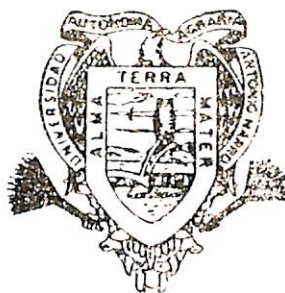


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

PROGRAMA DE GRADUADOS



ESTIMACION DE PARAMETROS GENETICOS
EN UN SINTETICO DE MAIZ DEL TROPICO
SECO MEXICANO

ISIDRO ALVAREZ GARZA

TESIS

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

BUENAVISTA, SALTILLO, COAH.

1984

ESTIMACION DE PARAMETROS GENETICOS EN UN
SINTETICO DE MAIZ DEL TROPICO SECO MEXI-
CANO.

ISIDRO ALVAREZ GARZA

T E S I S

Presentada como requisito parcial
para obtener el grado de

Maestro en Ciencias
Especialidad de Fitomejoramiento

Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Nárro"

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenvista, Saltillo, Coah.
Junio de 1984

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

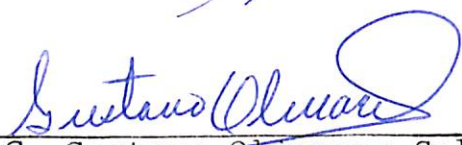
MAESTRO EN CIENCIAS, ESPECIALIDAD DE FITOMEJORAMIENTO

COMITE PARTICULAR

Asesor principal:

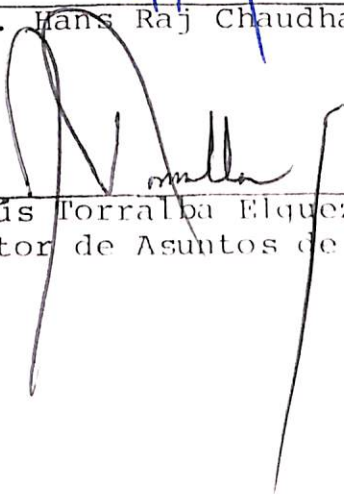

Dr. Eleuterio López Pérez

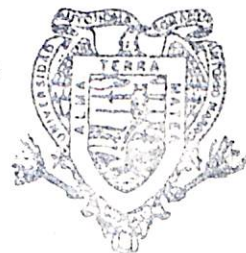
Asesor:


Ing. M.C. Gustavo Olivares Salazar

Asesor:


Dr. Hans Raj Chaudhary


Dr. Jesús Torralba Elquezabal
Subdirector de Asuntos de Postgrado



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

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Junio de 1984.

In Memoriam

A la memoria de aquellos que perdieron la vida, teniendo un noble propósito dejando amplia huella por su fecundo trabajo.

DR. MARIO E. CASTRO GIL
ING. GONZALO OLIVARES OLIVARES
ING. LUIS CEPEDA SOLIS

Inolvidables, gracias por sus enseñanzas y consejos.

C O N T E N I D O

	Pág.
AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	iii
INDICE DE CUADROS	iv
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
1. Estimación de varianzas genéticas.....	3
III. MATERIALES Y METODOS.....	18
-- Análisis estadístico.....	24
-- Análisis de varianza y covarianza.....	25
IV. RESULTADOS.....	45
V. DISCUSION.....	83
VI. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	93
VII. LITERATURA CITADA.....	95

A G R A D E C I M I E N T O

Al Dr. Eleuterio López Pérez, por su acertada dirección, revisión y corrección del presente estudio, así como por su constante orientación, motivación y valiosas enseñanzas impartidas en el transcurso de mis estudios.

Al Dr. Hans Raj Chaudhary e Inq. M.C. Gustavo Olivares - Salazar, por su valiosa participación en la revisión y corrección del presente trabajo, así como por su desinteresada motivación y orientación durante toda mi actividad profesional.

A los Ingenieros Gonzalo Olivares Olivares (†), José Gadalupe Rodríguez V., José Rafael Gómez G. y Jesús Arreola G. cuya participación fue determinante para la realización del presente estudio.

A los compañeros de la Especialidad de Fitomejoramiento, en especial a Enrique J. Varela G., Carlos Ramírez M., Samuel Aran da L., Edgar Guzmán M. y Jesús Salmerón E. por su desinteresado -- apoyo y motivación durante mis estudios.

A mis Maestros por los conocimientos adquiridos, en especial a los Ingenieros Luis Cepeda Solís (†), Regino Morones R. y al Dr. Hernán Cortez M.

A la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" por otorgarme la beca para la realización de mi programa de estudios.

A todo el personal del Instituto Mexicano del Maíz, cuyo constante apoyo y motivación fue determinante en la realización del presente trabajo.

Al Colegio de Postgraduados, Especialidad Fitomejoramiento por el adiestramiento recibido.

A la Srita. Alma R. Ortíz Gámez, por su paciencia y excelente transcripción del manuscrito.

D E D I C A T O R I A

A mi esposa CECILIA, con amor.

A mis hijos ISIDRO y ENRIQUE, con amor de padre.

A mis padres, ISIDRO y DOLORES con cariño,
respeto y admiración.

A mis Hermanos:

DORA LILIA

JOSE LUIS

ESTELA

con cariño de hermano.

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Componentes del análisis de varianza por localidad para 13 grupos y 2 densidades.	27
2	Componentes del análisis de varianza por densidad, para 13 grupos y 3 localidades.	31
3	Componentes del análisis de varianza combinado para 13 grupos, 3 localidades y 2 densidades.	32
4	Componentes del análisis de covarianza por localidades para cada una de las características (x) y rendimiento (y) para 13 grupos y 2 densidades.	41
5	Análisis de varianza, medias y coeficientes de variación de siete características de planta para -- las localidades de Río Bravo (L ₁), Torreón (L ₂) y Los Mochis (L ₃). 1981	47
6	Análisis de varianza, medias y coeficientes de variación de siete características de planta para -- las densidades alta (D ₁), baja (D ₂) e intermedia (D ₃). RB 1981A.	50
7	Análisis de varianza combinado, medias y coeficientes de variación de siete características de planta para 13 grupos, 2 densidades y 3 localidades. 1981	53
8	Análisis de varianza, medias y coeficientes de variación de siete características de mazorca para la localidad de Río Bravo, Tamps. 1981A.	56
9	Análisis de varianza, medias y coeficientes de variación de siete características de mazorca para -- las densidades alta (D ₁), baja (D ₂) e intermedia -- (D ₃) en RB 1981A.	58
10	Varianzas; aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$), de dominancia ($\hat{\sigma}_D^2$), aditiva x densidad ($\hat{\sigma}_{AD}^2$), dominancia x densidad ($\hat{\sigma}_{DD}^2$) y heredabilidad en sentido estrecho (h^2) en base a la media de una entrada y la relación de varianza aditiva a dominancia ($\hat{\sigma}_A^2/\hat{\sigma}_D^2$) de 17 características para la localidad de Río Bravo, Tamps. 1981 Ciclo A.	61
11	Estimación de componentes de varianza; aditiva -- ($\hat{\sigma}_A^2$), de dominancia ($\hat{\sigma}_D^2$), aditiva x densidad ($\hat{\sigma}_{AD}^2$), dominancia x densidad ($\hat{\sigma}_{DD}^2$) y heredabilidad en sentido estrecho (h^2) en base a la media de una entrada y la relación de varianza aditiva a dominancia -- ($\hat{\sigma}_A^2/\hat{\sigma}_D^2$) para 10 características de planta en Torreón, Coah. 1981 Ciclo Primavera-Verano.	63

- 12 Varianzas; aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$), de dominancia ($\hat{\sigma}_D^2$), aditiva x densidad ($\hat{\sigma}_{AD}^2$), dominancia x densidad ($\hat{\sigma}_{DD}^2$) y heredabilidad en sentido estrecho (h^2) en base a la media de una entrada y la relación de varianza aditiva a dominancia ($\hat{\sigma}_A^2/\hat{\sigma}_D^2$) para 10 características de planta en la localidad de Los Mochis, Sin. 1981 Ciclo Primavera. 64
- 13 Estimación de varianzas; aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$), de dominancia ($\hat{\sigma}_D^2$), sus interacciones con densidades ($\hat{\sigma}_{AD}^2, \hat{\sigma}_{DD}^2$) y localidades ($\hat{\sigma}_{AL}^2, \hat{\sigma}_{DL}^2, \hat{\sigma}_{ALD}^2, \hat{\sigma}_{DLD}^2$) heredabilidad en sentido estrecho (h^2) en base a la media de una entrada y la relación de varianza aditiva a dominancia ($\hat{\sigma}_A^2/\hat{\sigma}_D^2$) para 10 características de planta en base al análisis de varianza combinado. Durante 1981. 66
- 14 Varianzas; aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$), de dominancia ($\hat{\sigma}_D^2$), aditiva x localidad ($\hat{\sigma}_{AL}^2$), dominancia x localidad ($\hat{\sigma}_{DL}^2$) y heredabilidad en sentido estrecho (h^2) en base a la media de una entrada y la relación de varianza aditiva a dominancia ($\hat{\sigma}_A^2/\hat{\sigma}_D^2$) de 10 características de planta para las densidades; alta (D_1), baja (D_2) e intermedia (D_3). 68
- 15 Varianzas; aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$), de dominancia ($\hat{\sigma}_D^2$) y heredabilidad en sentido estrecho (h^2) en base a la media de una entrada y la relación de varianza aditiva a dominancia ($\hat{\sigma}_A^2/\hat{\sigma}_D^2$) para 7 características de mazorca en las densidades; alta (D_1), baja (D_2) e intermedia (D_3) en la localidad de Río Bravo, Tamps. 1981 Ciclo A. 70
- 16 Correlaciones; genética aditiva, genética y fenotípica entre rendimiento y 9 características de planta para los experimentos realizados en las localidades de Río Bravo, Tamps. (L_1), Torreón, Coah. (L_2) y Los Mochis, Sin. (L_3). Durante 1981. 73
- 17 Correlaciones; genética aditiva, genética y fenotípica para el análisis combinado a través de 3 localidades y 2 densidades de los experimentos desarrollados durante 1981. 74
- 18 Correlaciones; genética aditiva, genética y fenotípica entre rendimiento y 16 características (9 de planta y 7 de mazorca) en 3 densidades; alta (D_1), baja (D_2) e intermedia (D_3) a través de localidades durante 1981. 75
- 19 Correlaciones; genética aditiva, genética y fenotípica entre rendimiento y 7 características de mazorca del experimento desarrollado en Río Bravo, Tamps. 1981 Ciclo A. 78

Cuadro		Pág.
20	Coeficientes de variación genética estimados en 3 localidades, 3 densidades y combinado para 10 características de planta. Durante 1981.	79
21	Coeficiente de variación genética para el combinado y sus 3 densidades para 7 características de mazorca en Río Bravo, Tamps. 1981A.	81
22	Ganancia esperada por ciclo y año mediante selección recurrente de hermanos completos (HC) y líneas S ₁ para la característica rendimiento, asumiento; dos y cuatro generaciones por ciclo, respectivamente.	82

I. INTRODUCCION

El estimar la magnitud de la variabilidad genética que muestren los diferentes caracteres cuantitativos en cualquier especie ya sea vegetal o animal, es de gran importancia para iniciar el mejoramiento genético de los mismos, ya que la respuesta a la selección que se realice para algún carácter depende en primera instancia de dicho valor, así como de su heredabilidad y -- por supuesto de la frecuencia de genes presentes en la población a mejorar.

Otro parámetro importante que se debe considerar al hacer selección para un carácter, es el determinar su grado de correlación con otro(s) carácter(es), ya que así en un momento dado será posible seleccionar a favor o en contra del carácter, basándose en la manifestación del (los) otro(s).

Tanto los mejoradores de plantas como de animales se han valido de diferentes procedimientos genético-estadísticos -- con el fin de estimar lo más correctamente posible los diferentes parámetros tanto genéticos como ambientales que influyen en la expresión de un genotipo. Así, Comstock y Robinson (1948, -- 1952) propusieron tres diseños que actualmente se conocen como -- Diseño I, II y III de Carolina del Norte con el fin de hacer estimaciones de diferentes parámetros genéticos en poblaciones de

plantas, mismos que tienen su aplicación e interpretación en los programas de mejoramiento genético. Estos Diseños de Carolina del Norte han sido muy valiosos para los mejoradores de plantas, pues los resultados que de ellos se obtienen sirven de base para planear la metodología de mejoramiento más adecuada, a fin de lograr metas tanto a corto, como mediano y largo plazo. En base a lo anterior en el Programa de Mejoramiento de Maíz del Instituto Mexicano del Maíz "Dr. Mario E. Castro Gil", se aplicó el Diseño II de Carolina del Norte a una variedad sintética de maíz del -- Trópico Seco Mexicano con el fin de lograr los siguientes objetivos:

1. Estimar los componentes de varianza genética, correlaciones - (genéticas y fenotípicas) y heredabilidad de 16 características.
2. Predecir la ganancia por selección para rendimiento por diversas metodologías.

II. REVISION DE LITERATURA

1. Estimación de Varianzas Genéticas.

Fisher (1918) y Wright (1921) fueron los primeros en publicar estudios acerca de la covarianza y correlación entre parientes. Sin embargo, la teoría general para la interpretación genética de la covarianza entre parientes fue publicada por Cockerham (1954) y Kempthorne (1954, 1955).

Cortez (1977) menciona que las covarianzas entre parientes son de gran importancia en el mejoramiento moderno de plantas al menos por dos razones: 1). en la mayoría de los casos las covarianzas entre parientes permiten que sean expresadas en términos de componentes de varianza genética de la población base (población original a ser mejorada), ya que la varianza entre familias puede en algunos casos ser expresada como funciones lineales de covarianza entre parientes, permitiendo la estimación de los componentes de varianza genética usando los diseños experimentales y de apareamiento apropiados; 2). el progreso genético de selección depende básicamente del grado de parentesco (covarianza) entre la unidad de selección (individuos o familias) y los individuos descendientes de los progenitores seleccionados.

La magnitud relativa de las varianzas, genética y ambiental en ciertas plantas fue estudiada por Hutchinson (1940), - -

Hutchinson *et al* (1938) y Powers (1936), sin embargo, las estimaciones tanto de varianza genética aditiva como de dominancia no fueron reportadas en ninguno de dichos estudios.

Segun Cockerham (1961) la composición en términos de varianzas genéticas, está explicada por las covarianzas entre todos los posibles pares de parientes híbridos entre cruza simples, triples y dobles de un grupo común de padres o líneas parentales. Lo anterior, da una base de referencia para contestar muchas preguntas prácticas en un programa de mejoramiento híbrido.

Robinson, Comstock y Harvey (1949) mencionan que las variaciones en los caracteres cuantitativos de poblaciones de plantas son el principal interés del mejorador, ya que la naturaleza de la acción génica es un factor importante en la evaluación de varios procedimientos de mejoramiento. Más tarde, Robinson, Comstock y Harvey (1951) describen que la variabilidad presente en poblaciones segregantes de maíz son atribuibles a tres fuentes principales llamadas: efectos genéticos aditivos, efectos no-aditivos debidos a dominancia e interacción de genes no alélicos y efectos ambientales. Además, citan que el término de variación genotípica solamente se usa para referirse a la variación genética aditiva o heredable, la cual es parte de la variación responsable del progreso resultado de la selección. Estos mismos conceptos son posteriormente reafirmados por Hallauer (1980), quien cita que las estimaciones de los componentes de varianza son estadísticas útiles al mejorador para determinar: 1). la magnitud re

lativa de la varianza fenotípica debida a efectos genéticos, - -
 2). la proporción relativa de la varianza genética total atribuida a efectos genéticos aditivos y no-aditivos, y 3). la respuesta esperada a la selección.

Comstock y Robinson (1948, 1952) presentaron y discutieron tres diseños de apareamiento, los cuales asociaron con procedimientos experimentales para la estimación de varianzas genéticas de caracteres cuantitativos en poblaciones de plantas. Los tres procedimientos (Diseño I, II y III de Carolina del Norte U.S.A.) utilizan las covarianzas entre familias de medios hermanos y hermanos completos, por lo cual solo dos parámetros genéticos; varianzas genética aditiva y varianza de dominancia pueden ser estimados, asumiendo que la varianza epistática está ausente para la interpretación de los resultados.

El Diseño II descrito por Comstock y Robinson (1948, 1955) puede ser usado en plantas con muchas flores. La población base es la generación F_2 de una cruce de líneas endocriadas. Un grupo de mh (donde: m = machos, h = hembras) progenies es producido haciendo todos los mh apareamientos posibles de m machos y h hembras tomados al azar de la población F_2 . Con plantas anuales ésto puede hacerse (y las progenies mantenidas distintamente) solamente si más de una flor masculina por planta está disponible. En plantas de maíz no prolíficas, ésto no podría ser hecho. Sin embargo, lo anterior se puede resolver, autofecundando plantas de la población y así tener varias plantas S_1 , con lo cual se harían los mh apareamientos, las mh progenies son sembra

das en un arreglo de bloques al azar (las que pueden dividirse en g grupos) con r repeticiones. Los datos de los caracteres de interés son colectados sobre k plantas por parcela. De acuerdo a las esperanzas de cuadrados medios del análisis de varianza, un cuarto de la varianza aditiva y un cuarto de la varianza de dominancia podrían ser estimados a partir de las varianzas entre machos y/o varianza entre hembras y de la varianza de la interacción machos por hembras, respectivamente.

Johnson *et al* (1955) mencionan que las estimaciones exactas de los componentes de varianza genética proporcionan bases útiles para evaluar críticamente el mejoramiento y procedimientos de prueba. Sin embargo, el mejorador no puede estar seguro de que las estimaciones sean exactas, cuando éstas provienen de datos inadecuados, los cuales están sujetos a errores de muestreo. Por lo tanto, es importante y necesario repetir en localidades y años, pruebas individuales en la obtención de varianzas genéticas.

Al respecto, Dudley y Moll (1969) sugieren que al menos 256 familias de hermanos completos son necesarias para obtener estimaciones reales de varianza genética aditiva y de dominancia, así mismo, que esas familias necesitan evaluarse en al menos dos años, o bien en dos localidades. Citan, además, que las estimaciones de varianza y heredabilidad genética proporcionan una guía útil para contestar muchas preguntas, las cuales surgen en un programa de mejoramiento.

Robinson *et al* (1955) estudiaron la variabilidad genética en tres variedades de maíz de polinización libre, Jarvis, - - Weekley e Indian Chief. Las estimaciones de la varianza de dominancia para todos los caracteres estudiados en las tres variedades fue menor y en muchos casos considerablemente inferior a las estimaciones de varianza genética aditiva, la cual parece existir para rendimiento de grano en considerable cantidad.

Lindsey, Lonquist y Gardner (1962) utilizaron el esquema de apareamiento Diseño I, para estimar las varianzas genéticas en dos variedades de maíz (Hays Golden y Krug Yellow Dent) durante dos años (1956 y 1957). Los resultados obtenidos en 1956, - - muestran que la varianza genética aditiva fue mayor que la de dominancia para todos los caracteres estudiados, siendo similar los resultados de 1957, a excepción del número de mazorcas en Hays - Golden y rendimiento de grano en Krug Yellow Dent. Sin embargo, al comparar caracter por caracter dentro de cada variedad en 1956 vs 1957, los resultados indican una reducción en las estimaciones de varianza genética aditiva y un incremento en la varianza de dominancia.

Stuber, Moll y Hanson (1966) estudiaron la variabilidad genética en la cruce de dos variedades similares de maíz Indian - Chief y Jarvis Golden Prolific, mediante los diseños de apareamiento I y II. La varianza genética aditiva y la varianza de dominancia fueron similares en magnitud para rendimiento y mayor la primera para el número de mazorcas, número de hijos, días a flor, altura de planta y altura de mazorca. Estudios semejantes fueron ✓

realizados por Eberhart *et al* (1966) mediante los mismos diseños en dos variedades de polinización libre. La acción génica aditiva, aparentemente explica la mayor parte de la varianza genética para los caracteres estudiados en ambas variedades. La varianza de dominancia fue relativamente mayor para rendimiento que para los otros caracteres, sugiriendo que algún método o sistema de selección recurrente como selección masal, prueba de progenies S_1 o familias de medios hermanos puede utilizarse para mejorar cada variedad, ya que la acción génica aditiva parece ser la fuente principal de variación en los dos materiales.

Chi, Eberhart y Penny (1969) utilizaron un sistema de apareamiento similar al sugerido por Kempthorne (1957, pp. 425-426) para estimar componentes de varianza y correlación genética para rendimiento y seis características cuantitativas en una variedad de polinización libre de maíz. La varianza aditiva mostró significancia para todos los caracteres estudiados y la varianza de dominancia solo para altura de planta, diámetro de mazorca y rendimiento.

Hallauer y Miranda (1981) presentan un resumen sobre componentes de varianza genética para diferentes poblaciones de maíz, en él se puede apreciar que hay una mayor cantidad de varianza aditiva que varianza de dominancia.

Diferentes procedimientos estadísticos han sido usados para estimar la magnitud relativa de los parámetros genéticos --

cuantitativos en poblaciones de maíz. Wright *et al* (1971) mencionan que generalmente los procedimientos usan la covarianza entre parientes para particionar la varianza genética, de tal forma -- que el número disponible de covarianzas del diseño de apareamiento determinará el número máximo estimable de parámetros genéticos. De acuerdo a esto, mucha información sobre genética cuantitativa se ha obtenido mediante el uso de diseños de apareamiento que controlan solamente los padres de los individuos medidos. Estos tipos de diseño incluyen dos covarianzas entre parientes: 1). covarianza de medios hermanos, y 2). covarianza de hermanos completos. Por lo tanto, solamente la varianza genética aditiva y la varianza de dominancia serán estimadas, asumiendo que no hay epistasis. Si tal postulado no se cumple, las estimaciones obtenidas serán invalidadas y su utilidad en predecir ganancia genética por selección será alterada.

Bauman (1959); Gorsline (1961); Sprague *et al* (1962) y Sprague y Thomas (1967) reportaron efectos de epistasis significativos en los estudios realizados, los cuales involucran comparación de medias entre híbridos de maíz de cruza simple y triple. Excepto de la investigación realizada por Sprague y Thomas (1967) el material parental de esos estudios fueron líneas élite de maíz y no representan ninguna población base o variedad. Gamble (1962) también reportó epistasis significativa en un estudio de generación de medias. De nuevo, líneas endocriadas de maíz élite comprendieron el material parental.

En contraste a lo anterior, Stuber *et al* (1966) indican que los efectos epistáticos contribuyen poco a la variabilidad genética de los caracteres estudiados al cruzar dos poblaciones de maíz y estimar varianzas genéticas por medio de los Diseños I y II de Comstock y Robinson (1948, 1952).

En otro estudio similar realizado por Stuber y Moll - - (1969) en la cruce de dos poblaciones de maíz, encontraron que -- los efectos epistáticos son significativos solo para algunos grupos de cruces específicas. Mencionan además, que la cantidad - - atribuible a la epistasis fue de un promedio menor al 10%.

Otros estudios sobre la estimación de componentes de varianza, sugieren que la variabilidad epistática en poblaciones de maíz (híbridos varietales y variedades de polinización libre) no es importante.

Moll y Robinson (1967) realizaron una revisión de numerosos estudios en genética cuantitativa del rendimiento de maíz, llegando a las siguientes conclusiones:

1. Existe suficiente varianza genética aditiva para rendimiento - dentro de muchas poblaciones de maíz adaptadas localmente, las cuales pueden ser mejoradas por selección.
2. La sobredominancia no es una fuente sobresaliente de variación genética para rendimiento.
3. El desequilibrio de ligamiento puede resultar en efectos, los cuales toman lugar como sobredominancia. Estos efectos disminuyen con el apareamiento al azar.

4. La varianza epistática no es importante en las variedades estudiadas así como sus cruzas.

Silva y Hallauer (1975) utilizaron los diseños de apareamiento I y II en la variedad de maíz Iowa Stiff Stalk Synthetic para estimar las varianzas aditiva, de dominancia y epistática. Los resultados mostraron una similitud en la varianza aditiva y de dominancia, aunque ésta última ligeramente superior, la varianza epistática no fue un componente importante de la varianza genética.

Sentz (1971) estimó parámetros genéticos a una variedad sintética de maíz (constituida por ocho líneas élite), mediante los Diseños I y II. La varianza aditiva estimada con ambos diseños fue significativa y de primera importancia para todas las características estudiadas. La varianza de dominancia contribuyó en un 45% de la varianza genética total para el caracter rendimiento, y no fue de gran importancia para otras características. Menciona además, que el Diseño I fue menos sensitivo que el Diseño II para estimar varianzas genéticas, sobre todo la de dominancia.

Otros estudios realizados con diferentes densidades de población para estimar parámetros genéticos son los reportados por Shehata y Comstock (1971) al estudiar poblaciones F_2 de lino en tres densidades de siembra. Los resultados muestran un efecto significativo de la densidad de plantas sobre la media de rendimiento, así como sus componentes. Las tres densidades afectaron

en forma similar (altamente significativa) las estimaciones de -- habilidad combinatoria general y específica para rendimiento de -- semilla y sus componentes. La habilidad combinatoria general para contenido de aceite fue altamente significativa en las tres -- densidades, sin embargo, la habilidad combinatoria específica solo fue significativa en baja densidad.

Subandi y Compton (1974) emplearon el Diseño II en una población exótica de maíz a dos densidades de siembra y en dos -- años. La varianza genética aditiva fue mucho mayor que la de dominancia en ambas densidades para todas las características estudiadas. Encontrando, además, una alta significancia en la interac-- ción varianza aditiva x año, por lo cual experimentos conducidos en un año nos pueden dar estimaciones desviadas.

También hay disponibles estimaciones de variabilidad genética en algunas especies de vegetales alógamos, como son estimaciones para cebolla, zanahoria, papa dulce y pepino entre otros. McCollum (1971a y 1971b) y Smith *et al* (1978) estimaron componentes de varianza genética en poblaciones de zanahoria, cebolla y pepino, respectivamente.

Estimaciones de variabilidad genética en especies autógamas han sido restringidas por la dificultad en realizar las -- cruzas y la insuficiente cantidad de semilla que se obtiene. Estudios sobre variabilidad genética en sorgo, no son muy extensos, debido al comportamiento y rápida aceptación de los híbridos de --

sorgo, lo que ha permitido métodos de mejoramiento que enfatizan el desarrollo de líneas e híbridos.

Jan-Orn *et al* (1976) estimaron componentes de varianza para nueve características en la población de sorgo "NP3R". Los efectos genéticos aditivos tendieron a ser más grandes que los de dominancia para todas las características, excepto rendimiento .

2. Correlaciones y Heredabilidad.

Robinson *et al* (1949) mencionan que el conocimiento de la heredabilidad de un carácter es importante para el mejorador, ya que indica la posibilidad de lograr mejoramiento a través de selección.

Más tarde, refiriéndose al rendimiento de maíz como uno de los caracteres de mayor importancia económica, Robinson *et al* (1951) citan que dicho carácter es complejo en herencia y puede involucrar varios caracteres relacionados, por lo cual es de gran importancia el grado de correlación genética y fenotípica entre los caracteres (rendimiento con otros caracteres de interés agronómico) desde un punto de vista práctico, ya que la selección está usualmente encaminada con el cambio de dos o más características simultáneamente.

Hallauer y Miranda (1981) citan que el rendimiento de grano es la característica más económicamente importante en el cultivo del maíz, y su heredabilidad la más baja de todas las caracte-

terísticas.

Según Gilbert (1961) un caracter seleccionado puede llevar una gran proporción de otro caracter relacionado con él cuando se ha ejercido una gran presión de selección.

Lindsey *et al* (1962) encontraron valores estadística--mente bajos pero positivos, al estimar correlaciones genéticas entre rendimiento de maíz y características agronómicas de interés. Algunos valores estimados fueron teóricamente imposible (1.007) debidos a errores de muestreo.

Williams *et al* (1965) utilizaron el Diseño I propuesto por Comstock y Robinson (1948, 1952) para estimar varianzas genéticas, así como correlaciones genéticas y fenotípicas de cinco - características (rendimiento, longitud y diámetro de mazorca, número de granos por hilera y peso de cien semillas) en la varie--dad de maíz Reid Yellow Dent, durante dos años de prueba. Las - correlaciones obtenidas tanto genéticas como fenotípicas para --rendimiento con: longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de granos por hilera y peso de 100 semillas fueron relativa--mente grandes y positivas durante los dos años de prueba, las correlaciones fenotípicas fueron ligeramente superiores a las correlaciones genéticas.

Posteriormente, Hallauer y Wright (1967) realizaron un estudio similar, empleando también el Diseño I para estimar varianzas y correlaciones de nueve caracteres (de planta y mazor-

ca) en la variedad de maíz Iowa Ideal, sembrando en tres localidades durante un año. De acuerdo a las estimaciones de correlación genética aditiva, genética y fenotípica concluyen: el número de hijos no estuvo correlacionado con ninguna de las otras características medidas en los experimentos. Altura de planta estuvo altamente correlacionada con altura de mazorca. Excepto para las correlaciones genéticas aditivas, altura de planta tuvo correlación positiva con longitud de mazorca y rendimiento. Las más grandes y consistentes correlaciones para altura de mazorca fueron obtenidas con rendimiento, sin embargo, éstas fueron relativamente bajas. Longitud de mazorca mostró una asociación negativa con diámetro de mazorca, número de granos por hilera y peso de 300 semillas, pero una asociación positiva relativamente grande con rendimiento. Diámetro de mazorca tuvo una asociación positiva con número de granos por hilera y rendimiento, sin embargo, las correlaciones de rendimiento y diámetro de mazorca no fueron tan grandes como aquellas para longitud de mazorca con rendimiento. Los datos de este estudio indican que la longitud de mazorca es el componente más importante de rendimiento.

Subandi y Compton (1974) mediante un Diseño II estimaron correlaciones genéticas aditivas en una población exótica de maíz sembrada en dos densidades de plantas (alta y baja). Los resultados muestran; alta significancia para peso de grano y número de mazorcas en ambas densidades; peso de grano y altura de

mazorca sólo a baja densidad; días a flor con altura de planta - y altura de mazorca altamente significativas en las dos densidades, y altura de planta con altura de mazorca altamente significativas también en ambas densidades.

Fakorede (1979) estudió las correlaciones fenotípicas y genéticas entre rendimiento y 17 características agronómicas - en la población de maíz Iowa Stiff Stalk Synthetic. Los resultados obtenidos fueron: significancia para las correlaciones fenotípicas (positivas) para todos los componentes del rendimiento - de grano, excepto diámetro de olote el cual fue bajo. La fecha de floración estuvo significativamente correlacionada con rendimiento de grano en forma negativa. Las mayores correlaciones genéticas de rendimiento de grano fueron obtenidas como; profundidad de grano, número de granos por hilera, longitud de mazorca, diámetro de mazorca y fecha de floración.

Ottaviano y Camussi (1981) realizaron estudios en 45 - híbridos F_1 de maíz (dialélico entre diez líneas) para ver la relación genética del rendimiento con diferentes componentes fisiológicos del mismo. Los resultados muestran que tanto la proporción de llenado de grano, como el período de llenado de grano están ambos relacionados al rendimiento de la planta, sin embargo, el primero tuvo una contribución mayor. El período de desarrollo de grano no tuvo relación con el rendimiento. Por otro lado, los componentes del tamaño de la mazorca estuvieron positivamente relacionados con rendimiento pero, tuvieron efecto negati-

vo sobre la proporción de llenado de grano. Concluyen que la --
proporción de acumulación de materia seca es el principal factor
que limita el rendimiento de maíz.

III. MATERIALES Y METODOS

La población base para el desarrollo del presente estudio fue un sintético de maíz del Trópico Seco, el cual se formó en 1978 a partir de nueve líneas élite, cinco del Trópico Seco -- (líneas S₇) y cuatro del Trópico Húmedo (líneas S₃ y S₄).

En Río Bravo, Tamps. 1979 Ciclo A, dicho sintético fue sembrado en donde se derivaron aproximadamente 450 líneas S₁ (autofecundando para el caso plantas con características agronómicas deseables).

En la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", durante 1980 Ciclo Primavera-Verano, se tomaron al azar 130 líneas (de las 450), las cuales tomando en cuenta el esquema de apareamiento del Diseño II propuesto por Comstock y Robinson (1948, -- 1952) fueron sembradas, dividiéndose en 13 grupos de 10 líneas ca da uno (5 hembras y 5 machos) formando así 25 familias por grupo, dando un total de 325 familias de hermanos completos.

Este material fue evaluado mediante un diseño experimen tal de parcelas divididas en bloques incompletas al azar con dos repeticiones en cada una de tres densidades; baja, intermedia y al ta con 28,200; 56,400 y 84,600 plantas por hectárea, respectivamente. La parcela grande lo constituyeron las densidades y la parcela chica los grupos (Fig. 1). La evaluación se realizó durante -

una localidad

II Rep Gpo. 5	Gpo.10		SORTEO DE GRUPOS		Densidad alta
I Rep Gpo. 5	Gpo.10				
II Rep Gpo.13	Gpo. 7		SORTEO DE GRUPOS		Densidad intermedia
I Rep Gpo.13	Gpo. 7				
II Rep Gpo. 1	Gpo. 2			Gpo. 13	Densidad baja
I Rep Gpo. 1	Gpo. 2			Gpo. 13	

Fig. 1 Esquema del arreglo de las 325 familias divididas - en 13 grupos en dos repeticiones por cada densidad, para las 3 localidades.

1981, en las localidades de: Río Bravo, Tamps., Ciclo A; Torreón, Coah., Ciclo Primavera-Verano y Los Mochis, Sin., Ciclo Primavera. En las tres localidades la siembra se realizó a dos densidades (alta y baja), solamente en Río Bravo, Tamps. se incluyeron las tres densidades. En todas las localidades, el tamaño de parcela fue de un surco de 21 plantas, sembrando el doble de semillas para finalmente dejar las 21 plantas deseadas. La distancia entre surcos, - en las localidades de Río Bravo, Torreón y Los Mochis fue de 86, 75 y 79 cm, respectivamente. Por lo tanto, la distancia entre - - plantas fue variable, sin embargo, la densidad de plantas fue - - igual para las tres localidades, siendo el área de parcela útil para cada densidad de 7.45; 3.72 y 2.48 m² para densidad baja, intermedia y alta, respectivamente.

En cada experimento se hicieron las labores culturales - comunes (fertilización, riegos, cultivos, aplicación de herbicidas e insecticidas). Siendo importante considerar el hecho de -- que en las localidades de Río Bravo y Los Mochis, se presentaron lluvias con fuertes vientos al final del ciclo, lo cual incrementó el acame de raíz y tallo. Los datos que se tomaron durante el desarrollo de los experimentos para cada parcela fueron:

a). Días a floración. Este dato se tomó, tanto a flor masculina como a flor femenina, cuando un 50% de las plantas mostraban antesis y presentaban estigmas, respectivamente.

b). Altura de planta y c). de mazorca. Se tomó la media de 5 plantas al azar, midiendo de la base de la planta a la hoja bandera y al nudo de la mazorca principal respectivamente, expresándose ambas en centímetros.

d). Número de plantas. Se contaron todas las plantas de cada parcela excepto la planta orillera.

e) y f). Acame de raíz y tallo. Se consideraron plantas acamadas, las que tuvieran una inclinación mayor de 30° respecto a la vertical y su tallo quebrado abajo de la mazorca principal respectivamente.

g). Número de mazorcas. Se contaron todas las mazorcas cosechadas de cada parcela (no se incluyó la mazorca de la planta orillera).

h). Mala cobertura. Se consideró mala cobertura las mazorcas mal cubiertas por su totomoxtle.

i). Mazorcas podridas. Todas aquellas mazorcas con más del 10% de pudrición fueron consideradas como podridas.

j). Mazorcas por 100 plantas. Este dato se obtuvo en base al número total de mazorcas entre el total de plantas por 100.

k). Peso de campo. Con este dato se obtuvo el rendimiento por parcela útil, tomando una muestra de 250 gramos representativa de todas las mazorcas cosechadas en cada tratamiento para determinar el porcentaje de humedad mediante un aparato "Steinlite", de ésta forma se obtiene la materia seca con lo cual se transforma a rendimiento en ton/ha. de mazorca al 15.5% de humedad en base a lo siguiente: Jugenheimer (1981) presenta una fórmula para corregir el rendimiento de cada parcela por fallas, la cual es como sigue:

$$a = \frac{P - .3F}{P - F}$$

donde:

- P = número de plantas
- 0.3 = factor constante
- F = fallas

De acuerdo al número de fallas para cada parcela el factor a, varía, así que:

Materia seca = 100 - porcentaje de humedad.

Peso de campo x materia seca = peso seco.

Peso seco x factor a = peso seco corregido por fallas.

Basándose en el área de parcela útil para cada densidad, se obtiene el siguiente factor:

$$b = \frac{10,000 \text{ m}^2}{\text{área de parcela útil} \times .845}$$

donde:

10,000 m² = 1 ha.

.845 = factor para convertir al 15.5% de humedad.

De tal forma que: peso seco corregido x fallas x factor b = rendimiento en ton/ha. de mazorca al 15.5% de humedad.

Para los datos de acame (raíz y tallo), mala cobertura y mazorcas podridas fueron convertidos a porciento y transformados - en Arco Seno, mediante la fórmula Arco Seno $\sqrt{\frac{X}{100}}$, donde X = porcentaje de cada dato.

Solamente en Río Bravo, Tamps., se tomaron datos de componentes de rendimiento, obteniendo la media de cinco mazorcas tomadas al azar de cada parcela, los cuales fueron:

- l). Diámetro de mazorca, grosor en milímetros de la parte intermedia de la mazorca.
- m). Hileras por mazorca, se contó el número de hileras de cada mazorca.
- n). Granos por hilera, contados en una hilera de cada mazorca.
- o). Longitud de mazorca, distancia en milímetros comprendida de la base a la punta de la mazorca.
- p). Diámetro de olote, grosor en milímetros de la parte intermedia del olote.
- q). Profundidad de grano, diferencia en milímetros entre diámetro de mazorca y de olote.
- r). Peso de 300 semillas, peso en decigramos de 300 semillas tomadas al azar de las 5 mazorcas.

Todos los datos de los componentes de rendimiento fueron registrados para cada una de las tres densidades, baja, intermedia y alta. De acuerdo a todos los datos registrados se tuvieron las siguientes:

características de planta

Rendimiento	Acame de raíz
Días a flor masculina	Acame de tallo
Días a flor femenina	Mazorcas podridas
Altura de planta	Mala cobertura
Altura de mazorca	Mazorcas por 100 plantas

características de mazorca

Diámetro de mazorca
 Hileras por mazorca
 Granos por hilera
 Longitud de mazorca
 Diámetro de olote
 Profundidad de grano
 Peso de 300 semillas

Análisis Estadístico

Todos los experimentos incluyeron 325 familias de hermanos completos por densidad, evaluados en 3 localidades en un año (1981).

La siembra en el campo para cada localidad se realizó - mediante un diseño de parcelas divididas en bloques incompletos -

al azar con 2 repeticiones. Las 325 familias se dividieron en 13 - grupos de 25 familias cada uno. Las mismas familias de cada grupo se incluyeron en las densidades y localidades, las cuales se sortearon en las 2 repeticiones dentro de cada grupo. De tal forma que en Río Bravo, Tamps., fueron 1950 parcelas de un surco y - 1300 para Torreón, Coah. y Los Mochis, Sin.

Análisis de Varianza y Covarianza

Se realizaron análisis de varianza y covarianza por: localidad, densidad y combinado para cada característica; para el análisis por localidad, conjuntando densidades y grupos se utilizó el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijkl} = \mu + D_i + G_j + GD_{ij} + R_{kij} + F_{lj} + (DF_{li})_j + e_{ijkl}$$

donde:

Y_{ijkl} = a la observación de la l-ésima familia de la -- k-ésima repetición anidada en la i-ésima densidad y j-ésimo grupo.

μ = media general.

D_i = efecto de la i-ésima densidad $i = 1, 2, 3$

G_j = efecto del j-ésimo grupo $j = 1, 2, \dots, 13$

GD_{ij} = interacción del j-ésimo grupo con la i-ésima -- densidad.

R_{kij} = efecto de la k-ésima repetición anidada en la - i-ésima densidad y j-ésimo grupo $k = 1, 2$

F_{lj} = efecto de la l-ésima familia anidada en el - - j-ésimo grupo. $l = 1, 2, \dots, 25$

$(DF_{li})_j$ = interacción de la i-ésima densidad y l-ésima - familia anidada en el j-ésimo grupo.

e_{ijkl} = error experimental, donde:

$$t_j \sim \text{DNI} (0, \sigma^2 t), \text{ y}$$

$$e_{ijk} \sim \text{DNI} (0, \sigma^2 e)$$

Con el fin de estimar los componentes de varianza genética y sus interacciones, la suma de cuadrados de familias y su interacción con densidades fue dividida en: machos, hembras, machos x hembras y su interacción con densidades. Presentando el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijklm} = \mu + D_i + G_j + DG_{ij} + R_{kij} + M_{lj} + H_{mj} + (MH_{lm})_j + (MD_{li})_j + (HD_{mi})_j + (MHD_{lmi})_j + e_{ijklm}$$

donde:

Y_{ijklm} = a la observación de la progenie de la crucea del l -ésimo macho por la m -ésima hembra de la k -ésima repetición anidada en el j -ésimo grupo y en la i -ésima densidad.

μ = media general.

D_i = efecto de la i -ésima densidad $i = 1, 2, 3$

G_j = efecto del j -ésimo grupo $j = 1, 2, \dots, 13$

GD_{ij} = interacción de la i -ésima densidad y j -ésimo grupo.

R_{kij} = efecto de la k -ésima repetición anidada en la i -ésima densidad y j -ésimo grupo $k = 1, 2$

M_{lj} = efecto del l -ésimo macho anidado en el j -ésimo grupo. $l = 1, 2, \dots, 5$

H_{mj} = efecto de la m -ésima hembra anidada en el j -ésimo grupo. $m = 1, 2, \dots, 5$

$(MH_{lm})_j$ = interacción del l -ésimo macho y la m -ésima hembra anidados en el j -ésimo grupo.

$(MD_{li})_j$ = interacción del l -ésimo macho y la i -ésima densidad anidados en el j -ésimo grupo.

$(HD_{mi})_j$ = interacción de la m -ésima hembra y la i -ésima densidad anidados en el j -ésimo grupo.

$(MHD_{lmi})_j$ = interacción del l -ésimo macho, m -ésima hembra y la i -ésima densidad anidados en el j -ésimo grupo.

e_{ijklm} = error experimental, donde todos los efectos se consideran aleatorios, excepto la media.

El análisis de varianza para los dos modelos se muestran en el Cuadro 1. Las estimaciones de la σ_e^2 se obtuvo conjuntamente la suma de cuadrados de los 13 grupos y las 2 densidades.

Cuadro 1. COMPONENTES DEL ANALISIS DE VARIANZA POR LOCALIDAD PARA 13 GRUPOS Y 2 DENSIDADES.

Fuente de variación	grados de libertad.	Cuadrado Medio.	Esperanzas de Cuadrados Medios
Densidades (D)	1		
Grupos (G)	12		
G x D	12		
Repeticiones/G y D	26		
Familias (F)/G	312		
Machos (M)/G	52	M_7	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHD}^2 + rh\sigma_{MD}^2 + rd\sigma_{MH}^2 + rdh\sigma_M^2$
Hembras (H)/G	52	M_6	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHD}^2 + rm\sigma_{HD}^2 + rd\sigma_{MH}^2 + rdm\sigma_H^2$
M x H/G	208	M_5	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHD}^2 + rd\sigma_{MH}^2$
F x D/G	312		
M x D/G	52	M_4	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHD}^2 + rh\sigma_{MD}^2$
H x D/G	52	M_3	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHD}^2 + rm\sigma_{HD}^2$
M x H x D/G	208	M_2	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHD}^2$
Error Conjunto	624	M_1	σ_e^2

Las pruebas de F para las fuentes de variación del Cuadro 1, fueron las siguientes: el error conjunto M_1 se utilizó para probar M_2 ; M_2 fue el error común para probar M_3 , M_4 y M_5 . La prueba de significancia de M_6 y M_7 se realizó mediante el método de Cochran y Cox (1978), los grados de libertad apropiados para estas pruebas se obtuvieron usando el método desarrollado por Satterthwaite (1946), - donde:

$$n_1 = \frac{(M_7 + M_2)^2}{\frac{(M_7)^2}{gLM_7} + \frac{(M_2)^2}{gLM_2}} \quad \text{y} \quad n_2 = \frac{(M_5 + M_4)^2}{\frac{(M_5)^2}{gLM_5} + \frac{(M_4)^2}{gLM_4}}$$

Para el análisis por densidad y combinado, también se dividió la suma de cuadrados de familias y sus interacciones, teniendo el siguiente modelo lineal para cada análisis.

Por densidad:

$$Y_{ijklm} = \mu + L_i + G_j + LG_{ij} + R_{kij} + M_{lj} + H_{mj} + (MH_{lm})_j + (ML_{il})_j + (HL_{im})_j + (MHL_{ilm})_j + e_{ijklm}$$

donde:

Y_{ijklm} = a la observación de la progenie de la cruce -- del i -ésimo macho por la m -ésima hembra de la k -ésima repetición anidada en el j -ésimo grupo y en la i -ésima localidad.

μ = media general.

L_i = efecto de la i -ésima localidad. $i = 1, 2, 3$

G_j = efecto del j -ésimo grupo. $j = 1, 2, \dots, 13$

LG_{ij} = interacción de la i -ésima localidad con el j -ésimo grupo.

R_{kij} = efecto de la k -ésima repetición anidada en la i -ésima localidad y j -ésimo grupo. $k = 1, 2$

M_{lj} = efecto del l -ésimo macho anidado en el j -ésimo grupo. $l = 1, 2, \dots, 5$

H_{mj} = efecto de la m -ésima hembra anidada en el j -ésimo grupo.

$(MH_{lm})_j$ = interacción del l -ésimo macho y la m -ésima hembra anidados en el j -ésimo grupo. $m = 1, 2, \dots, 5$

$(MLil)j$ = interacción de la i -ésima localidad con el l -ésimo macho anidados en el j -ésimo grupo.

$(HLim)j$ = interacción de la i -ésima localidad con la m -ésima hembra anidadas en el j -ésimo grupo.

$(MHLilm)j$ = interacción de la i -ésima localidad con el l -ésimo macho y m -ésima hembra anidados en el j -ésimo grupo.

$eijklm$ = error experimental, considerándose a todos los efectos aleatorios, excepto la media.

Combinado:

$$Yijklmn = \mu + Li + Dj + Gk + LDij + LGik + DGjk + LDGijk + Rlij + Mmk + Hnk + (MHmn)k + (MLim)k + (HLin)k + (MPLimn)k + (MDjm)k + (HDjn)k + (MHDjmn)k + (MLDijm)k + (HLDijn)k + (MPLDijmn)k + eijklmn$$

donde:

$Yijklmn$ = a la observación de la progenie de la cruce del i -ésimo macho por la n -ésima hembra de la l -ésima repetición anidada en el k -ésimo grupo, i -ésima localidad y en la j -ésima densidad.

μ = media general.

Li = efecto de la i -ésima localidad. $i = 1, 2, 3$

Dj = efecto de la j -ésima densidad. $j = 1, 2$

Gk = efecto del k -ésimo grupo. $k = 1, 2, \dots, 13$

$LDij$ = interacción de la i -ésima localidad y la j -ésima densidad.

$LGik$ = interacción de la i -ésima localidad y el k -ésimo grupo.

$DGjk$ = interacción de la j -ésima densidad y el k -ésimo grupo.

$LDGijk$ = interacción de la i -ésima localidad, j -ésima densidad y k -ésimo grupo.

$Rlij$ = efecto de la l -ésima repetición anidada en la i -ésima localidad, j -ésima densidad y k -ésimo grupo.
 $l = 1, 2$

Mmk = efecto del m -ésimo macho anidado en el k -ésimo grupo.
 $m = 1, 2, \dots, 5$

Hnk = efecto de la n -ésima hembra anidada en el k -ésimo grupo.
 $n = 1, 2, \dots, 5$

$(MHmn)k$ = interacción del m -ésimo macho y la n -ésima hembra anidados en el k -ésimo grupo.

$(MLim)k$ = interacción de la i -ésima localidad y m -ésimo macho anidados en el k -ésimo grupo.

$(HLin)k$ = interacción de la i -ésima localidad y n -ésima hembra anidadas en el k -ésimo grupo.

$(MHLimn)k$ = interacción de la i -ésima localidad, m -ésimo macho y n -ésima hembra anidados en el k -ésimo grupo.

- (MDjm)k = interacción de la j-ésima densidad y m-ésimo macho anidados en el k-ésimo grupo.
- (HDjn)k = interacción de la j-ésima densidad y n-ésima hembra anidadas en el k-ésimo grupo.
- (MHDjmn)k = interacción de la j-ésima densidad, m-ésimo macho y n-ésima hembra anidados en el k-ésimo grupo.
- (MLDijm)k = interacción de la i-ésima localidad, j-ésima densidad y m-ésimo macho anidados en el k-ésimo grupo.
- (HLDijn)k = interacción de la i-ésima localidad, j-ésima densidad y n-ésima hembra anidadas en el k-ésimo grupo.
- (MHLDijmn)k = interacción de la i-ésima localidad, j-ésima densidad m-ésimo macho y n-ésima hembra anidados en el k-ésimo grupo.
- eijklmn = error experimental, donde todos los efectos se consideran aleatorios, excepto la media.

Los Cuadros 2 y 3, indican el análisis de varianza para los dos modelos anteriores. La σ_e^2 fue estimada conjuntando los 13 grupos y las 3 localidades, y los 13 grupos, 3 localidades y 2 densidades para los análisis de varianza por densidad y combinado, respectivamente.

Las pruebas de F, de los Cuadros 2 y 3 para las diferentes fuentes de variación son las siguientes:

	cuadrados medios del error común	prueba de cuadro medio
ANVA por densidad	M ₁	M ₂
	M ₂	M ₃ , M ₄ y M ₅
ANVA combinado	M ₁	M ₂
	M ₂	M ₃ , M ₄ , M ₅ y M ₈

Las pruebas restantes M₆ y M₇ (del ANVA por densidades) y M₆, M₇, M₉, M₁₀, M₁₁, M₁₂ y M₁₃ (del ANVA combinado), se realizaron mediante el método de Cochran y Cox (1978), siendo los grados de liber-

Cuadro 2. COMPONENTES DEL ANALISIS DE VARIANZA POR DENSIDAD, PARA 13 GRUPOS Y 3 LOCALIDADES.

Fuente de variación	grados de libertad.	Cuadrado Medio.	Esperanzas de - Cuadrados Medios
Localidades (L)	2		
Grupos (G)	12		
G x L	24		
Repeticiones/G y L	39		
Familias (F)/G	312		
Machos (M)/G	52	M_7	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHL}^2 + rh\sigma_{ML}^2 + rl\sigma_{MH}^2 + rln\sigma_M^2$
Hembras (H)/G	52	M_6	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHL}^2 + rm\sigma_{HL}^2 + rl\sigma_{MH}^2 + rlm\sigma_H^2$
M x H/G	208	M_5	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHL}^2 + rl\sigma_{MH}^2$
F x L/G	624		
M x L/G	104	M_4	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHL}^2 + rh\sigma_{ML}^2$
H x L/G	104	M_3	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHL}^2 + rm\sigma_{HL}^2$
M x H x L/G	416	M_2	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHL}^2$
Error conjunto	936	M_1	σ_e^2

Cuadro 3. COMPONENTES DEL ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO PARA 13 GRUPOS, 3 LOCALIDADES Y 2 DENSIDADES.

Fuente de variación	grados de libertad.	Cuadrado Medio.	Esperanzas de - Cuadrados Medios
Grupos (G)	12		
Localidades (L)	2		
G x L	24		
Densidades (D)	1		
G x D	12		
L x D	2		
G x L x D	24		
Repeticiones (R)/G,D y L	78		
Familias (F)/G	312		
Machos (M)/G	52	M_{13}	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHL}^2 + r\sigma_{MLD}^2 + r\sigma_{MHD}^2 + r\sigma_{MD}^2 + r\sigma_{ML}^2 + r\sigma_{MH}^2 + r\sigma_{ML}^2 + r\sigma_{MH}^2 + r\sigma_{ML}^2 + r\sigma_{MH}^2$
Hembras (H)/G	52	M_{12}	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHL}^2 + r\sigma_{HLD}^2 + r\sigma_{MHD}^2 + r\sigma_{HD}^2 + r\sigma_{MH}^2 + r\sigma_{HL}^2 + r\sigma_{MH}^2 + r\sigma_{HL}^2 + r\sigma_{MH}^2 + r\sigma_{HL}^2$
M x H/G	208	M_{11}	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHL}^2 + r\sigma_{MHD}^2 + r\sigma_{MH}^2 + r\sigma_{MH}^2$
F x L/G	624		
M x L/G	104	M_{10}	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHL}^2 + r\sigma_{MLD}^2 + r\sigma_{MHL}^2 + r\sigma_{ML}^2$
H x L/G	104	M_9	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHL}^2 + r\sigma_{HLD}^2 + r\sigma_{MHL}^2 + r\sigma_{HL}^2$
M x H x L/G	416	M_8	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHL}^2 + r\sigma_{MH}^2$

Cuadro 3 Continuación.

Fuente de variación	grados de libertad.	Cuadrado Medio.	Esperanzas de - Cuadrados Medios
F x D/G	312		
M x D/G	52	M ₇	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHL D}^2 + rh\sigma_{ML D}^2 + rlo_{MHD}^2 + rlh\sigma_{MD}^2$
H x D/G	52	M ₆	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHL D}^2 + rh\sigma_{HLD}^2 + rlo_{MHD}^2 + rlm\sigma_{HD}^2$
M x H x D/G	208	M ₅	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHL D}^2 + rlo_{MHD}^2$
F x L x D/G	624		
M x L x D/G	104	M ₄	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHL D}^2 + rh\sigma_{ML D}^2$
H x L x D/G	104	M ₃	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHL D}^2 + rh\sigma_{HLD}^2$
M x H x L x D/G	416	M ₂	$\sigma_e^2 + r\sigma_{MHL D}^2$
Error conjunto	1872	M ₁	σ_e^2

tad para éstas pruebas obtenidos por el método propuesto por - - - Satterthwaite (1946).

Los coeficientes de variación para los tres análisis de varianza fueron obtenidos mediante la fórmula:

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

donde:

CMEE = cuadrado medio del error experimental conjunto.
 \bar{X} = media general.

Las estimaciones de los componentes de varianza tanto para el análisis de varianza por localidad como por densidad, se obtuvieron de las esperanzas de cuadrados medios de cada uno de los análisis (Cuadro 1 y 2), los cuales son:

$$\hat{\sigma}_M^2 = \frac{\text{Por localidad}}{rdh} = \frac{M_7 + M_2 - M_5 - M_4}{rdh}$$

$$\hat{\sigma}_M^2 = \frac{\text{Por densidad}}{rlh} = \frac{M_7 + M_2 - M_5 - M_4}{rlh}$$

$$\hat{\sigma}_H^2 = \frac{M_6 + M_2 - M_5 - M_3}{rdm}$$

$$\hat{\sigma}_H^2 = \frac{M_6 + M_2 - M_5 - M_3}{rlm}$$

$$\hat{\sigma}_{MH}^2 = \frac{M_5 - M_2}{rd}$$

$$\hat{\sigma}_{MH}^2 = \frac{M_5 - M_2}{rl}$$

$$\hat{\sigma}_{MD}^2 = \frac{M_4 - M_2}{rh}$$

$$\hat{\sigma}_{ML}^2 = \frac{M_4 - M_2}{rh}$$

$$\hat{\sigma}_{HD}^2 = \frac{M_3 - M_2}{rm}$$

$$\hat{\sigma}_{HL}^2 = \frac{M_3 - M_2}{rm}$$

$$\hat{\sigma}_{MHD}^2 = \frac{M_2 - M_1}{r}$$

$$\hat{\sigma}_{MHL}^2 = \frac{M_2 - M_1}{r}$$

Las varianzas y los errores estándar de las estimaciones de los componentes de varianza fueron calculados, usando las fórmulas de Hallauer y Miranda (1981), como son:

Por localidad

$$\begin{aligned}
 V(\hat{\sigma}_M^2) &= \frac{2}{(rdh)^2} \left[\frac{(M_7)^2}{glM_7+2} + \frac{(M_2)^2}{glM_2+2} + \frac{(M_5)^2}{glM_5+2} + \frac{(M_4)^2}{glM_4+2} \right] & EE\hat{\sigma}_M^2 &= \sqrt{V(\hat{\sigma}_M^2)} \\
 V(\hat{\sigma}_H^2) &= \frac{2}{(rdm)^2} \left[\frac{(M_6)^2}{glM_6+2} + \frac{(M_2)^2}{glM_2+2} + \frac{(M_5)^2}{glM_5+2} + \frac{(M_3)^2}{glM_3+2} \right] & EE\hat{\sigma}_H^2 &= \sqrt{V(\hat{\sigma}_H^2)} \\
 V(\hat{\sigma}_{MH}^2) &= \frac{2}{(rd)^2} \left[\frac{(M_5)^2}{glM_5+2} + \frac{(M_2)^2}{glM_2+2} \right] & EE\hat{\sigma}_{MH}^2 &= \sqrt{V(\hat{\sigma}_{MH}^2)} \\
 V(\hat{\sigma}_{MD}^2) &= \frac{2}{(rh)^2} \left[\frac{(M_4)^2}{glM_4+2} + \frac{(M_2)^2}{glM_2+2} \right] & EE\hat{\sigma}_{MD}^2 &= \sqrt{V(\hat{\sigma}_{MD}^2)} \\
 V(\hat{\sigma}_{HD}^2) &= \frac{2}{(rm)^2} \left[\frac{(M_3)^2}{glM_3+2} + \frac{(M_2)^2}{glM_2+2} \right] & EE\hat{\sigma}_{HD}^2 &= \sqrt{V(\hat{\sigma}_{HD}^2)} \\
 V(\hat{\sigma}_{MHD}^2) &= \frac{2}{(r)^2} \left[\frac{(M_2)^2}{glM_2+2} + \frac{(M_1)^2}{glM_1+2} \right] & EE\hat{\sigma}_{MHD}^2 &= \sqrt{V(\hat{\sigma}_{MHD}^2)}
 \end{aligned}$$

Por densidad, los cálculos son similares, ya que tienen igual cantidad de cuadrados medios, siendo variables los coeficientes y grados de libertad.

Del análisis de varianza combinado (Cuadro 3), también se estimaron los componentes de varianza, varianzas y errores estándar de dichas estimaciones por medio de las esperanzas de cuadrados medios, donde:

$$\hat{\sigma}_M^2 = \frac{M_{13} + M_8 + M_5 + M_4 - M_{11} - M_{10} - M_7 - M_2}{rldh}$$

$$\hat{\sigma}_H^2 = \frac{M_{12} + M_8 + M_5 + M_3 - M_{11} - M_9 - M_6 - M_2}{rldm}$$

$$\hat{\sigma}_{MH}^2 = \frac{M_{11} + M_2 - M_8 - M_5}{rld}$$

$$\hat{\sigma}_{ML}^2 = \frac{M_{10} + M_2 - M_8 - M_4}{rdh}$$

$$\hat{\sigma}_{HL}^2 = \frac{M_9 + M_2 - M_8 - M_3}{rdm}$$

$$\hat{\sigma}_{MHL}^2 = \frac{M_8 - M_2}{rd}$$

$$\hat{\sigma}_{MD}^2 = \frac{M_7 + M_2 - M_5 - M_4}{rlh}$$

$$\hat{\sigma}_{HD}^2 = \frac{M_6 + M_2 - M_5 - M_3}{rlm}$$

$$\hat{\sigma}_{MHD}^2 = \frac{M_5 - M_2}{rl}$$

$$\hat{\sigma}_{MLD}^2 = \frac{M_4 - M_2}{rh}$$

$$\hat{\sigma}_{HLD}^2 = \frac{M_3 - M_2}{rm}$$

$$\hat{\sigma}_{MHL D}^2 = \frac{M_2 - M_1}{r}$$

$$V(\hat{\sigma}_M^2) = \frac{2}{(rldh)^2} \left[\frac{(M_{13})^2}{g1M_{13}+2} + \frac{(M_8)^2}{g1M_8+2} + \frac{(M_5)^2}{g1M_5+2} + \frac{(M_4)^2}{g1M_4+2} + \frac{(M_{11})^2}{g1M_{11}+2} + \frac{(M_{10})^2}{g1M_{10}+2} + \frac{(M_7)^2}{g1M_7+2} + \frac{(M_2)^2}{g1M_2+2} \right]$$

$$\begin{aligned}
V(\hat{\sigma}_H^2) &= \frac{2}{(rldm)^2} \left[\frac{(M_{12})^2}{g1M_{12}+2} + \frac{(M_8)^2}{g1M_8+2} + \frac{(M_5)^2}{g1M_5+2} + \frac{(M_3)^2}{g1M_3+2} + \frac{(M_{11})^2}{g1M_{11}+2} + \frac{(M_9)^2}{g1M_9+2} + \frac{(M_6)^2}{g1M_6+2} + \frac{(M_2)^2}{g1M_2+2} \right] \\
V(\hat{\sigma}_{MH}^2) &= \frac{2}{(rld)^2} \left[\frac{(M_{11})^2}{g1M_{11}+2} + \frac{(M_2)^2}{g1M_2+2} + \frac{(M_8)^2}{g1M_8+2} + \frac{(M_5)^2}{g1M_5+2} \right] \\
V(\hat{\sigma}_{ML}^2) &= \frac{2}{(rdh)^2} \left[\frac{(M_{10})^2}{g1M_{10}+2} + \frac{(M_2)^2}{g1M_2+2} + \frac{(M_8)^2}{g1M_8+2} + \frac{(M_4)^2}{g1M_4+2} \right] \\
V(\hat{\sigma}_{HL}^2) &= \frac{2}{(rdm)^2} \left[\frac{(M_9)^2}{g1M_9+2} + \frac{(M_2)^2}{g1M_2+2} + \frac{(M_8)^2}{g1M_8+2} + \frac{(M_3)^2}{g1M_3+2} \right] \\
V(\hat{\sigma}_{MHL}^2) &= \frac{2}{(rd)^2} \left[\frac{(M_8)^2}{g1M_8+2} + \frac{(M_2)^2}{g1M_2+2} \right] \\
V(\hat{\sigma}_{MD}^2) &= \frac{2}{(rlh)^2} \left[\frac{(M_7)^2}{g1M_7+2} + \frac{(M_2)^2}{g1M_2+2} + \frac{(M_5)^2}{g1M_5+2} + \frac{(M_4)^2}{g1M_4+2} \right] \\
V(\hat{\sigma}_{HD}^2) &= \frac{2}{(rlm)^2} \left[\frac{(M_6)^2}{g1M_6+2} + \frac{(M_2)^2}{g1M_2+2} + \frac{(M_5)^2}{g1M_5+2} + \frac{(M_3)^2}{g1M_3+2} \right] \\
V(\hat{\sigma}_{MHD}^2) &= \frac{2}{(rl)^2} \left[\frac{(M_5)^2}{g1M_5+2} + \frac{(M_2)^2}{g1M_2+2} \right] \\
V(\hat{\sigma}_{MLD}^2) &= \frac{2}{(rh)^2} \left[\frac{(M_4)^2}{g1M_4+2} + \frac{(M_2)^2}{g1M_2+2} \right] \\
V(\hat{\sigma}_{HLD}^2) &= \frac{2}{(rm)^2} \left[\frac{(M_3)^2}{g1M_3+2} + \frac{(M_2)^2}{g1M_2+2} \right] \\
V(\hat{\sigma}_{MHL D}^2) &= \frac{2}{(r)^2} \left[\frac{(M_2)^2}{g1M_2+2} + \frac{(M_1)^2}{g1M_1+2} \right]
\end{aligned}$$

Los errores estándar se calcularon mediante la raíz cuadrada de cada una de las varianzas de las estimaciones de los componentes de varianza. De acuerdo a los componentes de varianza estimados, se procedió a calcular; la varianza genética aditiva, varianza de dominancia, sus interacciones, heredabilidad en sentido estrecho, así como sus respectivas varianzas y errores estándar --

para todas las características, tomando en cuenta cada análisis - de varianza:

Por localidad

$$\hat{\sigma}_M^2 = 1/4\hat{\sigma}_A^2 \quad V(\hat{\sigma}_{AM}^2) = \frac{16}{(rdh)^2} \cdot 2 \left[\frac{(M_7)^2}{glM_7+2} + \frac{(M_2)^2}{glM_2+2} + \frac{(M_5)^2}{glM_5+2} + \frac{(M_4)^2}{glM_4+2} \right]$$

$$\hat{\sigma}_H^2 = 1/4\hat{\sigma}_A^2 \quad V(\hat{\sigma}_{AH}^2) = \frac{16}{(rdm)^2} \cdot 2 \left[\frac{(M_6)^2}{glM_6+2} + \frac{(M_2)^2}{glM_2+2} + \frac{(M_5)^2}{glM_5+2} + \frac{(M_3)^2}{glM_3+2} \right]$$

$$EE(\hat{\sigma}_{AM}^2) = \sqrt{V(\hat{\sigma}_{AM}^2)}$$

$$EE(\hat{\sigma}_{AH}^2) = \sqrt{V(\hat{\sigma}_{AH}^2)}$$

$$\hat{\sigma}_{MH}^2 = 1/4\sigma_D^2 \quad V(\hat{\sigma}_D^2) = \frac{16}{(rd)^2} \cdot 2 \left[\frac{(M_5)^2}{glM_5+2} + \frac{(M_2)^2}{glM_2+2} \right] \quad EE\hat{\sigma}_D^2 = \sqrt{V(\hat{\sigma}_D^2)}$$

$$h^2 = \frac{4\hat{\sigma}_M^2}{\frac{\hat{\sigma}_e^2}{rhd} + \frac{4\hat{\sigma}_{MHD}^2}{hd} + \frac{4\hat{\sigma}_{MD}^2}{d} + \frac{4\hat{\sigma}_{MH}^2}{h} + 4\hat{\sigma}_M^2}$$

$$EE(h^2) = \frac{4EE(\hat{\sigma}_M^2)}{\frac{\hat{\sigma}_e^2}{rhd} + \frac{4\hat{\sigma}_{MHD}^2}{hd} + \frac{4\hat{\sigma}_{MD}^2}{d} + \frac{4\hat{\sigma}_{MH}^2}{h} + 4\hat{\sigma}_M^2}$$

Por densidad

$$\hat{\sigma}_M^2 = 1/4\hat{\sigma}_A^2 \quad V(\hat{\sigma}_{AM}^2) = \frac{16}{(rlh)^2} \cdot 2 \left[\frac{(M_7)^2}{glM_7+2} + \frac{(M_2)^2}{glM_2+2} + \frac{(M_5)^2}{glM_5+2} + \frac{(M_4)^2}{glM_4+2} \right]$$

$$EE(\hat{\sigma}_{AM}^2) = \sqrt{V(\hat{\sigma}_{AM}^2)}$$

$$\hat{\sigma}_H^2 = 1/4\hat{\sigma}_A^2 \quad V(\hat{\sigma}_{AH}^2) = \frac{16}{(rlm)^2} \cdot 2 \left[\frac{(M_6)^2}{glM_6+2} + \frac{(M_2)^2}{glM_2+2} + \frac{(M_5)^2}{glM_5+2} + \frac{(M_3)^2}{glM_3+2} \right]$$

$$EE(\hat{\sigma}_{AH}^2) = \sqrt{V(\hat{\sigma}_{AH}^2)}$$

$$\hat{\sigma}_{MH}^2 = 1/4\hat{\sigma}_D^2 \quad V(\hat{\sigma}_D^2) = \frac{16}{(rl)^2} \cdot 2 \left[\frac{(M_5)^2}{glM_5+2} + \frac{(M_2)^2}{glM_2+2} \right]$$

$$EE(\hat{\sigma}_D^2) = \sqrt{V(\hat{\sigma}_D^2)}$$

$$h^2 = \frac{4\hat{\sigma}_M^2}{\frac{\sigma_e^2}{rhl} + \frac{4\sigma_{MHL}^2}{hl} + \frac{4\hat{\sigma}_{ML}^2}{l} + \frac{4\hat{\sigma}_{MH}^2}{h} + 4\hat{\sigma}_M^2}$$

$$EE(h^2) = \frac{4EE(\hat{\sigma}_M^2)}{\frac{\hat{\sigma}_e^2}{rhl} + \frac{4\hat{\sigma}_{MHL}^2}{hl} + \frac{4\hat{\sigma}_{ML}^2}{l} + \frac{4\hat{\sigma}_{MH}^2}{h} + 4\hat{\sigma}_M^2}$$

Combinado:

$$\hat{\sigma}_M^2 = 1/4\hat{\sigma}_A^2 \quad V(\hat{\sigma}_{AM}^2) = \frac{16}{(rldh)^2} \cdot 2 \left[\frac{(M_{13})^2}{glM_{13}+2} + \frac{(M_8)^2}{glM_8+2} + \frac{(M_5)^2}{glM_5+2} + \frac{(M_4)^2}{glM_4+2} + \frac{(M_1)^2}{glM_{11}+2} + \frac{(M_{10})^2}{glM_{10}+2} \right. \\ \left. + \frac{(M_7)^2}{glM_7+2} + \frac{(M_2)^2}{glM_2+2} \right]$$

$$\hat{\sigma}_H^2 = 1/4\hat{\sigma}_A^2 \quad V(\hat{\sigma}_{AH}^2) = \frac{16}{(rldm)^2} \cdot 2 \left[\frac{(M_{12})^2}{glM_{12}+2} + \frac{(M_8)^2}{glM_8+2} + \frac{(M_5)^2}{glM_5+2} + \frac{(M_3)^2}{glM_3+2} + \frac{(M_{11})^2}{glM_{11}+2} + \frac{(M_9)^2}{glM_9+2} \right. \\ \left. + \frac{(M_6)^2}{glM_6+2} + \frac{(M_2)^2}{glM_2+2} \right]$$

$$\hat{\sigma}_{MH}^2 = 1/4\hat{\sigma}_D^2 \quad V(\hat{\sigma}_D^2) = \frac{16}{(rld)^2} \cdot 2 \left[\frac{(M_{11})^2}{glM_{11}+2} + \frac{(M_2)^2}{glM_2+2} + \frac{(M_8)^2}{glM_8+2} + \frac{(M_5)^2}{glM_5+2} \right]$$

$$h^2 = \frac{4\hat{\sigma}_M^2}{\frac{\sigma_e^2}{rh\bar{d}} + \frac{4\hat{\sigma}_{MHL D}^2}{h\bar{d}} + \frac{4\hat{\sigma}_{ML D}^2}{\bar{d}} + \frac{4\hat{\sigma}_{MH}^2}{h} + 4\hat{\sigma}_M^2}$$

$$EEh^2 = \frac{4EE(\hat{\sigma}_M^2)}{\frac{\hat{\sigma}_e^2}{rh\bar{d}} + \frac{4\hat{\sigma}_{MHL D}^2}{h\bar{d}} + \frac{4\hat{\sigma}_{ML D}^2}{\bar{d}} + \frac{4\hat{\sigma}_{MH}^2}{h} + 4\hat{\sigma}_M^2}$$

El análisis de covarianza por localidad para cada una de las características (x) y rendimiento (y), conjuntando 13 grupos y 2 densidades, se muestra en el Cuadro 4.

Los componentes de covarianza fueron estimados de las esperanzas de productos medios (Cuadro 4), donde:

$$\sigma_{Mx_iY_j} = \frac{M_{7x_iY_j} M_{7x_iY_j} + M_{2x_iY_j} M_{2x_iY_j} - M_{5x_iY_j} M_{5x_iY_j} - M_{4x_iY_j} M_{4x_iY_j}}{rdh}$$

$$\sigma_{Hx_iY_j} = \frac{M_{6x_iY_j} M_{6x_iY_j} + M_{2x_iY_j} M_{2x_iY_j} - M_{5x_iY_j} M_{5x_iY_j} - M_{3x_iY_j} M_{3x_iY_j}}{rdm}$$

$$\sigma_{MHx_iY_j} = \frac{M_{5x_iY_j} M_{5x_iY_j} - M_{2x_iY_j} M_{2x_iY_j}}{rd}$$

$$\sigma_{ex_iY_j} = \frac{M_{1x_iY_j} M_{1x_iY_j}}{r}$$

De estas estimaciones fueron calculados los componentes de covarianza, genética aditiva, genética y fenotípica, como son:

Cuadro 4. COMPONENTES DEL ANALISIS DE COVARIANZA POR LOCALIDADES PARA CADA UNA DE LAS CARACTERISTICAS (x) Y RENDIMIENTO (y) PARA 13 GRUPOS Y 2 DENSIDADES.

Fuente de variación	grados de libertad.	Producto medio	Esperanzas de producto medio.
Densidades (D)	1		
Grupos (G)	12		
G x D	12		
Repeticiones (R)/G y D	26		
Familias (F)/G	312		
Machos (M)/G	52	$M_{7i} M_{7j}$	$\sigma_{exiyj} + r_{q_{MHDXiyj}} + rhq_{MHXiyj} + rdh_{q_{HXiyj}}$
Hembras (H)/G	52	$M_{6i} M_{6j}$	$\sigma_{exiyj} + r_{q_{MHDXiyj}} + im_{\sigma_{HDXiyj}} + rd_{\sigma_{MHXiyj}} + rd_{m_{\sigma_{HXiyj}}}$
M x H/G	208	$M_{5xi} M_{5yj}$	$\sigma_{exiyj} + r_{q_{MHDXiyj}} + rd_{\sigma_{MHXiyj}}$
F x D/G	312		
M x D/G	52	$M_{4xi} M_{4yj}$	$\sigma_{exiyj} + r_{q_{MHDXiyj}} + rhq_{MDXiyj}$
H x D/G	52	$M_{3xi} M_{3yj}$	$\sigma_{exiyj} + r_{q_{MHDXiyj}} + im_{\sigma_{HDXiyj}}$
M x H x D/G	208	$M_{2xi} M_{2yj}$	$\sigma_{exiyj} + r_{q_{MHDXiyj}}$
Error conjunto	624	$M_{1xi} M_{1yj}$	σ_{exiyj}

$$\sigma_{GAX_iY_j} = 4\sigma_{Mx_iY_j} = 4\sigma_{Hx_iY_j}$$

$$\sigma_{GDx_iY_j} = 4\sigma_{MHx_iY_j}$$

$$\sigma_{Gx_iY_j} = \sigma_{GAX_iY_j} + \sigma_{GDx_iY_j}$$

$$\sigma_{px_iY_j} = \sigma_{Gx_iY_j} + \sigma_{ex_iY_j}$$

Las correlaciones, genética aditiva, genética y fenotípica fueron determinados por medio de los componentes de varianza y covarianza, de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$r_{GAX_iY_j} = \frac{\sigma_{GAX_iY_j}}{\sqrt{\sigma_{GAX_i}^2 \sigma_{GAY_j}^2}}$$

$$r_{Gx_iY_j} = \frac{\sigma_{Gx_iY_j}}{\sqrt{\sigma_{Gx_i}^2 \sigma_{Gy_j}^2}}$$

$$r_{px_iY_j} = \frac{\sigma_{px_iY_j}}{\sqrt{\sigma_{px_i}^2 \sigma_{py_j}^2}}$$

donde:

$r_{GAX_iY_j}$ = coeficiente de correlación genética aditiva entre la i -ésima característica y rendimiento.

$\sigma_{GAX_iY_j}$ = covarianza genética aditiva entre la i -ésima característica y rendimiento.

$\sigma_{GAX_i}^2$ = varianza genética aditiva de la i -ésima característica.

$\sigma_{GAY_j}^2$ = varianza genética aditiva de rendimiento.

$r_{Gx_iY_j}$ = coeficiente de correlación genética entre la i -ésima característica y rendimiento.

$\sigma_{Gx_iY_j}$ = covarianza genética entre la i-ésima característica y rendimiento.

$\sigma_{Gx_i}^2$ = varianza genética de la i-ésima característica.

$\sigma_{Gy_j}^2$ = varianza genética de rendimiento.

$r_{px_iY_j}$ = coeficiente de correlación fenotípica entre la i-ésima característica y rendimiento.

$\sigma_{px_iY_j}$ = covarianza fenotípica entre la i-ésima característica y rendimiento.

$\sigma_{px_i}^2$ = varianza fenotípica de la i-ésima característica.

$\sigma_{py_j}^2$ = varianza fenotípica de rendimiento.

Las estimaciones de componentes de covarianza, genética aditiva, genética y fenotípica, y sus correlaciones para el análisis de covarianza por densidad y combinado fueron realizados en forma similar a las descritas anteriormente (análisis de covarianza por localidad), siendo diferentes algunas fuentes de variación y coeficientes.

También se estimaron los coeficientes de variación genética de cada una de las 3 densidades, 3 localidades y el combinado de las mismas, para las 10 características de planta y las 7 características de mazorca, mediante la fórmula:

$$C.V.G. = \frac{\sqrt{\sigma_G^2}}{\bar{X}} \times 100$$

donde:

C.V.G. = Coeficiente de Variación Genética.

σ_G^2 = varianza genética de cada característica.

\bar{X} = media general de cada característica.

La ganancia esperada por ciclo y por año se estimó utilizando los métodos de selección recurrente de hermanos completos y líneas S₁, de acuerdo a las siguientes expresiones:

Método de:

<u>Hermanos completos</u>	<u>Líneas S₁</u>
$\Delta Gc = \frac{K1/2\sigma_A^2}{\sigma_p^2}$	$\Delta Gc = \frac{K \sigma_A^2}{\sigma_p^2}$
$\Delta Gy = \frac{K1/2\sigma_A^2}{y\sigma_p^2}$	$\Delta Gy = \frac{K \sigma_A^2}{y\sigma_p^2}$

donde:

$\Delta Gc, \Delta Gy$ = ganancia esperada por ciclo y año, respectivamente.

K = diferencial de selección en unidades estándar para una presión de selección del 10% para ambos métodos, siendo $K = 1.75$

y = número de años para completar cada ciclo de selección.

σ_p^2 = varianza fenotípica.

IV. RESULTADOS

Los resultados fueron obtenidos de tres experimentos -- realizados en tres localidades durante 1981. Diez características de planta fueron medidas; rendimiento, días a flor masculina, y femenina, altura de planta y mazorca, acame de raíz y tallo, mazorcas podridas, mala cobertura y mazorcas x 100 plantas.

Solamente en una localidad, se midieron siete caracte-- rísticas de mazorca a saber; diámetro y longitud de mazorca, diá-- metro de olote, hileras por mazorca, granos por hilera, profundi-- dad de grano y peso de 300 semillas.

Todas las 17 características fueron medidas y registra-- das para cada una de las 325 familias, las cuales estuvieron divi-- didas en 13 grupos de 25 familias cada uno en dos repeticiones pa-- ra los tres experimentos.

En todos los análisis de varianza, los cuadrados medios de familias se dividieron en; machos, hembras, machos x hembras, y sus respectivas interacciones, con el fin de estimar los compo-- nentes de varianza.

Los cuadrados medios de los análisis de varianza; por -- localidad, densidad y combinado de siete características de plan--

IV. RESULTADOS

Los resultados fueron obtenidos de tres experimentos -- realizados en tres localidades durante 1981. Diez característi-- cas de planta fueron medidas; rendimiento, días a flor masculina, y femenina, altura de planta y mazorca, acame de raíz y tallo, ma zorcas podridas, mala cobertura y mazorcas x 100 plantas.

Solamente en una localidad, se midieron siete caracte-- rísticas de mazorca a saber; diámetro y longitud de mazorca, diá-- metro de olote, hileras por mazorca, granos por hilera, profundi-- dad de grano y peso de 300 semillas.

Todas las 17 características fueron medidas y registra-- das para cada una de las 325 familias, las cuales estuvieron divi-- didas en 13 grupos de 25 familias cada uno en dos repeticiones pa-- ra los tres experimentos.

En todos los análisis de varianza, los cuadrados medios de familias se dividieron en; machos, hembras, machos x hembras, y sus respectivas interacciones, con el fin de estimar los compo-- nentes de varianza.

Los cuadrados medios de los análisis de varianza; por - localidad, densidad y combinado de siete características de plan-

ta se presentan en los Cuadros 5 a 7.

En los Cuadros 8 y 9, se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza combinado y por densidad de siete características de mazorca para Río Bravo, Tamps. 1981A.

Las fuentes de variación, densidades y localidades (Cuadros 5 y 6, respectivamente), fueron significativas al 1% de probabilidad para las siete características de planta estudiadas, -- sin embargo, en el análisis de varianza combinado (Cuadro 7), no mostraron significancia, excepto la fuente de variación localidades para las características, días a flor masculina y mala cobertura.

El cuadrado medio de machos, hembras y machos x hembras, fue significativo al 1% de probabilidad para los análisis de varianza individuales en la mayoría de las características medidas (Cuadros 5 y 6), ésto indica que existe suficiente variabilidad genética en la población. Se puede observar además, que tanto -- las localidades como densidades utilizadas en los experimentos, -- son ambientes favorables para detectar diferencias en características agronómicas de interés. Del análisis combinado (Cuadro 7), las fuentes de variación machos y hembras no fueron significativas para la característica rendimiento, encontrando significancia al 1% de probabilidad para la fuente de variación machos x hembras, lo cual implica una superioridad de genes dominantes presentes en la población. En cada uno de los análisis de varianza, se

Medios

masculina L ₃	Altura de mazorca			Acame de tallo			Mazorcas podridas		
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₁	L ₂	L ₃	L ₁	L ₂	L ₃
305.3**	2007.2**	148324**	106872**	2.68**	7.07**	86.5**	.31**	1.27**	1.41**
23.4**	2078.9**	1415.7NS	2473.1**	.02NS	.14*	.42NS	.11**	.09NS	.07NS
2.8*	343.2**	625.8NS	525.2NS	.02**	.05NS	.16NS	.03**	.04**	.05*
1.1	95.9	362.1	523.5	.01	.02	.19	.01	.01	.02
4.3**	626.5**	718.5**	470.7**	.02*	.03*	.08NS	.04**	.01NS	.02**
7.8**	838.4**	924.9**	526.8**	.02*	.03NS	.04NS	.04**	.01NS	.02**
1.2**	99.9**	144.3**	145.0NS	.004NS	.01NS	.03NS	.01**	.01NS	.01*
.09NS	77.9**	82.2NS	111.8NS	.01**	.02**	.05**	.01NS	.01NS	.01NS
.07NS	53.7NS	90.0NS	131.2NS	.01**	.02**	.03NS	.01NS	.01NS	.01*
.07NS	52.8NS	80.2NS	117.4NS	.01NS	.01NS	.03NS	.01NS	.01NS	.01NS
.06	46.8	96.8	125.3	.005	.01	.03	.01	.01	.01
73.14	82.33	114.20	119.39	.067	.151	.354	.119	.098	.167
1.07	8.31	8.62	9.37	104.3	69.88	48.48	66.22	75.25	44.78

Cuadro 5 Continuación.

Mala cobertura			Mazorcas x 100 plantas		
L ₁	L ₂	L ₃	L ₁	L ₂	L ₃
1.23**	.08NS	.48*	26281**	1054387**	949375**
.59**	.54**	.19NS	322.0NS	5020NS	3645NS
.14*	.07NS	.09**	184.2*	2123**	2456*
.06	.09	.03	81.9	556	1046
.13**	.04**	.03*	301.4*	1564NS	2194*
.19**	.05**	.03*	230.1*	1261NS	1782*
.04**	.01*	.02*	95.0NS	509.8**	851.3**
.02NS	.02**	.02NS	133.3**	871.3**	1103**
.03**	.02**	.02NS	136.9**	745.5**	771.6*
.02*	.01NS	.01NS	87.9NS	324.3NS	545.9NS
.02	.01	.01	86.2	356.3	548.9
.234	.182	.185	100.77	116.45	113.69
57.24	61.09	60.71	9.21	16.21	20.61

masculina	M e d i o s								
	D ₃	Altura de mazorca			Acame de tallo			Mazorcas podridas	
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃
	448844**	149016**		53.7**	1.2**		1.8**	.8**	
25.6**	2746**	2636**	1029**	.3*	.04NS	.04*	.1NS	.1*	.04**
	444.9NS	251.7NS		.1NS	.05**		.1**	.02*	
.9	498.7	165.3	67.1	.1	.01	.01	.02	.01	.01
2.2**	714.1**	607.0**	258.3**	.1**	.01**	.03**	.02*	.01**	.02**
1.7**	838.6**	952.2**	266.3**	.04NS	.01NS	.03**	.03**	.01**	.03**
.7*	148.1**	122.3**	69.9**	.03NS	.004NS	.01NS	.01NS	.004NS	.01*
	153.1**	139.9**		.04**	.01NS		.01**	.01**	
	156.1**	124.7**		.03NS	.01*		.01NS	.01**	
	103.4NS	72.7NS		.03NS	.005*		.01NS	.004*	
.6	111.0	68.3	46.7	.02	.004	.01	.01	.004	.01
69.71	111.54	98.41	84.36	.30	.06	.14	.14	.11	.14
1.09	9.45	8.40	8.10	52.97	101.20	74.05	62.35	56.03	56.47

Cuadro 6 Continuación.

Mala cobertura			Mazorcas x 100 plantas		
D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃
.9**	1.7**		14765**	268175**	
.5**	.4**	.3*	1314NS	5792*	125.7NS
.1**	.1NS		1156**	2194*	
.04	.09	.01	253.9	864.4	93.9
.08*	.06**	.03**	382.9NS	3125**	107.9*
.1**	.09**	.05**	518.5*	1856*	89.9NS
.03NS	.02NS	.01NS	303.7NS	646.1*	72.4NS
.04**	.02**		301.1NS	1040**	
.04**	.02**		282.4NS	1017**	
.02*	.01*		242.8NS	497.1*	
.02	.01	.01	244.1	423.9	64.9
.22	.20	.18	90.04	131.16	98.97
63.18	53.55	61.27	17.35	15.70	8.14

M e d i o s			
Acame tallo	Mazorcas podridas	Mala cobertura	Mazorcas x 100 plantas
0.26NS	0.15**	0.84**	5471.63*
34.53NS	1.84NS	2.47**	80348.94NS
0.15**	0.05NS	0.18NS	1777.17NS
53.16NS	1.32NS	0.33NS	1648007NS
0.10NS	0.03NS	0.06NS	1634.94NS
20.45**	0.73**	0.12NS	202591**
0.05NS	0.05**	0.11*	1574.08**
0.07**	0.01NS	0.06**	559.15**
0.06NS	0.03**	0.12**	2301.69NS
0.03NS	0.03**	0.17**	1662.48NS
0.02NS	0.01NS	0.03*	595.72NS
0.03NS	0.01NS	0.04**	868.88*
0.02NS	0.01NS	0.04**	796.07**
0.02NS	0.01**	0.02**	431.59**
0.03NS	0.01NS	0.02NS	1206.56**
0.02*	0.01*	0.03NS	711.82NS
0.01NS	0.01NS	0.02NS	354.13NS
0.02**	0.01*	0.02NS	472.53**
0.01NS	0.01NS	0.02**	503.74**
0.01NS	0.01NS	0.02NS	308.25NS
0.01	0.01	0.02	333.99
0.18	0.12	0.21	110.60
66.71	60.84	59.04	16.52

presentan sus respectivos coeficientes de variación para cada una de las características medidas, siendo los más altos para acame - de tallo, mazorcas podridas, mala cobertura y rendimiento. Ya que las características de mazorca fueron medidas solamente en una localidad (Río Bravo, Tamps.), a tres densidades, los cuadrados medios de los análisis de varianza respectivos se muestran en los Cuadros 8 y 9, donde podemos observar que existe significancia al 1% de probabilidad para todos los caracteres estudiados.

Las fuentes de variación para machos, hembras y machos x hembras fueron significativos al 1% de probabilidad (Cuadros 8 y 9), indicando que hay suficiente variabilidad genética en la población para las siete características de mazorca.

Los coeficientes de variación fueron aceptables, siendo confiables los resultados obtenidos para estas mediciones. En los Cuadros 10, 11 y 12 se presentan las estimaciones de: varianzas genéticas (aditiva y de dominancia), su interacción con densidades, heredabilidad en sentido estrecho y la relación de varianzas aditiva a dominancia, para las localidades de Río Bravo, Torreón y Los Mochis, respectivamente.

La varianza aditiva fue mayor que la varianza de dominancia para todas las características estudiadas, excepto rendimiento (Cuadros 10 a 12). La heredabilidad en sentido estrecho, resultó ligeramente alta, comparada con lo reportado previamente por Hallauer y Miranda (1981). Para el carácter rendimiento, el

M e d i o s			
Longitud de mazorca	Diámetro de olote	Profundidad de grano.	Peso de 300 -- semillas x 10 ³
3055.26*	109.26**	30.07**	230.83**
314445.29**	892.96**	592.31**	6678.29**
1080.45**	4.87NS	7.86*	40.88**
138.22	2.90	4.02	7.66
627.84**	26.14**	8.64**	56.44**
518.11**	30.62**	10.94**	46.93**
152.51**	3.41**	2.44NS	7.06**
133.95**	2.11NS	2.64NS	6.58*
79.86NS	2.20*	2.71NS	5.06NS
80.84NS	1.70NS	2.23*	4.93NS
102.40	1.79	1.94	5.10
160.66	26.76	18.61	869.74
6.30	5.00	7.48	8.21

M e d i o s								
Granos por hilera			Longitud de mazorca			Diámetro de olote		
D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃
177.60**	160.02**	160.66**	1622**	1655**	1939**	48.40**	35.84**	34.75**
10.50	6.70	9.71	249.7	78.5	86.4	2.69	2.93	3.09
27.13**	20.68**	20.57**	295.3**	299.3**	301.1**	7.99**	11.77**	10.59**
19.36**	19.75**	21.75**	230.1**	202.4**	245.4**	10.64**	13.36**	11.03**
7.35NS	6.49NS	7.75NS	110.3NS	95.6NS	108.3NS	1.99NS	2.89*	1.94*
7.62	6.04	7.36	117.4	85.4	104.4	1.68	2.17	1.53
29.82	39.83	35.29	139.4	183.3	159.3	25.69	28.01	26.56
9.26	6.17	7.69	7.77	5.04	6.42	5.04	5.26	4.65

Cuadro 9 Continuación.

Profundidad de grano			Peso de 300 semillas		
D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃
19.54*	7.64NS	18,61**	60622**	60686**	191280**
5.68	3.35	3.02	14765	3388	4832
4.49**	5.18**	4.25**	20965**	20964**	27681**
5.17**	6.30**	4.89**	16547**	18522**	21992**
2.37NS	2.70*	1.83*	5882NS	4652NS	6390*
2.23	2.12	1.46	5813	4644	4831
17.74	19.63	18.45	780.6	980.0	848.6
8.42	7.42	6.55	9.77	6.95	8.19

Cuadro 10. VARIANZAS; ADITIVA ($\hat{\sigma}_A^2$), DE DOMINANCIA ($\hat{\sigma}_D^2$), ADITIVA x DENSIDAD ($\hat{\sigma}_{AD}^2$), DOMINANCIA x DENSIDAD ($\hat{\sigma}_{DD}^2$) Y HEREDABILIDAD EN SENTIDO ESTRECHO (h^2) EN BASE A LA MEDIA DE UNA ENTRADA Y LA RELACION DE VARIANZA ADITIVA A DOMINANCIA ($\hat{\sigma}_A^2/\hat{\sigma}_D^2$) DE 17 CARACTERISTICAS PARA LA LOCALIDAD DE RIO BRAVO, TAMPS. 1981 CICLO A.

Característica	$\hat{\sigma}_A^2$	$\hat{\sigma}_D^2$	$\hat{\sigma}_{AD}^2$	$\hat{\sigma}_{DD}^2$	h^2	$\hat{\sigma}_A^2/\hat{\sigma}_D^2$
Rendimiento	113150 63410	344560 83070	89930 52660	-135120 114200	0.47 0.26	0.33
Días a flor masculina	0.42 0.13	0.44 0.09	0.14 0.06	- 0.16 0.11	0.71 0.22	0.95
Días a flor femenina	0.49 0.15	0.24 0.11	0.16 0.09	0.08 0.19	0.73 0.23	2.04
Altura de planta	103.20 24.70	50.30 10.00	7.28 5.20	10.40 11.20	0.86 0.21	2.05
Altura de mazorca	82.60 19.30	31.40 7.00	5.20 3.90	12.00 8.50	0.88 0.21	2.63
Acame de raíz	0.02 0.01	0.01 0.003	0.01 0.002	- 0.001 0.004	0.80 0.21	2.00
Acame de tallo	0.001 0.001	- 0.0003 0.0004	0.002 0.001	0.001 0.001	0.44 0.23	---
Mazorcas podridas	0.004 0.001	0.002 0.001	- 0.0001 0.0004	0.001 0.001	0.88 0.23	2.00
Mala cobertura	0.02 0.01	0.01 0.003	0.003 0.002	0.01 0.004	0.79 0.22	2.00
Mazorcas x 100 plantas	16.50 7.60	4.80 7.40	18.90 7.90	3.30 14.60	0.55 0.25	3.44

Cuadro 10 Continuación.

C a r a c t e r í s t i c a	$\hat{\sigma}_A^2$	$\hat{\sigma}_D^2$	$\hat{\sigma}_{AD}^2$	$\hat{\sigma}_{DD}^2$	h^2	$\hat{\sigma}_A^2/\hat{\sigma}_D^2$
Díámetro de mazorca	3.80 0.90	0.94 0.40	0.09 0.24	0.80 0.60	0.91 0.21	4.04
Hileras por mazorca	1.40 0.30	0.30 0.10	- 0.10 0.10	0.20 0.20	0.95 0.21	4.67
Granos por hilera	4.10 1.20	1.70 0.70	1.70 0.60	- 1.30 1.10	0.75 0.22	2.41
Longitud de mazorca	52.60 15.30	47.80 10.70	10.40 6.40	-43.10 14.70	0.77 0.23	1.10
Díámetro de olote	3.30 0.80	1.10 0.20	0.20 0.10	- 0.20 0.30	0.90 0.21	3.00
Profundidad de grano	0.92 0.30	0.14 0.19	0.20 0.20	0.60 0.40	0.81 0.23	6.57
Peso de 300 semillas	5831 1360	1420 515	357 351	- 329 830	0.91 0.21	4.11

La cantidad superior indica la estimación del parámetro y la inferior el error estándar para éste y los siguientes cuadros.

Cuadro 11. ESTIMACION DE COMPONENTES DE VARIANZAS; ADITIVA ($\hat{\sigma}_A^2$), DE DOMINANCIA ($\hat{\sigma}_D^2$), -- ADITIVA x DENSIDAD ($\hat{\sigma}_{AD}$), DOMINANCIA x DENSIDAD ($\hat{\sigma}_{DD}$) Y HEREDABILIDAD EN SENTIDO ESTRECHO (h^2) EN BASE A LA MEDIA DE UNA ENTRADA Y LA RELACION DE VARIANZA ADITIVA A DOMINANCIA ($\hat{\sigma}_A^2/\hat{\sigma}_D^2$) PARA 10 CARACTERISTICAS DE PLANTA EN TORREON COAH. 1981 CICLO PRIMAVERA-VERANO.

C a r a c t e r í s t i c a	$\hat{\sigma}_A^2$	$\hat{\sigma}_D^2$	$\hat{\sigma}_{AD}^2$	$\hat{\sigma}_{DD}^2$	h^2	$\hat{\sigma}_A^2/\hat{\sigma}_D^2$
Rendimiento	892570 392700	978370 408210	487600 300200	7344 546400	0.61 0.27	0.91
Días a flor masculina	1.10 0.43	0.42 0.60	0.04 0.33	0.40 0.83	0.77 0.31	2.62
Días a flor femenina	1.10 0.60	0.96 0.97	- 0.09 0.56	0.33 1.46	0.68 0.39	1.15
Altura de planta	168.80 42.80	87.28 25.41	3.16 12.32	- 68.12 32.52	0.89 0.23	1.93
Altura de mazorca	134.30 32.60	64.13 16.19	2.36 7.44	- 33.32 19.16	0.90 0.22	2.09
Acame de raíz	0.0001 0.0002	0.0003 0.0004	0.0003 0.0003	0.0003 0.0006	0.25 0.46	0.33
Acame de tallo	0.002 0.001	0.0004 0.002	0.003 0.002	- 0.0004 0.002	0.48 0.34	5.00
Mazorcas podridas	0.001 0.001	0.001 0.001	0.001 0.001	- 0.0002 0.001	0.54 0.39	1.00
Mala cobertura	0.01 0.002	0.003 0.002	0.003 0.002	- 0.003 0.003	0.68 0.26	3.33
Mazorcas x 100 plantas	83.70 65.00	185.40 59.20	193.60 64.80	- 63.86 75.20	0.37 0.28	0.45

Cuadro 12. VARIANZAS; ADITIVA ($\hat{\sigma}_A^2$), DE DOMINANCIA ($\hat{\sigma}_D^2$), ADITIVA x DENSIDAD ($\hat{\sigma}_{AD}^2$), DOMINANCIA x DENSIDAD ($\hat{\sigma}_{DD}^2$) Y HEREDABILIDAD EN SENTIDO ESTRECHO (h^2) EN BASE A LA MEDIA DE UNA ENTRADA Y LA RELACION DE VARIANZA ADITIVA A DOMINANCIA ($\hat{\sigma}_A^2/\hat{\sigma}_D^2$) PARA 10 CARACTERISTICAS DE PLANTA EN LA LOCALIDAD DE LOS MOCHIS, SIN. 1981 CIELO PRIMAVERA.

Característica	$\hat{\sigma}_A^2$	$\hat{\sigma}_D^2$	$\hat{\sigma}_{AD}^2$	$\hat{\sigma}_{DD}^2$	h^2	$\hat{\sigma}_A^2/\hat{\sigma}_D^2$
Rendimiento	587890 189470	602300 133570	116100 74900	-74320 141120	0.74 0.23	0.98
Días a flor masculina	0.96 0.24	0.48 0.13	0.03 0.07	0.16 0.16	0.86 0.22	2.00
Días a flor femenina	1.61 0.41	0.93 0.27	- 0.06 0.12	0.53 0.31	0.86 0.22	1.73
Altura de planta	161.10 42.38	40.10 34.38	- 11.07 18.04	- 5.00 51.56	0.92 0.25	4.02
Altura de mazorca	69.94 20.47	27.60 18.30	1.62 10.60	-15.72 27.04	0.86 0.25	2.53
Acame de raíz	0.01 0.004	0.01 0.004	0.01 0.004	0.02 0.01	0.36 0.29	1.00
Acame de tallo	0.001 0.003	0.01 0.004	0.01 0.004	- 0.003 0.006	0.21 0.45	0.10
Mazorcas podridas	0.002 0.001	0.002 0.001	0.001 0.001	- 0.001 0.001	0.65 0.28	1.00
Mala cobertura	0.003 0.002	0.004 0.002	0.002 0.001	0.001 0.003	0.51 0.32	0.75
Mazorcas x 100 plantas	149.10 88.52	305.40 99.16	156.60 76.80	- 6.00 123.60	0.47 0.28	0.49

valor de la varianza de dominancia fue considerablemente más grande que el de la varianza aditiva (Cuadros 10 a 12), contrario a la mayoría de los resultados experimentales encontrados en la literatura, Williams *et al* (1965); Moll y Robinson (1967) y Sentz (1971) entre otros.

En el Cuadro 10, se observa que la varianza aditiva estimada fue superior a la varianza de dominancia para las siete características de mazorca, también se muestran las heredabilidades respectivas, las cuales fueron ligeramente altas. El análisis combinado a través de localidades y densidades se presentan en el Cuadro 13, el cual muestra las estimaciones de varianza; aditiva, de dominancia, interacción con localidades y densidades, heredabilidad en sentido estrecho y la relación de varianza aditiva a dominancia para las diez características de planta.

De nuevo la varianza de dominancia fue de mayor magnitud que la varianza aditiva para el caracter rendimiento al igual que mazorcas x 100 plantas, siendo lo contrario para las demás características.

También se observan en el Cuadro 13, valores negativos, como en las estimaciones de; varianza de dominancia, su interacción con densidades, localidades y varianza aditiva x densidad, algunos de los cuales se pueden considerar prácticamente cero. Los valores estimados para la heredabilidad en sentido estrecho (Cuadro 13) son ligeramente altos.

Cuadro 13. ESTIMACION DE VARIANZAS; ADITIVA ($\hat{\sigma}_A^2$), DE DOMINANCIA ($\hat{\sigma}_D^2$), SUS INTERACCIONES CON DENSIDADES ($\hat{\sigma}_{AD}^2$, $\hat{\sigma}_{DD}^2$) Y LOCALIDADES ($\hat{\sigma}_{AL}^2$, $\hat{\sigma}_{DL}^2$, $\hat{\sigma}_{ALD}^2$, $\hat{\sigma}_{DL D}^2$) HEREDABILIDAD EN SENTIDO ESTRECHO (h^2) EN BASE A LA MEDIA DE UNA ENTRADA Y LA RELACION DE VARIANZA - ADITIVA A DOMINANCIA ($\hat{\sigma}_A^2/\hat{\sigma}_D^2$) PARA 10 CARACTERISTICAS DE PLANTA EN BASE AL ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO. Durante 1981

Característica	$\hat{\sigma}_A^2$	$\hat{\sigma}_D^2$	$\hat{\sigma}_{AL}^2$	$\hat{\sigma}_{DL}^2$	$\hat{\sigma}_{AD}^2$	$\hat{\sigma}_{DD}^2$	$\hat{\sigma}_{ALD}^2$	$\hat{\sigma}_{DL D}^2$	h^2	$\hat{\sigma}_A^2/\hat{\sigma}_D^2$
Rendimiento	56907 223473	327882 103392	444536 127012	335176 275623	111685 71509	3541 98590	120343 100821	-111588 189821	0.36 0.66	0.17
Días a flor masculina	0.63 0.19	0.50 0.13	0.21 0.10	-0.03 0.32	-0.02 0.07	0.07 0.14	0.10 0.12	0.02 0.25	0.81 0.25	1.26
Días a flor femenina	0.74 0.25	0.64 0.22	0.31 0.17	0.19 0.57	-0.37 0.10	0.16 0.24	0.11 0.19	0.02 0.43	0.79 0.26	1.16
Altura de planta	109.45 27.85	37.44 11.51	35.69 10.95	23.50 30.11	-1.04 5.20	2.82 11.54	2.44 9.07	-23.41 22.00	0.92 0.23	2.92
Altura de mazorca	80.05 19.60	26.17 7.23	15.35 6.18	17.25 17.35	-1.74 3.28	5.28 6.79	6.83 5.79	-20.50 12.47	0.92 0.22	3.06
Acame de raíz	0.003 0.002	0.002 0.001	0.003 0.002	0.004 0.003	0.0005 0.001	0.001 0.001	0.01 0.002	0.004 0.002	0.63 0.33	1.50
Acame de tallo	0.001 0.001	-0.00001 0.001	0.001 0.001	0.002 0.003	0.001 0.001	-0.0004 0.001	0.002 0.001	-0.0005 0.002	0.56 0.62	—
Mazorcas podridas	0.001 0.0004	-0.00005 0.0004	0.0004 0.0003	0.002 0.001	0.0002 0.0003	0.001 0.0005	0.0005 0.0004	-0.001 0.001	0.91 0.31	—
Mala Cobertura	0.01 0.002	0.003 0.001	0.003 0.001	0.005 0.004	0.0002 0.001	-0.00004 0.001	0.003 0.001	0.002 0.002	0.82 0.27	3.33
Mazorcas x 100 plantas	37.35 31.03	39.42 25.76	44.20 27.77	123.34 73.55	56.69 27.35	30.58 27.18	71.95 28.40	-51.47 48.00	0.61 0.51	0.95

Los errores estándar (Cuadros 10 a 13) correspondientes a cada uno de los parámetros estimados resultaron inferiores en la mayoría de los casos, encontrando algunos de ellos con valor de superior magnitud. Las varianzas; aditiva, de dominancia, sus interacciones con localidades, heredabilidad en sentido estrecho, y relación de varianza aditiva a dominancia se muestran en el Cuadro 14, para las diez características de planta en cada una de las densidades utilizadas combinadas a través de localidades. Es importante mencionar, que la densidad alta, detectó una mayor cantidad tanto de varianza aditiva como varianza de dominancia para -- rendimiento, días a flor femenina, mazorcas podridas y mala cobertura que la densidad baja.

La heredabilidad en sentido estrecho resultó similar en ambas densidades (alta y baja) para las características estudiadas, sin embargo el valor del carácter mazorcas podridas fue mayor en la densidad alta (Cuadro 14). En las dos densidades para los caracteres medidos a excepción de rendimiento y días a flor femenina, la varianza aditiva fue superior a la varianza de dominancia.

En el Cuadro 15, se muestran las estimaciones de varianza; aditiva, de dominancia, heredabilidad en sentido estrecho y la relación de varianza aditiva a dominancia, para las siete características de mazorca; de nuevo la varianza aditiva superó considerablemente a la varianza de dominancia en las tres densidades utilizadas. Se observa además, que no hay diferencias notables --

$\hat{\sigma}_{AL}^2$		$\hat{\sigma}_{DL}^2$		i_1^2			$\hat{\sigma}_A^2/\hat{\sigma}_D^2$		
D ₁	D ₂	D ₁	D ₂	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃
707470	422700	107160	340000	0.31	0.27	0.75	0.54	0.45	1.16
235400	86520	381760	73120	0.25	0.20	0.27			
0.40	0.21	- 0.13	0.12	0.67	0.64	0.80	1.32	0.85	1.48
0.14	0.14	0.25	0.29	0.23	0.24	0.26			
0.55	0.31	- 0.26	0.68	0.61	0.53	0.70	0.85	0.78	1.5
0.18	0.29	0.30	0.65	0.23	0.29	0.33			
38.14	38.10	1.96	- 1.76	0.77	0.77	0.85	5.40	1.93	2.0
16.72	12.14	31.68	19.32	0.22	0.21	0.24			
20.50	23.86	-15.32	8.80	0.80	0.79	0.85	2.58	2.41	1.66
9.04	7.60	17.64	11.88	0.22	0.21	0.23			
0.005	0.01	0.001	0.01	0.17	0.40	0.86	0.50	2.50	3.00
0.001	0.003	0.002	0.003	0.25	0.20	0.26			
0.004	0.0005	0.002	0.001	0.51	0.55	0.86	3.00	- -	4.00
0.002	0.0003	0.004	0.001	0.29	0.34	0.26			
0.003	0.001	- 0.001	0.002	0.70	0.57	0.83	2.00	25.00	1.75
0.001	0.0004	0.001	0.001	0.26	0.24	0.25			
0.01	0.004	0.01	0.004	0.51	0.70	0.88	3.33	5.00	6.00
0.002	0.001	0.004	0.002	0.22	0.22	0.27			
19.62	212.70	- 2.6	146.36	0.34	0.54	0.53	0.32	1.76	0.70
17.52	58.70	40.52	79.28	0.36	0.22	0.41			

D ₁	h ²		D ₁	$\hat{\sigma}_A^2 / \hat{\sigma}_D^2$	
	D ₂	D ₃		D ₂	D ₃
0.77 0.27	0.88 0.23	0.92 0.23	1.36	2.51	6.11
0.87 0.24	0.88 0.24	0.87 0.24	2.63	3.21	2.79
0.91 0.27	0.88 0.26	0.86 0.27	12.00	6.17	6.88
0.87 0.30	0.83 0.27	0.85 0.28	4.28	3.03	8.59
0.91 0.23	0.88 0.23	0.92 0.22	4.73	2.69	4.33
0.78 0.31	0.73 0.28	0.79 0.26	3.38	1.05	1.49
0.89 0.26	0.93 0.24	0.87 0.23	37.32	372.84	2.37

en las estimaciones de heredabilidad en sentido estrecho para cada una de las densidades.

Los errores estándar (Cuadros 14 y 15) de los parámetros estimados fueron ligeramente altos pero inferiores.

Las correlaciones; genética aditiva, genética y fenotípica, entre rendimiento y nueve características de planta se presentan en los Cuadros 16 y 17, para cada una de las tres localidades y el análisis combinado, respectivamente. Un 74% de las correlaciones fenotípicas entre rendimiento y las nueve características de planta resultaron significativas al 1% de probabilidad, siendo las más altas y positivas; con altura de planta, altura de mazorca y mazorcas x 100 plantas. Las correlaciones fenotípicas con mazorcas podridas y mala cobertura fueron negativas (Cuadros 16 y 17).

La gran mayoría de las correlaciones, genética aditiva y genética fueron altas y un 50% de ellas mayores que las correlaciones fenotípicas (Cuadros 16 y 17). Es importante mencionar -- que en la localidad de Los Mochis, las correlaciones fenotípicas resultaron negativas y significativas al 1% de probabilidad.

En el Cuadro 18, se presentan las correlaciones entre -- rendimiento y 16 características (nueve de planta y siete de mazorca), en tres densidades a través de localidades. Un gran número de correlaciones fenotípicas fueron significativas al 1% de -- probabilidad, excepto en la densidad intermedia para días a flor

Cuadro 16. CORRELACIONES; GENETICA ADITIVA, GENETICA Y FENOTIPICA¹ ENTRE RENDIMIENTO Y 9 CARACTERISTICAS DE PLANTA PARA LOS EXPERIMENTOS REALIZADOS EN LAS LOCALIDADES DE RIO BRAVO, TAMPS. (L₁), TORREON, COAH. (L₂) Y LOS MOCHIS, SIN. (L₃) DURANTE 1981.

Rendimiento con:	Coeficientes de correlación		
	L ₁	L ₂	L ₃
Días a flor masculina	.44	.28	-.41
	-.01	-.19	-.60
	.14**	.07NS	-.42**
Días a flor femenina	.38	.40	-.51
	.10	-.27	-.68
	.10NS	.10NS	-.55**
Altura de planta	.47	.44	.56
	.39	.57	.40
	.39**	.44**	.50**
Altura de mazorca	.43	.45	.28
	.38	.42	.25
	.34**	.37**	.30**
Acame de raíz	-.14	-.01	-.54
	-.26	.14	-.54
	-.10NS	.14*	-.26**
Acame de tallo	.11	-.15	.53
	-.01	-.83	.10
	.05NS	-.40**	-.001NS
Mazorcas podridas	-.61	-.74	-.35
	-.46	-.63	-.38
	-.52**	-.57**	-.33**
Mala cobertura	-.65	.10	-.24
	-.15	-.31	-.33
	-.40**	-.10NS	-.28**
Mazorcas x 100 plantas	.68	.55	.69
	.82	.76	.89
	.40**	.47**	.68**

* Significativo al 5% de probabilidad.

** Significativo al 1% de probabilidad.

NS No significativo.

¹ La cantidad superior, intermedia e inferior indican la correlación genética - aditiva, genética y fenotípica, respectivamente para éste y los demás cuadros que incluyan correlación.

Cuadro 17. CORRELACIONES; GENETICA ADITIVA, GENETICA Y FENOTIPICA PARA EL ANALISIS COMBINADO A TRAVES DE 3 LOCALIDADES Y 2 DENSIDADES DE LOS EXPERIMENTOS DESARROLLADOS DURANTE 1981.

Rendimiento con:	Coefficientes de correlación
	.40
Días a flor masculina	- .24 .10NS
	.56
Días a flor femenina	- .16 .16**
	.76
Altura de planta	.53 .56**
	.44
Altura de mazorca	.43 .34**
	.48
Acame de raíz	- .004 .65**
	.87
Acame de tallo	.12 .41**
	- .23
Mazorcas podridas	- .47 - .29**
	- .002
Mala cobertura	- .18 - .10NS
	.62
Mazorcas x 100 plantas	.88 .58**

** Significativo al 1% de probabilidad.
NS No significativo.

Cuadro 18. CORRELACIONES; GENETICA ADITIVA, GENETICA Y FENOTIPICA ENTRE RENDIMIENTO Y 16 CARACTERISTICAS (9 DE PLANTA Y 7 DE MAZORCA) EN 3 DENSIDADES; ALTA (D₁), BAJA (D₂) E INTERMEDIA (D₃) A TRAVES DE LOCALIDADES DURANTE 1981.

Rendimiento con:	Coeficientes de correlación		
	D ₁	D ₂	D ₃ ¹
	.25	.15	.17
Días a flor masculina	- .14	- .28	.04
	- .03NS	- .12*	.10NS
	.29	.12	- .09
Días a flor femenina	- .10	- .24	- .09
	- .03NS	- .20**	- .09NS
	.44	.57	.46
Altura de planta	.42	.50	.29
	.44**	.43**	.39**
	.32	.48	.48
Altura de mazorca	.36	.48	.28
	.28**	.38**	.40**
	.73	.49	- .06
Acame de raíz	.20	- .14	.09
	.13*	- .02NS	- .04NS
	- .41	.38	.24
Acame de tallo	- .29	.33	- .15
	- .37**	.08NS	.11*
	- .11	- .21	- .67
Mazorcas podridas	- .11	- .55	- .76
	- .27**	- .33**	- .66**
	.05	- .20	- .59
Mala cobertura	- .32	- .03	- .67
	- .16**	- .14*	- .56**
	.99	.35	.61
Mazorcas x 100 plantas	.77	.60	.61
	.70**	.50**	.55**
	- .45	.10	- .21
Diámetro de mazorca ²	- .14	.43	- .12
	- .16**	.13*	- .15**
	- .35	.10	- .32
Hileras por mazorca	- .10	.35	- .21
	- .16**	.10NS	- .26**

Cuadro 18 Continuación

Rendimiento con:	Coeficientes de correlación		
	D ₁	D ₂	D ₃ ¹
Granos por hilera	.34	.33	.45
	.26	.28	.39
	.24**	.19**	.41**
Longitud de mazorca	.49	.02	.37
	.10	.14	.12
	.29**	.10NS	.31**
Diámetro de olote	- .56	.14	- .33
	- .29	.28	- .26
	- .27**	.12*	- .26**
Profundidad de grano	.10	- .10	.17
	- .20	.29	.20
	.04NS	.04NS	.18**
Peso de 300 semillas	.42	- .10	.32
	- .41	.10	.28
	.16**	- .01NS	.31**

¹ Densidad intermedia solo fue sembrada en una localidad.

² Características de mazorca registradas solo para una localidad.

* Significativo al 5% de probabilidad.

** Significativo al 1% de probabilidad.

NS No significativo.

masculina, días a flor femenina y acame de raíz, las cuales no tuvieron significancia, siendo similares los resultados para acame de raíz, acame de tallo, hileras por mazorca, longitud de mazorca, profundidad de grano y peso de 300 semillas en la densidad baja.

Las correlaciones más grandes y positivas (Cuadro 18), de nuevo fueron las estimadas entre rendimiento con altura de -- planta, altura de mazorca y mazorcas x 100 plantas, resultando de mayor magnitud las obtenidas con ésta última característica en la densidad alta.

Las principales correlaciones negativas encontradas para las características de planta y mazorca fueron: días a flor masculina y femenina, acame de tallo, mazorcas podridas, mala cobertura y diámetro de mazorca, hileras por mazorca y diámetro de olote, -- respectivamente (Cuadro 18).

En la localidad de Río Bravo, Tamps., se calcularon las correlaciones (genética aditiva, genética y fenotípica) entre rendimiento y siete características de mazorca mediante el análisis combinado de tres densidades, los resultados se muestran en el Cuadro 19. Todas las correlaciones fenotípicas fueron significativas al 1% de probabilidad, excepto profundidad de grano. En el presente Cuadro se observan también correlaciones fenotípicas negativas entre rendimiento con, diámetro de mazorca, diámetro de olote e hileras por mazorca.

En el Cuadro 20, se presentan los coeficientes de variación genética, estimados en tres localidades, tres densidades y el combinado, para diez características de planta.

Los más altos coeficientes obtenidos fueron para las características; acame de raíz, acame de tallo, mazorcas podridas y mala cobertura, siendo los más bajos para días a flor masculina y femenina. Para el carácter rendimiento, el coeficiente de variación genética mayor fue obtenido en Los Mochis y el menor en Río Bravo.

Cuadro 19. CORRELACIONES; GENETICA ADITIVA, GENETICA Y FENOTIPICA ENTRE RENDIMIENTO Y 7 CARACTERISTICAS DE MAZORCA DEL EXPERIMENTO DESARROLLADO EN RIO BRAVO, TAMPS. 1981 CICLO A.

Rendimiento con:	Coefficientes de correlación
Diámetro de mazorca	- .40
	.10
	- .16**
Hileras por mazorca	- .31
	- .10
	- .18**
Granos por hilera	.28
	.43
	.36**
Longitud de mazorca	.30
	.43
	.33**
Diámetro de olote	- .41
	.01
	- .21**
Profundidad de grano	- .01
	.10
	.10NS
Peso de 300 semillas	.25
	.22
	.23**

** Significativo al 1% de probabilidad.
 NS No significativo.

 R I S T I C A S

Acame - de raíz	Acame - de tallo	Mazorcas podridas	Mala co- bertura.	Mazorcas x 100 plantas
--------------------	---------------------	----------------------	----------------------	---------------------------

67.11	47.20	65.09	74.02	4.58
46.51	32.44	45.63	62.65	14.09
41.23	29.63	37.87	45.22	18.75
32.22	18.26	39.12	51.83	8.14
51.44	62.36	29.32	54.77	12.64
58.82	71.43	74.91	65.73	5.12
35.36	17.57	26.35	54.29	7.92

Los coeficientes de variación genética de las siete características de mazorca se indican en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Coeficiente de variación genética para el combinado y sus 3 densidades para 7 características de mazorca en Río Bravo, Tamps. 1981A.

	DM*	H x M	G x H	LM	DO	PG	PS
Combinado	4.80	9.41	6.88	6.24	7.84	5.53	9.79
D ₁	5.84	9.98	8.46	5.60	7.33	6.35	9.32
D ₂	5.11	8.96	6.34	4.96	8.23	7.86	7.94
D ₃	4.70	9.78	7.03	5.39	7.87	7.35	12.08

Hileras por mazorca y peso de 300 semillas presentan los coeficientes más grandes, siendo los más bajos para diámetro de mazorca.

La ganancia esperada por ciclo y año para el carácter -- rendimiento, utilizando selección recurrente de hermanos completos y líneas S₁, se presenta en el Cuadro 22. El método de líneas S₁ proporciona una mayor ganancia esperada por ciclo y año, siendo -- más favorable en la localidad de Los Mochis y para la densidad intermedia a través de ambas metodologías.

* DM = Diámetro de mazorca, HxM = Hileras por mazorca, GxH = Granos por hilera, LM = Longitud de mazorca, DO = Diámetro de olote, PG = Profundidad de grano, PS = Peso de 300 semillas.

Cuadro 22. Ganancia esperada por ciclo y año mediante selección recurrente de hermanos completos (HC) y líneas S₁ para la característica rendimiento, asumiendo; - dos y cuatro generaciones por ciclo, respectivamente.

Ganancia esperada	L ₁		L ₂		L ₃		D ₁		D ₂		D ₃		Combinado	
	HC	S ₁	HC	S ₁	HC	S ₁	HC	S ₁	HC	S ₁	HC	S ₁	HC	S ₁
ΔGC	408	817	539	1077	650	1300	269	538	233	466	655	1310	311	622
ΔGY	272	408	359	539	433	650	179	269	155	233	437	655	207	311

L₁ = Río Bravo, Tamps.
 L₂ = Torreón, Coah.
 L₃ = Los Mochis, Sin.

D₁ = alta
 D₂ = baja
 D₃ = intermedia

V. DISCUSION

Los resultados obtenidos del análisis de varianza - por densidad y localidad (Cuadros 5 y 6), muestran significancia al 1% de probabilidad para las fuentes de variación, localidades y densidades, respectivamente, lo cual se justifica, ya que las densidades utilizadas, así como las localidades donde se desarrollaron los experimentos fueron muy diferentes. El no haber encontrado significancia para las fuentes de variación antes mencionadas en el análisis combinado (Cuadro 7), es debido a posibles errores de muestreo. Sin embargo, pueden utilizarse tanto las densidades como las localidades para detectar diferencias entre las características estudiadas, como son; días a flor, acame de tallo, mazorcas podridas y mala cobertura entre otras, ya que éstas se pueden expresar mejor en determinados ambientes.

Las diferencias encontradas (significativas al 1% de probabilidad) en los componentes de las familias; machos, hembras y machos x hembras para las características de planta y mazorca en los análisis de varianza (Cuadros 5 a 9), son atribuidas a la composición genética de la población, la cual tiene diverso origen. Sin embargo, es importante mencionar que los valores de los cuadrados medios de machos y hembras fueron superiores a los respectivos cuadrados medios de machos x hembras, de ahí que los

V. DISCUSION

Los resultados obtenidos del análisis de varianza por densidad y localidad (Cuadros 5 y 6), muestran significancia al 1% de probabilidad para las fuentes de variación, localidades y densidades, respectivamente, lo cual se justifica, ya que las densidades utilizadas, así como las localidades donde se desarrollaron los experimentos fueron muy diferentes. El no haber encontrado significancia para las fuentes de variación antes mencionadas en el análisis combinado (Cuadro 7), es debido a posibles errores de muestreo. Sin embargo, pueden utilizarse tanto las densidades como las localidades para detectar diferencias entre las características estudiadas, como son; días a flor, acame de tallo, mazorcas podridas y mala cobertura entre otras, ya que éstas se pueden expresar mejor en determinados ambientes.

Las diferencias encontradas (significativas al 1% de probabilidad) en los componentes de las familias; machos, hembras y machos x hembras para las características de planta y mazorca en los análisis de varianza (Cuadros 5 a 9), son atribuidas a la composición genética de la población, la cual tiene diverso origen. Sin embargo, es importante mencionar que los valores de los cuadrados medios de machos y hembras fueron superiores a los respectivos cuadrados medios de machos x hembras, de ahí que los

primeros contribuyan más a la variación genética de la población, ésto nos indica que la varianza genética aditiva es de mayor magnitud que la varianza de dominancia en dicha población.

Los coeficientes de variación reportados en los análisis de varianza individuales y combinados (Cuadros 5 a 9), fueron relativamente altos para; acame de tallo, mazorcas podridas, mala cobertura y rendimiento, siendo más bajos para el resto de las características (de planta y mazorca). Si se considera la naturaleza de los caracteres, ésto se justifica, ya que características tales como rendimiento presentan herencia más compleja y son por lo tanto más afectados por el medio ambiente, siendo mayor su variación comparada con las demás características. Rivera (1977) citado por Oyervides (1979), en un estudio de cruza intervarietales de maíz, encontró que los coeficientes de variación se incrementan a medida que lo hace la diversidad genética de los progenitores.

Las estimaciones de varianza genética aditiva resultaron más grandes que las de varianza de dominancia, tanto para características de planta como de mazorca. Por lo tanto, ya que la variabilidad genética aditiva es la responsable en el progreso de la selección y ésta la aplica el mejorador para explotar dicha varianza aditiva, los caracteres que responderían mejor a la selección en base a los resultados obtenidos serían: altura de planta, altura de mazorca, mazorcas x 100 plantas, peso de 300 semillas, longitud y diámetro de mazorca, como lo confirman, Johnson

(1963), Lonquist (1967), entre otros.

La varianza de dominancia estimada fue considerablemente superior a la varianza aditiva para el caracter rendimiento, por lo que, los tipos de acción génica no-aditiva son de mayor importancia en la expresión de ésta característica. Hallauer y Miranda (1967), mencionan que si una mayor parte de la variación genética es no-aditiva, un programa de endogamia e hibridación puede ser la alternativa más efectiva en un esquema de mejoramiento. Sin embargo, la gran cantidad de varianza de dominancia estimada puede ser por efectos de ligamiento presentes en la población estudiada, la cual tuvo pocas generaciones de recombinación. Cockerham (1963), cita que los ligamientos presentan dos características inoportunas en la estimación de varianzas genéticas. Primera, la población base no pudiera estar en equilibrio de ligamiento. Tal es el caso de poblaciones, las cuales son mezclas genéticas de dos o más líneas, variedades o razas, y las cuales no han sido apareadas al azar por varias generaciones. En segundo término, valores de recombinación menores que un medio (0.5) afectan las covarianzas de algunos parientes, aun cuando se asume que son miembros al azar de una población en equilibrio de ligamiento.

Una marcada interacción de varianza aditiva x densidad fue obtenida en varias de las características estudiadas, como lo muestran los Cuados 10 a 13, por lo que debe tomarse en cuenta al realizar selección. Subandi y Compton (1974) indican que la respuesta esperada a la selección podría dar mayor ganancia

cia cuando se conduce en una densidad particular.

Basándose en lo anterior y en las densidades utilizadas en este estudio, la mayor ganancia esperada por selección para las siguientes características; rendimiento, días a flor masculina y femenina, acame de tallo y mazorcas podridas, se obtendría sembrando en la densidad alta (Cuadros 13 y 14), lográndose mayor ganancia para altura de planta y mazorca y acame de raíz -- conduciendo la selección en densidades bajas. Singh y J. Singh (1977) evaluaron en tres densidades (25,00; 50,000 y 100,000 plts./ha.) progenies biparentales (Diseño I), los resultados más sobresalientes fueron: mayor rendimiento de grano, días a flor, altura de planta y de mazorca al aumentar la densidad de 25,000 a -- 100,000 plts./ha.

Más mazorcas por planta es uno de los más importantes objetivos en mejoramiento de maíz. Robinson et al (1951); -- Goodman (1965), entre otros mencionan que la prolificidad es un -- caracter favorable para aumentar la producción de grano en condiciones de altas densidades de plantas. Considerando ésto y los -- resultados obtenidos para el caracter mazorcas x 100 plantas, una mayor ganancia por selección se obtendría sembrando en densidades bajas, ya que la varianza aditiva para dicha característica se redujó considerablemente en la densidad alta.

Las características de mazorca también fueron afectadas aunque ligeramente por la densidad de plantas, esperándose

mayor ganancia para peso de 300 semillas y longitud de mazorca en la densidad intermedia, y diámetro de mazorca y olote, y granos - por hilera en las densidades baja y alta, respectivamente. Singh y J. Singh (1977) también encontraron una mayor longitud de mazorca en la densidad intermedia, disminuyendo el diámetro de mazorca y mazorcas x planta al aumentar la densidad, cuando evaluaron en tres diferentes densidades, baja, intermedia y alta.

La heredabilidad es un parámetro que se debe tomar en cuenta al realizar selección, ya que la heredabilidad en sentido amplio, indica la proporción de la variabilidad total que es debida a causas genéticas, y la heredabilidad en sentido estrecho específica la proporción de la variación total debida a efectos genéticos aditivos. Los valores para heredabilidad en sentido estrecho de los análisis de varianza combinado y por densidades se muestran en los Cuadros 13, 14 y 15. La característica rendimiento presenta el valor más bajo de heredabilidad indicándonos que estuvo más afectado por el medio ambiente que las demás características. Los resultados encontrados están acordes a lo que indica Lush (1949) citado por Oyervides (1979) con respecto que los caracteres controlados por pocos genes presentan valores mayores de heredabilidad que los caracteres gobernados por muchos genes.

De acuerdo a los valores de heredabilidad calculados tomando en cuenta las densidades; las características que responderían mejor a la selección serían: días a flor masculina y femenina, altura de planta y mazorca y mazorcas podridas en la densidad

alta; acame de raíz, mala cobertura y mazorcas x 100 plantas en la densidad baja. Para las características de mazorca estudiadas no se detectó gran diferencia en cada una de las 3 densidades.

Los coeficientes de correlación proporcionan una medida y grado de asociación entre dos caracteres. De tal forma que si dos características están correlacionadas, la selección para una de ellas causará un cambio indirecto en la media de la otra.

La correlación genética se refiere cuando están involucrados todos los efectos genéticos, la correlación genética aditiva trata solamente de efectos aditivos, y se usa junto con selección recurrente, siendo la correlación fenotípica la que involucra efectos genéticos y ambientales.

Oyervides (1979), cita que la validez de los coeficientes de correlación depende de que se utilicen para su cálculo estimadores insesgados de varianzas y covarianzas. Una fuente de sesgo, sería la debida a la interacción genotipo-medio ambiente, si se utilizan estimadores calculados a partir de experimentos -- conducidos en una localidad y un solo año.

Las correlaciones genética aditiva, genética y fenotípica presentadas aquí, se obtuvieron para cada una de 3 localidades, 3 densidades y del análisis combinado, los cuales se presentan en los Cuadros 16 a 19. En la mayoría de los casos las correlaciones genéticas aditivas fueron mayores que las fenotípicas. Weber y Moorthy (1952), indican que un enmascaramiento o modificación -

del medio ambiente sobre la asociación genética entre caracteres puede causar bajas correlaciones fenotípicas. De acuerdo a lo anterior, la correlación genética aditiva puede ser mejor criterio de selección.

Las altas correlaciones positivas (genética aditiva y genética) y la correlación fenotípica significativas al 1% de probabilidad entre rendimiento y altura de planta, nos indican que dichos caracteres están grandemente correlacionados en forma positiva. Encontrándose resultados similares con altura de mazorca. Tales estimaciones coinciden con el resumen de reportes descrito por Hallauer y Miranda (1981). También es común encontrar correlaciones altas y positivas entre rendimiento y días a flor, sin embargo, la correlación fenotípica estimada para las características antes mencionadas resultó negativa y significativa al 1% de probabilidad, sobre todo en la localidad de Los Mochis y en la densidad intermedia (Cuadros 16 y 18). Esto puede atribuirse al efecto del medio ambiente sobre la asociación genética de tales características. Los resultados anteriores son de gran importancia, ya que el mejorador se interesa en seleccionar genotipos de gran capacidad de rendimiento y que sean precoces, con lo cual podrá sembrar más ciclos por año, o bien el terreno estará disponible para la siembra de otros cultivos.

Las correlaciones (aditiva, genética y fenotípica) altas y negativas que fueron estimadas para rendimiento y mazorcas podridas, es lógico de obtenerse, ya que a menor pudrición de ma-

zorca aumentará el rendimiento, por lo que podrá realizarse una selección indirecta para éstas dos características. Iguales resultados se obtuvieron con rendimiento y mala cobertura.

Es importante mencionar, que tanto las densidades como localidades en las cuales se realizó la presente investigación, influyeron en las correlaciones obtenidas, como son la densidad alta y la localidad de Torreón (Cuadros 16 y 18) donde se estimaron correlaciones (aditiva, genética y fenotípica) altas y negativas entre rendimiento y acame de tallo, como es de esperarse, sin embargo en el análisis combinado (Cuadro 17), se obtuvo lo contrario, debido a posibles efectos del medio ambiente.

Las correlaciones genética aditiva y genética entre rendimiento y mazorcas x 100 plantas, fueron considerablemente altos y positivos, sobre todo en la localidad de Los Mochis y en la densidad alta (Cuadros 16, 17 y 18), en base a ésto, y considerando que la correlación genética aditiva puede ser mejor criterio de selección, se obtendrían mejores resultados, evaluando genotipos en altas densidades realizando selección indirecta para rendimiento, tomando en cuenta mazorcas x 100 plantas.

Las correlaciones (genética aditiva, genética y fenotípica) entre rendimiento y siete características de mazorca (Cuadros 18 y 19) pudieran estar sesgadas, debido a la interacción genotipo-medio ambiente, ya que fueron estimadas en tres densidades en una sola localidad y en un año. Usualmente más de una ca-

racterística es medida cuando se evalúan progenies al realizar selección. Analizando los resultados obtenidos, las características; diámetro de mazorca, granos por hilera, longitud de mazorca y diámetro de olote, deberán de tomarse en cuenta al realizar selección indirecta para rendimiento en las densidades alta e intermedia. Lo anterior, se basa también en que las estimaciones de heredabilidad en sentido estrecho fueron altas y la varianza genética aditiva resultó mayor que la varianza de dominancia para las siete características de mazorca. Hallauer y Miranda (1981) citan que la selección indirecta será efectiva, si: (1) la heredabilidad de la característica secundaria es más grande que la de la característica primaria, y (2) la correlación genética entre ellas es sustancial.

El coeficiente de variación genética de un carácter (CVG) constituye una medida de la variabilidad genética del mismo. Las estimaciones de dicho parámetro para características de planta y de mazorca se muestran en los Cuadros 20 y 21, respectivamente. Los coeficientes más altos fueron los obtenidos para: mala cobertura, acame de raíz y tallo, mazorcas podridas y rendimiento, siendo los más bajos para días a flor masculina y femenina. Los resultados reportados por Oyervides (1979), son similares a los presentes para las siguientes características; rendimiento de mazorca, altura de mazorca, altura de planta, longitud de mazorca e hileras por mazorca.

La ganancia esperada por ciclo y año, mediante selec-

ción recurrente de hermanos completos y líneas S₁ para la característica rendimiento, se muestra en el Cuadro 22. Para ambos esquemas se utilizó una presión de selección del 10%. La razón de haber estimado la ganancia esperada para las dos metodologías antes mencionadas, se debe a que el sintético del Trópico Seco se está mejorando mediante selección recurrente de hermanos completos, y la metodología de líneas S₁ utilizarla en lo sucesivo, ya que se obtiene mayor ganancia y también se pueden explotar los efectos no aditivos presentes en la población, mejorando a la vez características agronómicas de interés.

VI. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El propósito de la presente investigación fue el de estimar parámetros genéticos y predecir ganancia por selección para -- rendimiento mediante varias metodologías en el sintético Trópico - Seco.

El esquema de apareamiento Diseño II fue aplicado a la población antes mencionada encontrando una mayor varianza aditiva para las características, altura de planta y mazorca, diámetro de mazorca y peso de 300 semillas, la cual se puede explotar mediante algun esquema de selección recurrente que acumule los efectos aditivos presentes en tales características. Caso contrario sucedió con rendimiento y mazorcas x 100 plantas, donde resultó mayor la varianza de dominancia, por lo que se justifica un programa de hibridación que explote los efectos no-aditivos de dichas características.

En base a las correlaciones estimadas se concluye que el rendimiento es la característica más importante a seleccionar, pero que el mejorador puede valerse de otras características agronómicas de fácil medición que estén correlacionadas, ya sea positiva o negativamente, como número de mazorcas por planta y acame de tallo en alta densidad, respectivamente.

Finalmente, al estimar las ganancias predichas en base a la selección recurrente de líneas S_1 vs hermanos completos, se encontró que a través de líneas S_1 se puede tener una mayor ganancia genética por ciclo, pero debido a las condiciones agroclimáticas con las que se cuentan, se concluye que la selección recurrente de hermanos completos puede resultar tan efectiva como la de líneas S_1 en términos de ganancia genética por año.

VII. LITERATURA CITADA

- Bauman, L.F. 1959. Evidence of nonallelic gene interaction in determining yield, ear height, and kernel row number in -- corn. *Agron. J.* 51:531-534.
- Chi, R.K.; S.A. Eberhart and L.H. Penny. 1969. Covariances among relatives in a maize variety (*Zea mays* L.). *Genetics* 63:511-520.
- Cochran, W.G. y G.M. Cox. 1978. *Diseños Experimentales.* pp 613-617. Ed. Trillas. México.
- Cockerham, C.C. 1954. An extension of the concept of partitioning hereditary variance for analysis of covariance among relatives when epistasis is present. *Genetics* 39:859-882.
- _____ 1961. Implications of genetics variances in a -- hybrid breeding program. *Crop Sci.* 1:47-52.
- _____ 1963. Estimation of genetic variances. In *Statistical Genetics and Plant Breeding.* W.D. Hanson and H.F. Robinson, Eds. pp 53-94. NAS-NRC. Publ. 982.
- 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* 4:254-266.
- _____ and H.F. Robinson. 1952. Estimation of average dominance of genes. *Heterosis:* pp 494-516. Ames, Iowa State College Press.
- Cortez, M.H. 1977. *Seminarios Técnicos.* CIANE, INIA, SARH. ✓
Vol. IV. No. 9. pp 1-6.

- Dudley, J.W. and R.H. Moll. 1969. Interpretation and use of estimates of heritability and genetic variances in plant - - breeding. *Crop Sci.* 9:257-262.
- Eberhart, S.A.; R.H. Moll; H.F. Robinson and C.C. Cockerham. 1966. Epistatic and other genetic variances in two varieties - of maize. *Crop Sci.* 6:275-280.
- Fakorede, M.A.B. 1979. Interrelationships among grain yield and - agronomic traits in a synthetic population of maize. *Maydica XXIV*:181-192.
- Fisher, R.A. 1918. The correlation between relatives on the sup- position of Mendelian inheritance. *Trans. Royal Soc., Edinburgh* 52:399-433.
- Gamble, E.E. 1962. Gene effects in corn (*Zea mays* L.) I. Separation and relative importance of gene effects for yield. *Canad. J. Plant Sci.* 42:339-348.
- Gilbert, N. 1961. Correlations in plant breeding. *Euphytica* 10: 205-208.
- Goodman, M.M. 1965. Estimates of genetic variance in adapted and exotic populations of maize. *Crop Sci.* 5:87-90.
- Gorsline, G.W. 1961. Phenotypic epistasis for ten quantitative - characters in maize. *Crop Sci.* 1:55-58.
- Hallauer, A.R. 1980. Relation of quantitative genetics to - - applied maize breeding. *Brazil J. Genetics* 3:207-233.
- _____ and J.B. Miranda, Fo. 1981. Hereditary variance p. 118 In A.R. Hallauer and J.B. Miranda Fo. *Quantitative genetics in maize breeding.* Iowa State University Press/Ames.
- _____ and J.A. Wright. 1967. Genetic variances in the - open-pollinated variety of maize. *Iowa Ideal. Züchter* 37:178-185.

Hutchinson, J.B. 1940. The application of genetics to plant - - breeding. I. The genetic interpretation of plant breeding problems. Jour. Genetics 40:271-282.

_____ ; V.G. Pance and G.K. Govande. 1938. Studies in -- plant breeding technique. IV. The inheritance of agricultural characters in three inter-strain crosses in - - cotton. Indian Jour. Agr. Sci. 8:757-775.

Jan-Orn, Jinda; C.O. Gardner and W.M. Ross. 1976. Quantitative genetic studies of the NP3R random mating grain sorghum -- population. Crop Sci. 16:489-496.

Johnson, H.W.; H.F. Robinson and R.E. Comstock. 1955. Genotypic and phenotypic correlations in soybeans and their implications in selection. Agron. J. 47:477-483.

Johnson, E.C. 1963. Efecto de la selección masal sobre el rendimiento de una variedad tropical de maíz. Informe de la 9a. Reunión Anual del PCCMM, El Salvador 1963;56-57.

Jugenheimer, R.W. 1981. MAIZ. Variedades mejoradas, métodos de - cultivo y producción de semillas. pp 567-569. Ed. LIMUSA.

Kempthorne, O. 1954. The correlations between relatives in a random mating population. Proc. Roy. Soc. London, B. 143: 103-113. In An introduction to Genetic Statistics. Wiley, N.Y.

_____ 1955. The theoretical values of correlation between relatives in random mating populations. Genetics 40: 153-167.

Lindsey, M.F.; J.H. Lonquist and C.O. Gardner. 1962. Estimates - of genetic variance in open-pollinated varieties of corn belt corn. Crop Sci. 2:105-108.

Lonnquist, J.H. 1967. Mass selection for prolificacy in maize. *Züchter* 37:185-188.

McCollum, G.D. 1971a. Greening of carrot roots (*Daucus carota* L.) Estimates of heritability and correlation. *Euphytica* 20: 549-560.

_____ 1971b. Heritability of onion bulb shape and size. *J. Heredity* 62:101-104.

Moll, R.H. and H.F. Robinson. 1967. Quantitative genetic investigations of yield of maize. *Züchter* 37:192-199.

Ottaviano, E. and A. Camussi. 1981. Phenotypic and genetic relationships between yield components in maize. *Euphytica* 30:601-609.

Oyervides, M.G. 1979. Estimación de parámetros genéticos, heterosis e índices de selección en variedades tropicales de maíz adaptadas a Nayarit. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. ENA. Chapingo, México.

Powers, L. 1936. The nature of the interaction of genes affecting four quantitative characters in a cross between *Hordeum deficiens* and *Hordeum vulgare*. *Genetics* 21:398-420.

Robinson, H.F.; R.E. Comstock and P.H. Harvey. 1949. Estimates of heritability and the degree of dominance in corn. *Agron. J.* 41:353-359.

_____ ; R.E. Comstock and P.H. Harvey. 1951. Genotypic and phenotypic correlations in corn and their implications in selection. *Agron. J.* 43:282-287.

_____ ; R.E. Comstock and P.H. Harvey. 1955. Genetic variances in open-pollinated varieties of corn. *Genetics* 40:45-60.

Satterthwaite, F.E. 1946. An approximate distribution of estimates of variance components. *Biometrics Bull.* 2:110-114

- Sentz, J.C. 1971. Genetic variances in a synthetic variety of -- maize estimated by two mating designs. *Crop Sci.* 11: 234-238.
- Shehata, A.H. and V.E. Comstock. 1971. Heterosis and combining - ability estimates in F₂ flax populations as influenced by plant density. *Crop Sci.* 11:534-536.
- Silva, J.C. and A.R. Hallauer. 1975. Estimation of epistatic va-- riance in Iowa Stiff Stalk Synthetic maize. *J. Hered.* 66:290-296.
- Singh, B.N. and J. Singh. 1977. Development and evaluation in an opaque-2 maize composite at three plant population den-- sities. *Crop Sci.* 17:515-516.
- Smith, O.S.; R.L. Lower and R.H. Moll. 1978, Estimates of herita-- bilities and variance components in pickling cucumbers. *J. Am. Hort. Sci.* 103:222-225.
- Sprague, G.F.; W.A. Russell; L.H. Penny; T.W. Horner and W.D. Han-- son. 1962. Effect of epistasis on grain yield in maize. *Crop Sci.* 2:205-208.
- _____ and W.I. Thomas. 1967. Further evidence of epista-- sis in single and three-way cross yields of maize (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 7:355-356.
- Stuber, C.W.; R.H. Moll and W.D. Hanson. 1966. Genetic variances and interrelationships of six traits in a hybrid popula-- tion of *Zea mays* L. *Crop Sci.* 6:455-459.
- _____ and R.H. Moll. 1969. Epistasis in maize (*Zea mays* L.) I. F₁ hybrids and their S₁ progeny. *Crop Sci.* 9:124-127.
- Subandi and W.A. Compton. 1974. Genetic studies in an exotic po-- pulation of corn (*Zea mays* L.) grown under two plant -- densities. I. Estimates of genetic parameters. *Theor. Appl. Genet.* 44:153-159.

- Subandi and W.A. Compton. 1974. Genetic studies in an exotic population of corn (*Zea mays* L.) grown under two plant densities. II. Choice of a density environment for selection. *Theor. Appl. Genet.* 44:193-198.
- Weber, C.R. and B.R. Moorthy. 1952. Heritable and nonheritable relationships and variability of oil content and agronomic characters in the F₂ generation of soybean crosses. *Agron. J.* 44:202-209.
- Williams, J.C.; L.H. Penny and G.F. Sprague. 1965. Full-sib and half-sib estimates of genetic variance in an open-pollinated variety of corn *Zea mays* L. *Crop Sci.* 5:125-129.
- Wright, S. 1921. Systems of mating. I. The biometric relation between parent and offspring. *Genetics* 6:111-123.
- Wright, J.A.; A.R. Hallauer; L.H. Penny and S.A. Eberhart. 1971. Estimating genetic variance in maize by use of single and three-way crosses among unselected inbred lines. *Crop Sci.* 11:690-695.