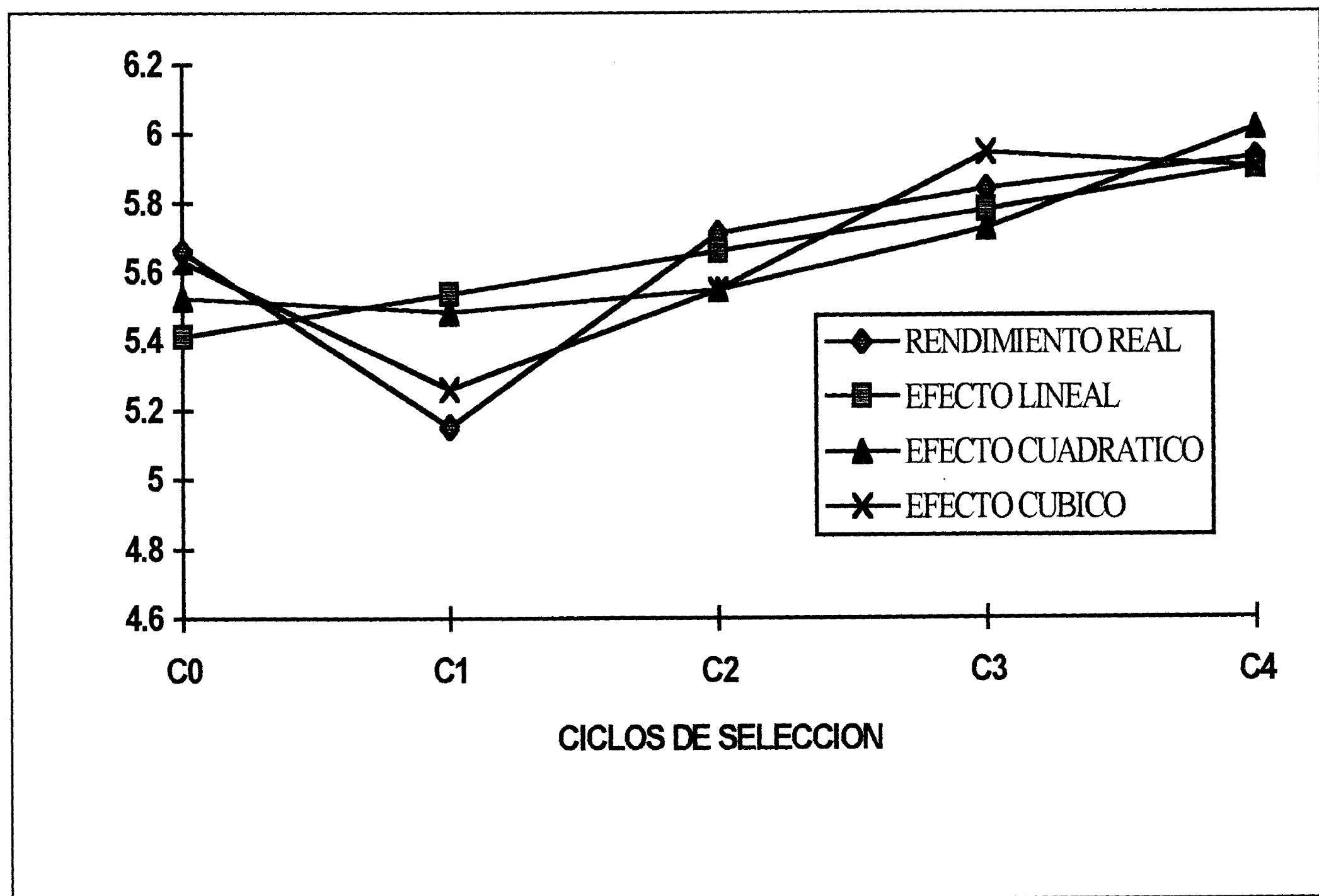


Fig. No. 4.1. Respuesta genética real comparada con los rendimientos teóricos.

DISCUSION

La primer hipótesis postula que los ciclos mejorados muestran un avance genético superior al ciclo cero, entonces el objetivo, es determinar el progreso genético del pool 24 en las diferentes variables evaluadas.

La importancia de que el fitomejorador inicie de poblaciones mejoradas, es asegurar el éxito en un programa de mejoramiento, ya que está totalmente demostrado que las líneas seleccionadas a partir de poblaciones mejoradas producen mejores híbridos que las derivadas en poblaciones originales (Rusell y Eberhart, 1975).

Para cumplir con los objetivos fue necesario probar a través de diez repeticiones, en dos ambientes y bajo un análisis de varianza bloques al azar.

En el cuadro 4.1 se observó diferencias significativas y altamente significativa en las diferentes características para la localidad de Villa Ursulo Galván, lo que hace pensar que existe una respuesta diferente entre los ciclos y testigos. Al analizar las medias de

rendimiento y demás características (cuadro 4.2) se aprecia como la producción de grano presenta un incremento conforme avanzan los ciclos, a excepción del ciclo uno, de acuerdo con Allard (1978) menciona diferentes tipos de respuesta y alguna dice que inicialmente puede existir una respuesta nula seguida de una respuesta favorable. Chávez (1995) menciona que la respuesta en los primeros ciclos de selección suele ser nula o una ganancia muy pequeña, principalmente si se trata de caracteres de tipo cuantitativo como lo es el rendimiento.

A pesar de encontrar diferencias significativas en rendimiento, el C₀, C₂, C₃, y el C₄, pertenecen al mismo grupo, lo que significa que las diferencias en rendimiento entre ciclos no fueron de tal magnitud que pudieran repercutir en esta clasificación. En estos resultados se puede observar que el ciclo cuatro (C₄) supera numéricamente al ciclo cero (C₀) por 630.5 kg/ha; lo cual significa un progreso genético de 12.45 por ciento de incremento en comparación al ciclo cero (C₀), la prolificidad se incrementó en 19.27 por ciento, razón por la cual en el rendimiento existió también ese incremento; por su parte Oyervides (1986) reporta que el rendimiento se puede incrementar en forma significativa si al menos la prolificidad supera al 25 por ciento, otros autores reportados por Márquez (1992) mencionan que en el maíz

existe un carácter estrictamente ligado al rendimiento, la prolificidad o número de mazorcas por planta, con el que se ha conseguido incrementar la producción por unidad de superficie ya que estas variables se encuentran altamente correlacionadas, razón por la cual se le ha dado gran importancia para seleccionar hacia este carácter, Lonquist (1967), Shauman y Gardner (1970), Torregrosa y Arias (1970), Robinson *et al.* (1951) y Goodman (1965).

Como se mencionó anteriormente en los resultados, el ciclo cuatro muestra un buen potencial de rendimiento superando a la VAN 543 que fue el mejor testigo, con 1.069 toneladas por hectárea, esta producción del ciclo cuatro refleja la importancia de estar mejorando constantemente algún material que venga a sustituir a otro que se cultive actualmente en la región. En la característica acame de tallo, existe una reducción favorable de 2.61 por ciento a favor del ciclo cuatro (C4) comparado con el ciclo cero (C0); en mazorcas podridas existió una ligera disminución de 0.56 por ciento, la mala cobertura se redujo en 6.24 por ciento, (cuadro 4.2).

Los análisis de varianza individual para la localidad de Rinconada (cuadro 4.3) mostró uniformidad en la mayoría de las variables, por su parte, Hallauer y Miranda (1981) reportan, que en los primeros ciclos de

selección, es cuando resulta la mayor ganancia genética, sin embargo, en esta localidad no fue así, resultando no significativo la variable rendimiento, pudiera ser que el ambiente al que se han sometido los afectó en la misma intensidad. Por otra parte, no hay que olvidar que las características cuantitativas son afectadas fuertemente por el medio ambiente, De León (1996), Chávez (1995) y Márquez (1992).

Para analizar algunas variables que resultaron significativas en esta localidad se muestra el cuadro 4.4, donde se observa que existe una reducción en fusarium, mala cobertura, mazorcas podridas y acame de tallo con respecto al ciclo cero, dichas características son de gran importancia para la región bajo estudio, ya que sin duda son variables que repercuten drásticamente en el rendimiento, por lo que se deben tomar en cuenta en los próximos ciclos de selección. Con respecto, a la altura de planta y mazorca existió un incremento no significativo, sin embargo, estas variables son de alta heredabilidad y por lo tanto se debe tener cuidado al momento de la selección de las familias (Hallauer y Miranda, 1981). En cuanto a la comparación del mejor testigo (VAN 543), con el ciclo cuatro (C4) que resultó mejor, en mala cobertura, fusarium, acame de tallo y raíz, ya que se redujeron considerablemente, por lo tanto, dichas características

son importantes a seleccionar, ya que representan un serio problema para los genotipos de la región, dadas las condiciones de vientos fuertes, temperaturas altas, humedad permanente todo el año.

Al revisar el análisis de varianza combinado, se detecta que la mayoría de las variables son estadísticamente diferente, lo que propone que existe un comportamiento diferente entre los ciclos. Para la fuente de variación localidad era lógico esperar esos resultados dadas las condiciones edáficas y climatológicas diferentes. Los bloques también resultaron significativos, por lo cual se justifica el presente diseño (cuadro 4.5). En el cuadro 4.6, se observa la superioridad de la localidad de Rinconada para rendimiento, no así para otras variables como altura de planta, fusarium, y mazorcas podridas, las cuales son características importantes dentro de un programa de mejoramiento.

Para responder las hipótesis planteadas inicialmente se analizan la concentración de medias de las diferentes variables (cuadro 4.7), donde el ciclo cuatro superó al mejor testigo VAN 543 por 685.9 kg/ha.

En todos los ciclos existe un progreso genético, a excepción del ciclo uno (C1) el cual no respondió a la

selección ejecutada, al respecto Chávez (1993) menciona que esta irregularidad de la respuesta se atribuye a errores de muestreo principalmente, cabe señalar, que debido a la poca semilla disponible, se realizó un incremento de los ciclos existiendo selección dentro de ellos, la cual no debería de existir, ya que algún ciclo se pudo haber beneficiado como es el ciclo cero (C₀), o bien afectado como es el ciclo uno (C₁). También pudo afectar el medio ambiente en la formación de los ciclos, el cual varía año con año pudiendo haber afectado en este caso al ciclo uno (C₁) durante su formación, siendo el único ciclo que se encuentra hasta por debajo de la media y superado por el testigo VAN 543, se puede observar que no existe una secuencia ascendente en cuanto a ganancia genética como se representa a través de la regresión lineal. Aunque la diferencia estadística no existe, se observa, que en cada ciclo avanzado se detecta una variedad sintética con atributos agronómicos superiores al ciclo anterior a excepción del C₁. Se distingue fácilmente que la VAN 543, que es el mejor testigo con 5.244 ton/ha es superado por el ciclo cuatro (C₄) con 5.930 ton/ha existiendo un excedente de 685.9 kg/ha a favor del ciclo de selección. Sin embargo, a pesar de existir una buena diferencia en rendimiento, la prueba del DMS clasifica estadísticamente al ciclo cero (C₀) junto con el mejor ciclo de selección (C₄), esto significa que la ganancia obtenida a través de los ciclos, no fue

suficientemente grande, tanto que el valor de la prueba mínima significativa es de 0.812 toneladas por hectárea al cinco por ciento, obteniendo tres grupos, por lo tanto existe una respuesta nula, la cual en ciclos posteriores puede existir respuesta rápida, según Allard (1978).

Las ganancias genéticas observadas, obtenidas en por ciento del ciclo cuatro (C4) con respecto a la población original (C0), fueron presentadas en el cuadro 4.9, con esta información se aprueban las hipótesis uno y tres, en que los ciclos avanzados mostraron un progreso genético, de tal manera que resultan variedades sintéticas cada vez superiores agronómicamente (Ortiz, 1993).

También se observó que a pesar de que la prolificidad presentó un buen progreso (10.02 por ciento), el rendimiento entre ciclos no fue significativo estadísticamente, por su parte Oyervides (1986) concluye que para que el rendimiento se incremente en forma significativa se requiere que la prolificidad sea mayor al 25 por ciento, esto significa que se necesitan aproximadamente de 10 a 12 ciclos de selección; por su parte Coors y Mardones (1989) reportan de 12 ciclos de selección un incremento promedio por ciclo de 2.4 y 3.3 por ciento bajo dos niveles de fertilización y dos densidades, resultados similares a los que aquí se mencionan. Pandey *et*

mencionan. Pandey et al. (1991) de cuatro ciclos de selección de medios hermanos reportan una ganancia de 5.6 por ciento en mazorcas por planta. La mala cobertura se redujo en 3.95 por ciento a través de los cuatro ciclos de selección, resultados muy favorables a lo reportado por Stromberg y Compton (1989), de 10 ciclos de selección de hermanos completos, mejoraron el 0.1 por ciento por ciclo. El acame de tallo se mejoró en 4.54 por ciento, Stromberg y Compton (1989) reportan un 2.8 por ciento por ciclo; De León y Pandey (1989) incrementan en 1.66 por ciento la resistencia a pudrición de tallo. En el rendimiento existió un avance genético de 4.79 por ciento, esta característica se vió fuertemente afectada por el rendimiento arrojado por el ciclo cero (Co), razón por la cual en próximas evaluaciones debe de existir un mayor número de ambientes. Existe un gran número de reportes en cuanto a avances genéticos por diferentes metodología; como los reportados por Tanner y Smith (1987) quienes obtuvieron 2.2 por ciento entre los ciclos cero y cuatro. Otros investigadores como Stromberg y Compton (1989) presentan un 1.2 por ciento promedio por ciclo por la metodología de hermanos completos en 10 ciclos de selección; por su parte Ceballos et al. (1994) con este último método arroja 4.21 por ciento en tres ciclos de selección, por lo que los resultados presentados en este experimento oscilan entre los reportados en la literatura.

En forma general, cabe señalar que existió una mejora genética en la mayoría de las características, y algunas están altamente correlacionadas con el rendimiento o bien indirectamente están contribuyendo a un incremento en la producción, situación que propicia que en ciclos posteriores se le de mas énfasis a estas variables.

Para cumplir con los objetivos, siempre es importante obtener mejora genética en cada ciclo de selección, aunque no sean muy significativos, teóricamente en el mejoramiento poblacional existe una acumulación de genes deseables en cada ciclo de selección. Por su parte, Márquez (1992) reporta que la respuesta esperada dependerá de cuantos ciclos de selección se hayan efectuados y como se han evaluados, pero si, se trata de pocos ciclos la respuesta por ciclo es menos confiable que cuando se evalúan varios ciclos. Sin embargo, algunos mejoradores reportan ganancias de una tonelada por hectárea en cada ciclo de selección, si esto sucediera en todas las poblaciones mejoradas, aun partiendo de una población original que inicialmente rinda 1000 kg/ha en 20 ciclos de selección o más como lo reportan en la literatura, actualmente existieran materiales en el mercado, ya no de 20 ton/ha simplemente con una media de 10 a 12 ton/ha para cada zona.

Antes de pasar con los resultados reportados por los formadores de los presentes ciclos de selección (cuadro 4.10), es necesario señalar que para obtener las ganancias por ciclo de selección para rendimiento, se realizó en base a la fórmula de predicción para la metodología de hermanos completos, sin duda una de las mejores contribuciones del estudio de los componentes de la varianza genética de una población, Hallauer y Miranda (1981) describe una serie de fórmulas para calcular el progreso genético a través de diferentes estructuras familiares; aclarando que mediante este método no se conoce el valor real de los componentes genéticos (varianza aditiva y varianza de dominancia), para obtener dicha información es necesario aplicar los diseños genético de Carolina del Norte propuestos por Comstock y Robinson (1948).

Estos resultados se justifican, debido a que en las predicciones el diferencial de selección es tomado de la media de la población menos la media de los seleccionados y a medida que esta se incrementa también sucede en la ganancia predicha, pudiendo haber afectado o beneficiado algunos ciclos. Por otra parte las ganancias realizadas muestran un ascenso importante con respecto al ciclo cero (C₀), a excepción del ciclo uno (C₁) que pudo ser afectado en gran medida por el ataque de plagas y/o enfermedades u otro factor que indirectamente afectó la producción de este

ciclo, para tal caso Pandey *et al.* (1982) indican que el número de ambientes es un factor importante en la reducción de la varianza fenotípica, ya que se tiene una estimación más precisa de la varianza genética, además al dividir la varianza del error entre repeticiones y localidades, y la varianza genética entre localidades lógicamente se disminuye la varianza fenotípica, permitiendo un aumento en la heredabilidad del carácter en cuestión, así mismo la ganancia genética por ciclo. Por su parte, Márquez (1992) menciona que el diseño experimental utilizado en el análisis parece ser que también influye en el tamaño de la varianza fenotípica y se refiere a los látices que han resultado muy efectivos para eliminar algo de variación. Al respecto, Paterniani (1967) evaluó tres ciclos de selección de medios hermanos, determinando un coeficiente de variación genética (CVG) de 15.30 por ciento para la población original y 7.10 por ciento para el ciclo tres (C3), valor similar al obtenido en el ciclo cuatro (C4) bajo esta estructura familiar. Pero sin duda alguna es necesario realizar un plan de cruzamientos donde se pueda aplicar los diseños genéticos para obtener resultados más precisos y confiables en cuanto a parámetros genéticos

Es muy discutido por los estadísticos, Ostle (1983), Steel y Torrie (1986), entre otros, que hacer después del análisis de varianza y si se obtiene diferencia

significativa para tratamientos que es lo procedente, se menciona que se realicen contrastes ortogonales y/o alguna prueba de rango múltiple si los tratamiento son de tipo cualitativo, y si es un factor cuantitativo, como en este caso el rendimiento se está interesado en investigar como la variable de respuesta varía a medida que el factor en estudio cambia, entonces se aplica una regresión polinomial. Por lo anterior es de utilidad práctica los polinomios ortogonales para determinar el modelo al cual los valores observados se ajustan y el coeficiente de determinación (R^2) nos indica que tanto es confiable dicho modelo.

CONCLUSIONES

En general se obtuvo una buena ganancia genética en la mayoría de las variables, el rendimiento se incrementó 4.79 por ciento y la prolificidad se aumentó en 10.02 por ciento. Otras características como acame de tallo se redujo en 4.54 por ciento, número de mazorcas podridas de disminuyó en 1 por ciento, mala cobertura se redujo en 3.95 por ciento y fusarium se disminuyó en 0.20 por ciento en relación al ciclo C4.

El método de selección recurrente de hermanos completos con pedigrí ha sido eficiente, ya que la dispersión de los datos reales muestran un ascenso conforme avanzan los ciclos de selección y la repuesta reflejada hasta este ciclo (C4) se considera buena.

RESUMEN

Para lograr la finalidad del presente trabajo fue necesario evaluar en 10 repeticiones, dos localidades, y bajo un diseño bloques al azar, en el estado de Veracruz, y además fue necesario aplicar regresión lineal para obtener la ganancia promedio por ciclo, de tal manera que los resultados arrojados tienen una buena confiabilidad. Se sometieron a evaluación cuatro ciclos de selección obtenidos a través de selección recurrente de hermanos completos con pedigrí derivados de la población 24. Fue necesario aplicar regresión lineal para obtener la ganancia genética promedio por ciclo.

Los objetivos del trabajo fueron: evaluar los ciclos de selección para determinar el progreso genético de la población 24, determinar si el método de mejoramiento hermanos completos con pedigrí es eficiente en la acumulación de genes favorables y desarrollar variedades sintéticas con adaptación al trópico húmedo mexicano.

Los resultados obtenidos son buenos, encontrando un aumento de 4.79 por ciento en rendimiento, un incremento en la prolificidad de 10.02 por ciento, una disminución del

acame de tallo de 4.54 por ciento, el número de mazorcas podridas se disminuyó 1 por ciento, y la mala cobertura se redujo en 3.95 por ciento, dichas variables permiten obtener un sintético con atributos agronómicos superiores a la población original y a los testigos. La ganancia teórica a través de regresión lineal fue de 123.1 kg/ha que significan un 2.18 por ciento.

LITERATURA CITADA

- Allard, R. W. 1978. Principios de la Mejora Genética de las Plantas. Ed. Omega. Barcelona, España. Pp. 194-209.
- Brewbaker, J. L. 1985. The Tropical Environment for Maize Cultivation. Breeding Strategies for Maize Production Improvement in the Tropics. A. Brandolini y F. Salamini. Ed. FAO. Roma, Italia.
- Castillo G. R. A; Aguilar C. G. y López P. E. 1990. Comparación de dos Métodos de Selección Recurrente en Maíz. Revista Fitotecnia Mexicana. Chapingo, México. 13:11-12.
- Castro, G. M. y Rodríguez, H. S. 1979. Estudio Preliminar del Potencial de Plantas de Maíz con Tallos Gemelos. Revista de Fitotecnia. Chapingo, México. Pp. 39-49.
- Ceballos H; S. Pandey, E.B. Knapp y J.V.Duque. 1994. Tolerancia a Suelos Acidos en Poblaciones Tropicales de Maíz del CIMMYT. Agronomía Mesoamericana. Costa Rica. 5:96-103
- Celis, A. H. G. 1983. Metodología de Investigación en Maíz. Centro de Investigación Agrícola de la Mesa central, México. Pp. 10-13.
- Chávez, A. J. L. 1995. Apuntes de Mejoramiento de Plantas I. Maestría. UAAAN. Saltillo, Coahuila.
- Chávez, A. J. L. y E. López P. 1987. Apuntes de Mejoramiento de Plantas II. UAAAN. Saltillo, México. Pp. 18-22.
- Compton, W. A. and J. H. Lonquist. 1982. A Multiplicative Selection Index Applied to Four Cycles of Full-sib Recurrent Selection in Maize. Crop Sci. U.S.A. 22(5):981- 983.
- Comstock, R. E. and H. F. Robinson. 1948. The Components of Genetic Variance in Populations of Biparental Progenies and their use in Estimating the Average Degree of Dominance. Biometrics. U.S.A. 4:254-266.

- Coors, J. G. 1988. Response to Four Cycles of Combined Half-Sib and S₁ Family Selection in Maize. *Crop Sci. U.S.A.* 28(6):891-896.
- Coors, J. G. and Mardones M. C. 1989. Twelve Cycles of Mass Selection For Prolificasy in Maize . Direct and Correlated Responses. *Crop Sci. U.S.A.* 29:262-266.
- Edmeades, G. O; Bolaños, J; Laffitte, H. R; Rajaran, S; Pfeiffer, W, and A. Fischer R. 1989. Traditional Approaches to Breeding for Drought Resistance in Cereals. Ed. F. W. G. Baker. *Drought Resistance in Cereals - Theory and Practices.* ICSU Press. Paris, Francia.
- Eilert, H. G. 1985. *Genética Cuantitativa II. Selección.* Ed. Pugliese Siena S.R.L. Córdoba, República de Argentina. Pp. 110-170.
- Eyherabide, G. H. and Hallauer, A. R. 1991. Reciprocal Full-Sib Recurrent Selection in Maize. I. Direct and Indirect Responses. *Crop Sci. U.S.A.* 31 (4): 952-959.
- Fischer K. S; E. C. Johnson y G. O. Edmeades. 1984. Mejoramiento y Selección de Maíz Tropical Para Incrementar su Resistencia a la Sequía. CIMMYT. El Batán, México. Pp. 1-20.
- García, B. F. 1989. Efectividad de la Selección Recurrente de Familias de Medios Hermanos y Hermanos Completos en la Población Superenana de Maíz (*Zea mays* L.) Lucio Blanco Mejorado. Tesis de Maestría. UAAAN. Saltillo, Coah; México. Pp. 139.
- García, H. J. C. 1992. Selección Recurrente de Hermanos Completos con Pedigrí. Evaluación del Cuarto Ciclo en la Población de Maíz Tropical Complejo-24. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coah, México.
- Gardner, C. O. 1961. An Evaluation of Effects of Mass Selection and Seed Irradiation with Terminal Neutrons on Yield of Corn. *Crop sci. U.S.A.* 1:241-245.
- Gastelum, S. G. 1987. Selección Recurrente de Hermanos Completos en la Población de Maíz Tropical Complejo-24. Obtención del C₂ en la Modificación del Pedigrí. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coah, México.
- Gómez, G; J. R; H. De León C. y S. A. Rodríguez H. 1986. Selección Recurrente de Hermanos Completos con pedigree. XI Congreso Nacional de Fitogenética. Guadalajara, México.

- Goodman, M.M. 1965. Estimates of Genetic Variance in Adapted and Exotic Populations of Maize. *Crop sci. U.S.A.* 1:55-58.
- Grogan, C. O. and E. E. Rosenkranz. 1968. Genetics of Host Reaction to Corn Stunt Virus. *U.S.A. Crop sci. U.S.A.* 8:251-254.
- Gutiérrez, S. J. R. y Luna F.M. 1989. Selección Para Resistencia a Sequía en un Compuesto de Maíz en Zacatecas. *Revista Fitotecnia Mexicana.* Chapingo, México. 12:94-104.
- Hallauer, A. R. And J. B. Miranda. 1981. *Quantitative Genetics in Maize Breeding.* Iowa State University. Press/Ames. U.S.A.
- Lastra, G. E. G. 1984. Formación del Quinto Ciclo de Selección Recurrente Hacia Alta Frecuencia de Semilla con Doble Embrión en Maíz. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila.
- León, C. H. De. 1987. Selección Recurrente de Familias de Hermanos Completos con Pedigrí en Maíz. Tesis de Maestría. UAAAN. Saltillo, Coah. Méx.
- León, C. H. De. 1996. Apuntes de Teoría sobre Métodos de Mejoramiento. Maestría de Postgrado. UAAAN. Saltillo, Coahuila.
- León, C. De. and Pandey S. 1989. Improvement of Resistance to Ear and Stalk Rots and Agronomic Traits in Tropical Maize Gene Pools. *Crop sci. U.S.A.* 29:12-17.
- Lonnquist, J. H. 1964. A Modification of the Ear-To-Row Procedure for the Improvement of Maize Production. *Crop sci. U.S.A.* 4:227-228.
- Lonnquist, J. H. 1967. Mass Selection for Prolificacy in Maize. *Der Zuchter.* *Crop sci. U.S.A.* 37:185-188.
- Mariaca, P. J. M. F. 1991. Eficiencia de la Selección Recurrente de Familias de Hermanos Completos con Pedigrí. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coah. México.
- Márquez S. F. 1980. Sistemas de Selección Combinada, Familiar e Individual en el Mejoramiento Genético del Maíz. *Revista de la Sociedad Mexicana de Fitogenética.* Colegio de Postgraduados Chapingo, México.

- _____. 1992. Genotecnia Vegetal. Métodos Teoría y Resultados. Tomo II. AGT Editor S.A. México, D.F. Pp. 153-212.
- Martínez, H. L. 1986. Selección Recurrente de Hermanos Completos en la Población de Maíz Tropical Complejo-24. Estimación de Parámetros Genéticos. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coah. México.
- Mather, K. 1949. Biometrics Genetics. 1st Edn. Methuen, London.
- Moll H.R. 1991. Sixteen Cycles of Recurrent Full-sib Family Selection For Grain Weight in Two Maize Populations. Crop sci. U.S.A. 31:959-964.
- Odhiambo, M. O. and W. A. Compton. 1989. Five Cycles of Replicated S_1 vs Reciprocal Full-Sib Index Selection in Maize. Crop Sci. U.S.A. 29:314-319.
- Ortiz, C. J. 1993. El Fitomejoramiento como Disciplina Científica. Ciencia. Revista de la Academia de la Investigación Científica. México. Vol. 44. Pp. 85-94.
- Ortiz, R. J; F. Navarro y R. Celado. 1992. Mejoramiento Genético del Ciclo 5 de la Población 36 para Resistencia al Achaparramiento. En Síntesis de Resultados Experimentales del PRM. Guatemala. 4:79-81.
- Ostle, B. 1983. Estadística Aplicada. Ed. Limusa. Oct. Edición. México. Pp. 475-504.
- Oyervides, G. A. 1986. Estudio de la Importancia Económica de Tres Caracteres Morfológicos del Maíz. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Pandey, S; K. Vasal S; C. De León; A. Ortega; y G. Granados E. 1982. Desarrollo y Mejoramiento de Poblaciones de Maíz. Trabajo Presentado en la X Reunión de Maiceros de la Zona Andina. Santa Cruz, Bolivia.
- Pandey, S; Vasal, S. K. and Deutsch, J. A. 1991. Performance of Open Pollinated Maize Cultivars Selected from Tropical Maize Populations. Crop sci. U.S.A. 31(2): 785-790.
- Paterniani, E. 1967. Selection Among and Within Half-Sib Families in a Brazilian Population of Maize. Crop sci. U.S.A. 7:212-216.
- Pixley, A. L; C. Calderón, C. Salas y K. Jiménez. 1993. Evaluación del Quinto Ciclo de Selección Recurrente en

dos Poblaciones de Maíz para Tolerancia a Pudrición de Mazorca. Publicado en Síntesis de Resultados Experimentales del PRM. Costa Rica. Vol. (4) Pp. 85-88.

Rogríguez, H. S; Castro, G. M. y Gómez, G. J. 1980. Avances en el Mejoramiento de Semilla con Doble Embrión y su Utilización. SOMEFI. UAAAN. Saltillo, Coahuila.

Robinson, H.F; Comstock and P.H. Harvey. 1951. Genotype and Phenotypic Correlations in Corn and their Implications in Selection. Agron. J. U.S.A. 43:282-287.

Ron P.J. Ramírez D.J.L. , Delgado M.H. y Maya L.J.B. 1993. Selección Recurrente en Líneas S1 de dos Poblaciones de Maíz. Revista Fitotecnia Mexicana. Chapingo. México. 16:43-46.

Russell, W. A. and S. A. Eberhart. 1975. Hybrid Performance of Selected Maize Lines from Reciprocal Recurrent and Testcross Selection Programs. Crop Sci. U.S.A. 15:1-4.

Schnicker, B. J. and Lamkey, K. R. 1993. Interpopulation genetic Variance after Reciprocal Recurrent Selection in BSSS and BSCBI Maize Populations. Crop Sci. U.S.A. 33 (1):90-95.

Shauman, W. And O. Gardner C. 1970. Effects of Mass Selection in Three Population of an Open-Pollinated Variety of Corn. ASA. Agron. Abstr. Tucson, Arizona. Pp. 19-20.

Steel, R. G. D. Y H. Torrie J. 1986. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2ª Edición. Ed. McGraw-Hill México. Pp. 392-424.

Stromberg L.D. and W.A. Compton. 1989. Ten Cycles of Full-Sib Selection In Maize. Crop sci. U.S.A. 29:1170-1172.

Tanner A.H. and O. S. Smith. 1987. Comparisom of Half-sib and S₁ Recurrent Selection in the Crop Krug Yellow Dent Maize Populations. Crop sci. U.S.A. 27:509-513.

Torregrosa, C. M.y E. Arias. 1970. Selección Masal para Prolificidad en la Variedad de Maíz ICAV 552. Fit. Lat. México. 7:55-70.