

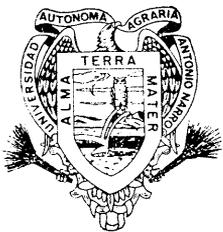
Efectos de Aptitud Combinatoria General y Especifica de Líneas
Tropicales de Maíz (Zea mays L.) y sus Cruzas

Gaspar Martínez Zambrano

T e s i s

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Grado de:

Maestro en Ciencias
en la Especialidad de Fitomejoramiento



Universidad Autónoma Agraria

“Antonio Narro”

Programa de Graduados

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Agosto de 1986

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro a través de la Subdirección de Asuntos de Postgrado, por el apoyo económico y la oportunidad de superación académica.

A mi Comité Particular de Asesoría, cuya dirección en la elaboración e interpretación del presente estudio fue fundamental.

Al personal del Instituto Mexicano del Maíz de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por su aportación de campo y teórico para la realización de este estudio.

DEDICATORIA

A mis padres:

Dolores Zambrano Guzmán
Jesús Martínez Morales

*Por su empeño de formar en mí un
hombre de provecho*

A mi esposa:

Salud Medina Aguirre

*Por su abnegado y ejemplar sacri-
ficio siempre y durante mis estu-
dios.*

A mis hijos:

Igor,
Zeina Tamara y
Valeria Susana

*Como un estímulo para su supera-
ción*

A la memoria
de mi Maestro y Amigo:

Ing. Moisés Guillén Oropeza (†)

*Quien despertó y condujo en mí el
espíritu de lucha social*

"CADA MEJORADOR TIENE UNA IMAGEN IDEAL DEL TIPO DE PLANTA QUE BUSCA. EN LA PRÁCTICA EL ENFOQUE DE ÉSTA IMAGEN ES EXTREMADAMENTE FLEXIBLE, EN UNA BASE CAMBIANTE, DE TAL SUERTE QUE LA SUPERIORIDAD EN UN CARACTER COMPENSA LA INFERIORIDAD EN OTRO. EL **ÉXITO** EN ESTE PROCESO DE BALANCE CONSTITUYE LO QUE SE CONOCE COMO EL **ARTE DEL MEJORADOR**"

GEORGE F. SPRAGUE, 1966

COMPENDIO

Efectos de Aptitud Combinatoria General y Específica de Líneas Tropicales de Maíz (*Zea mays* L.) y sus Cruzas

POR

GASPAR MARTINEZ ZAMBRANO

MAESTRIA

FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, AGOSTO 1986

M.C. José Guadalupe Rodríguez Valdez - Asesor -

Palabras claves: Maíz, aptitud combinatoria general, aptitud combinatoria específica, efectos génicos aditivos, efectos génicos no aditivos.

Se evaluaron 42 cruzas simples de maíz (*Zea mays* L.) entre siete líneas desarrolladas en la región tropical húmeda y seis en la región tropical seca de México. Las cruzas se evaluaron en Ursulo Galván, Veracruz (Trópico Húmedo) en el verano de 1984, Los Mochis, Sinaloa (Transcisión) en el invierno de 1984 y Río Bravo, Tamaulipas (Trópico Seco) durante la primavera de 1985. Las variables estudiadas fueron: días a floración masculina y femenina, altura de mazorca

ca, porcentaje de plantas acamadas, porcentaje de mazorcas podridas, número de mazorcas por 100 plantas y el rendimiento. Los objetivos fueron: a) caracterizar las líneas por su aptitud combinatoria general y a sus cruzas por su aptitud combinatoria específica y b) obtener información del comportamiento de los efectos de aptitud combinatoria general y específica a través de localidades.

Los resultados mostraron diferencias al menos significativas ($0.05 < p < 0.01$) entre las cruzas en la mayoría de las variables estudiadas y éstas fueron debidas principalmente a las diferencias entre las líneas macho, luego a las de las líneas hembras y en último lugar a la interacción entre éstas; diferencias altamente significativas entre las cruzas en su interacción con los ambientes de prueba, para la mayoría de las variables estudiadas y éstas fueron debidas casi en su totalidad, a la de las líneas macho y a la de las líneas hembra en sus interacciones con las localidades.

Los análisis de varianza combinado a través de localidades, revelaron que en la expresión de las variables estudiadas estuvieron involucrados efectos genéticos aditivos de significación estadística ($0.05 < p < 0.01$) y de mayor importancia relativa que los no aditivos. Los efectos genéticos del tipo no aditivo estuvieron involucrados también en las variables altura de la mazorca, porcentaje de mazorcas podridas y número de mazorcas en 100 plantas.

Los efectos aditivos fueron más inestables que los - no aditivos en la mayoría de las variables estudiadas y solo el porcentaje de mazorcas podridas mostró ambos efectos genéticos inestables.

Las mejores líneas macho por su aptitud combinatoria general para rendimiento fueron la 1(0.615**) y la 2(0.360**) y las mejores hembras la 5(0.371*) y la 6(0.672**). Las estimaciones indicaron también que los efectos de aptitud combinatoria específica no fueron importantes en la expresión - del rendimiento en ninguna de las cruzas simples evaluadas.

ABSTRACT

BY

GASPAR MARTINEZ ZAMBRANO

**MASTER'S DEGREE
PLANT BREEDING**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, AGOSTO 1986

M.C. José Guadalupe Rodríguez Valdez - Major Advisor -

Key words: Maize, general combining ability, specific combining ability, additive genetic effects, no additive genetic effects.

Forty two simple crosses in maize (*Zea mays* L.) were evaluated, which were developed from seven lines in the humid tropics and six lines from dry tropical region in México. - These crosses were evaluated in Ursulo Galván, Veracruz (Humid Tropics) in summer 1984, Los Mochis, Sinaloa (Humid-Dry) in the winter of 1984 and in Río Bravo, Tamaulipas (Dry Tropics) during the spring 1985. The attributes studied were days to the male and female flower, height of the cob, percentage of plants lodged, percent of rotten cobs, number of cobs per 100 plants and yield. The objectives were: (a) to

characterize the general combining abilities of the lines - and specific combining abilities of the crosses and (b) to obtain information of general and specific combining ability effect across locations.

The results indicated significant differences ($0.05 < p < 0.01$) among the crosses in the majority of the characters studied and these were due to mainly to differences - existing between males secondly the differences between females and ultimately to the interaction between the male and - female lines.

The highly significant differences in the interaction for majority of the characters studied in the tested environments was attributed almost totally to the male and female lines and the interaction with the locations.

The combined analysis across the localities revealed the additive genetic effects in the expression of character to the statistically significant level ($0.05 < p < 0.01$) when compared to the no additive effects. The no additive genetic effects were also involved in characters; height to the cob, percent of rotten cobs and number of cobs in 100 plants.

The additive effects were more unstable than the no additive effects in the majority of the characters studied but for percent of rotten cobs showed both the effects unstable.

The best general combiner for yield in the male lines were 1(0.615**) and 2(0.360*) and the female lines -

5 (0.381*) and 6 (0.672**). The specific combining ability - effects were not important in the expression of yield in none of the simple crosses evaluated.

INDICE DE CONTENIDO

	PÁG.
INDICE DE CUADROS	
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	4
- DESARROLLO DE LINEAS ENDOCRIADAS	4
- EVALUACION DE LINEAS ENDOCRIADAS	6
- UTILIZACION DE LINEAS ENDOCRIDADAS	12
MATERIALES Y METODOS	15
- AREA DE ESTUDIO	15
- MATERIALES	16
- MATERIAL BASICO	16
- DESCRIPCION DEL GERMOPLASMA	16
- METODOS	17
- FORMACION DEL MATERIAL DE PRUEBA	17
- EVALUACIONES DE CAMPO	17
- ANALISIS ESTADISTICOS	19
- ANALISIS DE VARIANZA IDIVIDUAL	20
- ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO.	21
- ESTIMACIONES DE LA APTITUD COMBINATORIA	22
RESULTADOS	23
- ANALISIS DE VARIANZA INDIVIDUAL	23
- ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO	36
- ESTIMACION DE LA APTITUD COMBINATORIA	43
DISCUSION	60
CONCLUSIONES	64
RESUMEN	66
LITERATURA CITADA	68

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁG.
4.1. Valores medios de nueve características medidas en 42 cruzas simples de maíz evaluadas en Ursulo Galván, Veracruz. Ciclo 1984B	25
4.2. Valores medios de nueve características medidas en 42 cruzas simples de maíz evaluadas en Los Mochis, Sinaloa. Ciclo 1984B.	27
4.3. Valores medios de nueve características medidas en 42 cruzas simples de maíz evaluadas en Río Bravo, Tamaulipas. Ciclo 1985A.	29
4.4. Valores medios para cada localidad de las características medidas en 42 cruzas simples de maíz.	31
4.5. Cuadrados medios de los análisis de varianza individuales de nueve características medidas en 42 cruzas simples de maíz evaluados en Ursulo Galván, Veracruz. Ciclo 1984B.	33
4.6. Cuadrados medios de los análisis de varianza - de ocho características medidas en 42 cruzas simples de maíz evaluadas en Los Mochis, Sinaloa. Ciclo 1984B	34
4.7. Cuadrados medios de los análisis de varianza individuales de nueve características medidas en 42 cruzas simples de maíz evaluadas en Río Bravo, Tamaulipas. Ciclo 1985B	35
4.8. Valores medios combinados de ocho características medidas en 42 cruzas simples de maíz - evaluadas en tres localidades	37
4.9. Valores mínimos, medios y máximos de ocho características medidas en 42 cruzas simples de maíz evaluadas en tres localidades del Trópico Mexicano.	40

4.10.	Cuadrados medios de los análisis de varianza combinados de ocho características en 42 cru- zas simples de maíz evaluadas en tres locali- dades del Trópico Mexicano	41
4.11.	Efectos de aptitud combinatoria general de - siete líneas macho y seis líneas hembra de - maíz evaluadas en Ursulo Galván, Veracruz .	44
4.12.	Efectos de aptitud combinatoria general de - siete líneas macho y seis hembras de maíz - evaluadas en Los Mochis, Sinaloa.	45
4.13.	Efectos de Aptitud combinatoria general de - siete líneas macho y seis líneas hembra de - maíz evaluadas en Río Bravo, Tamaulipas . .	46
4.14.	Efectos combinados de aptitud combinatoria - general de siete líneas macho y seis líneas hembra de maíz evaluadas en tres localidades.	50
4.15.	Efectos de aptitud combinatoria específica de 42 cruvas simples entre siete líneas macho y seis líneas hembra de maíz evaluadas en <u>Ur</u> sulo Galván, Veracruz.	51
4.16.	Efectos de aptitud combinatoria específica de 42 cruvas simples entre líneas macho y - seis líneas hembra de maíz evaluadas en Los Mochis, Sinaloa	53
4.17	Efectos de aptitud combinatoria específica - de 42 cruvas simples entre líneas macho y -- seis líneas hembra de maíz evaluados en Río Bravo, Tamaulipas	55
4.18.	Efectos combinados de aptitud combinatoria específica de 42 cruvas simples entre siete líneas macho y seis líneas hembra evaluadas en tres localidades	58

INTRODUCCION

El mejoramiento genético del maíz tiene como objetivo final el incremento del rendimiento, el cual además de ser un caracter complejo de naturaleza cuantitativa, debe ser acompañado simultáneamente por el mejoramiento de otra serie de caracteres de interés agronómico tales como la precocidad, la altura de mazorca, la resistencia al acame, la pudrición de mazorca, la prolificidad y la cobertura de la mazorca entre otros, sin embargo, lograr un nivel aceptable de mejora en cada uno de estos caracteres en un mismo material resulta una tarea poco fácil, por ello, cuando se inicia la selección de un nuevo germoplasma, es importante conocer el tipo de acción génica presente para cada caracter bajo consideración y con base en ello elegir las metodologías más apropiadas para tener el mejor avance en su mejoramiento.

Los programas de mejoramiento de maíz que contemplan entre sus objetivos la producción de híbridos, tendrán una parte de sus actividades destinadas al desarrollo de líneas endocriadas, las cuales han de ser evaluadas por su adecuado potencial de rendimiento y demás caracteres, antes de ser utilizadas en la producción de las modalidades más importantes en la explotación comercial del maíz tales como los híbridos, los sintéticos y las variedades de polinización li-

bre. Sin embargo, desde el punto de vista del mejorador, - el verdadero valor de una línea está determinado en última instancia por su aptitud combinatoria, esto es, por su comportamiento en cruzas, la cual es particularmente válida para cada grupo de líneas sobre el cual se hace la estimación.

El concepto de aptitud combinatoria es útil para conocer el comportamiento de líneas endocriadas en cruzas y para conocer la importancia relativa de los tipos de acción de genes involucrados en este comportamiento. La información adicional acerca de los efectos del ambiente de prueba sobre la aptitud combinatoria puede guiar al fitomejorador en la utilización apropiada de estos materiales.

En el presente trabajo se generaron 42 progenies de cruza simple entre 13 líneas endocriadas, mediante el diseño de apareamiento II de Carolina del Norte propuesto por Comstock y Robinson (1948, 1952) y se evaluaron en campo con los siguientes objetivos:

- a). Estimar la aptitud combinatoria general de las líneas y la aptitud combinatoria específica de sus cruzas.
- b). Estudiar los efectos del ambiente de prueba sobre la aptitud combinatoria de las líneas y sus cruzas.

- c). Inferir de las estimaciones de aptitud combinatoria, el tipo de acción génica involucrado en la expresión del rendimiento y otras variables.

Desarrollo de Líneas Endocriadas

Los primeros estudios sobre endocría en el maíz fueron realizados por Carlos Darwin hace poco más de 120 años, como lo cita Jugenheimer (1981), empero, otros mejoradores del maíz también trabajaron con su endocría, tales como McCluter, Morrow y Gardner, Shamel, Holden y Shamel, East, Shull, Hartley, Montgomery, Hayes, Richey y Kyle, Wallace y Jenkins, etc. (Hallauer y Miranda 1981, Jugenheimer, 1981); sin embargo, los trabajos de Shull, East y colaboradores son considerados como los más importantes, que despertaron la inquietud de los mejoradores de su época en el desarrollo de líneas endocriadas y su utilización en híbridos.

Hallauer y Miranda (1981), Jugenheimer (1981) y Sprague y Eberhart (1977) concuerdan al afirmar que Shull delineó en 1908 las primeras ideas generales de mejoramiento para aprovechar la restauración del vigor y el incremento del rendimiento de los híbridos entre líneas altamente endocriadas.

Las líneas endocriadas de maíz pueden ser obtenidas mediante autofecundaciones de plantas seleccionadas en variedades de polinización libre, sintéticos, compuestos e incluso en generaciones avanzadas de híbridos, así como en poblaciones retrocruzadas o mezclas de germoplasma; es decir, en

cualesquier clase de germoplasma virtualmente disponible, empero, su obtención es un requisito indispensable en programas de mejoramiento que contemplen entre sus objetivos la producción de híbridos de maíz (Hallauer y Miranda, 1981; Jugenheimer, 1981).

Jugenheimer (1981) describe el método clásico para desarrollar líneas endocriadas de maíz el cual consiste básicamente en la autofecundación de plantas seleccionadas visualmente durante varias generaciones, practicando selección entre y dentro de las progenies autofecundadas. Otros métodos han sido propuestos como modificaciones del clásico, los cuales permiten incrementar el número de progenies autofecundadas (Jones y Singleton, 1934) o reducir la velocidad con que se avanza en la endocría (Macaulay, 1928), pero han sido de poco uso por los fitomejoradores del maíz.

Jenkins (1935) y Sprague (1946) propusieron seleccionar las líneas durante el proceso de endocría mediante pruebas tempranas de cruzamiento, en sustitución de la selección visual, para desarrollar mejores líneas; sin embargo, Russell y Teich (1967) encontraron que la selección visual fue tan efectiva como las pruebas tempranas de cruza para identificar líneas con buen comportamiento para rendimiento. Más recientemente Russell y Machado (1978) estudiaron la efectividad de la selección visual y de las pruebas tempranas de cruzamiento en el desarrollo de líneas endocriadas de maíz en dénsidad baja (25,000 plantas por hectárea) y alta (59,000 plantas por hectárea). Concluyeron que la selección visual

fue tan efectiva como las pruebas tempranas de cruzamiento - en el desarrollo de líneas tanto en alta como en baja densidad de siembra.

La obtención de líneas endocriadas con buenas características mediante endocria continua y selección visual entre y dentro de progenies autofecundadas es una tarea muy difícil, principalmente por el gran número de genes que se involucran y la compleja red de interacciones que se establecen entre ellos; la influencia del medio durante la selección y el desconocimiento de técnicas apropiadas para identificar las líneas superiores, según lo afirma Lindstrom (1939). Hallauer y Miranda (1981) indican, como hecho aceptado, que la selección visual durante la endocria modifica los caracteres de las líneas pero hace hincapié en que se desconoce - hasta que punto cambia su aptitud combinatoria; esto es su capacidad para comportarse bien a través de una serie de cruzas, aunque como lo establecen Sprague y Eberhart (1977) tiene menor efecto de lo que se pensaba.

Evaluación de Líneas Endocriadas

La evaluación de líneas endocriadas puede ser realizada mediante una serie de técnicas, las cuales se enmarcan en dos campos: La evaluación a través de su comportamiento *per se* y la evaluación a través de comportamiento en cruzas inter se.

Galarza *et al.* (1973) y Genter y Alexander (1966) - concuerdan en afirmar que los métodos de evaluación de líneas endocriadas son la prueba *per se* y la de mestizos. Estos mismos autores señalan que la prueba *per se* tiene la ventaja de no involucrar los efectos de interacción entre las líneas en evaluación y su probador, como ocurre en la prueba de mestizos. Sin embargo, Lonquist y Lindsey (1970) Matzinger (1953), Richey (1945) y Thompson y Rawlings (1960) argumentan que si las líneas serán utilizadas en combinaciones híbridas su selección y discriminación debe hacerse en estas condiciones; de esta manera será posible evaluarlos en base a su capacidad de restaurar el vigor perdido durante la endocria.

Hallauer y López (1979) establecen que el éxito de un programa de mejoramiento que contempla la endocria e hibridación, depende del procedimiento de prueba para identificar las líneas que producen híbridos superiores. No debe olvidarse, sin embargo, que el valor de la aptitud combinatoria de las líneas parentales es uno de los caracteres básicos resultantes en los efectos de heterosis de la progenie (Pesev, 1978).

El concepto de aptitud combinatoria ha sido utilizado ampliamente por los mejoradores de maíz en nuestros días, pero su significado actual probablemente nació en el pensamiento de Shull (Jugenheimer, 1981) cuando mencionó que el objetivo del mejorador de maíz no es encontrar la mejor línea, sino identificar y mantener la mejor combinación de - -

ellas. Sprague y Tatum (1942) delinearon en su dimensión - cabal el significado del concepto de aptitud combinatoria - hoy aceptado por los mejoradores de plantas al equipararlo con efectos génicos aditivos y no aditivos.

Jenkins (1935) y Sprague (1946) recomendaron el uso de las pruebas en generaciones tempranas de endocría como un método de evaluación de las líneas y para reducir su número en las subsecuentes generaciones. La efectividad de la evaluación durante el proceso de endocría y selección ha sido - un punto de fuerte controversia entre los mejoradores de - maíz.

Singleton y Nelson (1945), Wellhausen y Wortman (1954) y Osler *et al.* (1958) reportaron que la aptitud combinatoria de las líneas tuvo incrementos pequeños durante el proceso - de selección y endocría. Estos resultados estuvieron en contradicción de los reportados por Sprague y Miller (1952) - - quienes practicaron selección visual y endocría para obtener líneas de maíz. Estos investigadores encontraron después de cinco generaciones, que no hubo cambios en la aptitud combinatoria de las líneas cuando se evaluaron en cruzas simples entre ellas en cada generación de endocría. Jenkins (1935) encontró resultados similares a los de Sprague y Miller, - cuando evaluaron líneas seleccionadas visualmente durante - ocho generaciones de endocría, en cruzas línea x variedad en cada generación. Estableció que la selección visual fue - inefectiva para identificar líneas cuyas cruzas difirieran de sus progenitores en productividad o en cualquiera de los caracteres estudiados. Esto lo atribuyó a que las líneas -

habían fijado rápidamente sus caracteres particulares en las primeras generaciones de endocría y sugirió que la selección para comportamiento del rendimiento debería estar basada en las pruebas de cruzamiento, mas bien que en la apariencia visual de las líneas parentales.

Loeffel (1964) por su parte analizando el trabajo de Singleton y Nelson indica que si el cuadrado medio de la interacción línea x generación de endocría hubiera sido utilizado como el error experimental, no se hubiera detectado ningún cambio en la aptitud combinatoria como lo reportaron estos autores.

La aptitud combinatoria general es más importante que la aptitud combinatoria específica en la determinación del rendimiento de líneas no seleccionadas, pero lo contrario ocurre cuando las líneas han sido seleccionadas de alguna manera durante la endocría (Gamble, 1962a, Sprague y Tatum, 1942). Por su parte, Lonquist (1950) realizó un estudio de selección divergente dentro de líneas S_1 de alta y baja aptitud combinatoria. Utilizó la evaluación de líneas en cruza línea x variedad en cada generación de endocría como criterio de selección y concluyó que no se puede establecer directamente ni implicar, como algunos mejoradores lo han indicado, que no existe segregación para rendimiento en las generaciones tempranas de endocría, aún cuando se ha demostrado que la aptitud combinatoria para un grupo de líneas o familias permanece relativamente estable a partir de la primera generación de endocría. Por el contrario, resalta este

autor, todos los datos publicados muestran que las líneas - segregan para factores determinantes del rendimiento, así - como para otros caracteres.

Hallauer (1975), discutiendo los trabajos de Horner *et al.* (1973, 1975), Russell *et al.* (1973), Hoëgemeyer (1974) y Russell y Eberhart (1975) indica que las líneas élite seleccionadas mediante el uso de un probador endocriado, combinan bien no solo con el probador, sino también con otras líneas élite y lo atribuye a que el uso de este tipo de probador es efectiva también para seleccionar para buena aptitud combinatoria general.

El mismo autor indica que los datos experimentales - sugieren que los efectos de aptitud combinatoria específica son relativamente menores que los de aptitud combinatoria general, aún en experimentos de selección a largo plazo y mediante el uso de un probador endocriado.

La información más importante en la evaluación de líneas endocriadas es la que resulta de interpretar las diferencias en comportamiento en términos de genes y acción génica (Sprague y Tatum, 1942). La varianza de la aptitud combinatoria general (σ_G^2) da una indicación de la importancia de los efectos génicos aditivos y la varianza de la aptitud combinatoria específica (σ_S^2) sobre la importancia de los efectos génicos no aditivos. Altos valores de σ_G^2 indican diferencias en aptitud combinatoria general entre líneas, ya sea mejores o peores y, valores bajos, indican que son interme-

días en aptitud combinatoria general. Por otro lado, valores bajos de σ_g^2 indican que los híbridos incluyendo una línea particular se comportan adecuadamente en función de su aptitud combinatoria general, y valores altos indican que algunas cruzas fueron mejores y otras peores que lo esperado.

Las estimas de ACG (efectos génicos aditivos) y ACE (efectos génicos no aditivos) pueden ser inconsistentes cuando se calculan de experimentos individuales, los cuales han sido repetidos a través de localidades o años. Rojas y Sprague (1952), Lonquist y Gardner (1961) y Gamble (1962 c), concluyen de sus estudios, que los efectos aditivos (ACG) son menos influenciados por los ambientes que los no aditivos - - (ACE) sin embargo, Matzinger *et al.* (1959) indica que esto ocurre cuando se usan líneas endocriadas seleccionadas en las cruzas evaluadas, lo cual reduce la varianza de la ACG y probablemente también su interacción con ambientes. Sus resultados son apoyados por lo anteriormente mencionado, - pues encontró que los efectos aditivos son más influidos - por los ambientes que los no aditivos, cuando evaluó cruzas entre líneas no seleccionadas.

Por esta razón, las estimaciones de efectos de ACG y ACE, como un criterio para asignar valor genético a las líneas en proceso de evaluación deben hacerse en base a datos conjugados a través de ambientes y mediante un análisis de varianza combinado (Gamble, 1962a, 1962b, 1962c).

Utilización de Líneas Endocriadas

Con la finalidad de hacer un aprovechamiento más adecuado de las líneas endocriadas de maíz, el mejorador debe establecer el valor genético de éstas, es decir, los tipos de acción y la importancia relativa de los genes involucrados en la expresión de los caracteres de interés tanto económico como agronómico.

Una generalización de las estimaciones de los tipos de acción génica indica que el tipo aditivo es importante en casi todos los caracteres estudiados; en segundo lugar, los de dominancia y los epistáticos generalmente son de importancia no relevante (Sprague y Eberhart, 1977).

Los tipos de acción génica y su importancia relativa determinan el uso apropiado de las líneas. Comstock y Robinson (1952) mencionan que la heterosis, el fenómeno que resulta de los tipos de acción dominante principalmente, puede ser aprovechado en genotipos heterocigóticos de alto rendimiento, como los híbridos simples; en cambio líneas con alta aptitud combinatoria general, es decir, con efectos génicos mayormente del tipo aditivo, darán origen a sintéticos con alto rendimiento (Hayes, *et al.* 1944).

Jenkins (1934, 1935) estudió el comportamiento de los híbridos producidos con cuatro líneas, conocidos como híbridos dobles, a través del comportamiento de estos en cruas simples. Los métodos desarrollados para tal estudio (Jenkins, 1935) involucran distintas suposiciones respecto -

al tipo de acción génica presente en las cruzas dobles, aunque le asignan alguna importancia al tipo aditivo.

El tipo de acción génica predominante en las cruzas dobles puede ser tanto aditiva como dominante. Cockerham (1967), Eberhart *et al.* (1964) y Rawlings y Cockerham (1962) indican que los efectos génicos en las cruzas dobles siempre serán desconocidos y por lo general una mezcla de efectos. Si los efectos son del tipo aditivo es adecuado el método c de Jenkins, en cambio, si son del tipo dominante será adecuado el b.

Eberhart (1969) recuerda que las cruzas triples y dobles tienen una mayor estabilidad ambiental que las cruzas simples, expresado como una menor interacción genotipo ambiente y concluye de su trabajo en el cual estudió la estabilidad de híbridos simples, que es posible obtener cruzas simples estables y de alto rendimiento debido a que la respuesta favorable en poblaciones más altas y a índices ambientales parece estar correlacionada con más altos rendimientos y al parecer, está bajo control genético aditivo, en tanto que la estabilidad medida como la desviación de la regresión sobre los índices ambientales parece estar heredada de una manera más compleja.

Gama (1978) evaluó híbridos producidos con líneas endocriadas seleccionadas (teóricamente con efectos no aditivos) y no seleccionadas (con efectos aditivos) a través de un rango de ambientes. Sus resultados indicaron que los -

híbridos de líneas seleccionadas tuvieron rendimientos signi
ficativamente más altos que los de líneas no seleccionadas,
sin embargo, ambos tipos de híbridos tuvieron parámetros de
estabilidad muy similares.

Area de Estudio

El estudio fue desarrollado experimentalmente en las regiones de: Ursulo Galván, Veracruz (Trópico Húmedo), Los Mochis, Sinaloa (Transición) y Río Bravo, Tamaulipas (Trópico Seco).

La localidad de Ursulo Galván se encuentra a una latitud norte de $19^{\circ}23'$, una longitud oeste de $96^{\circ}23'$ y a una altura sobre el nivel del mar de 29 metros. Recibe una precipitación media anual de 1296 milímetros y registra una temperatura media anual de 32.5°C .

La localidad de Los Mochis se ubica a los $25^{\circ}48'$ de latitud norte, $108^{\circ}60'$ de longitud oeste y a una altura de 14 metros sobre el nivel del mar. Tiene una precipitación media anual de 546.9 milímetros y una temperatura de 28°C .

La localidad de Río Bravo se encuentra a los 26° de latitud norte, $98^{\circ}10'$ de longitud oeste y a 30 metros sobre el nivel del mar. Registra medias anuales de 517 milímetros y 23°C de precipitación y temperatura, respectivamente.

Materiales

Material Básico

Las líneas utilizadas para producir el material de prueba son de pedigree cerrado y se agrupan e identifican como sigue:

Líneas Macho	Líneas Hembra
M ₁	H ₁
M ₂	H ₂
M ₃	H ₃
M ₄	H ₄
M ₅	H ₅
M ₆	H ₆
M ₇	H ₇

Descripción del Germoplasma

Las líneas utilizadas en la formación del material de prueba son líneas endocriadas con niveles desde S₂ hasta S₇ y obtenidas mediante un esquema genealógico con selección visual durante la endocría. El criterio mediante el cual fueron escogidos para realizar este trabajo fue el origen ecológico y la amplia diversidad para componentes de rendimiento y agronómicos, tales como longitud de mazorca, hileras por mazorca, peso de 100 semillas, altura de planta, días a floración y área foliar.

Las líneas macho fueron obtenidas en la región de Trópico Húmedo con germoplasma de Tuxpeño Crema-1.

Las líneas hembra se obtuvieron en la región de Trópico Seco en el Noreste de México, con germoplasma de Tuxpeño y otros germoplasmas del Caribe.

Métodos

Formación del Material de Prueba

Las progenies evaluadas fueron formadas mediante un diseño de apareamiento línea-probador o dialélico incompleto, generándose 42 cruzas simples.

Evaluaciones de Campo

Las 42 cruzas simples se evaluaron en tres sitios experimentales bajo el diseño experimental de bloques al azar con dos repeticiones.

Las evaluaciones se hicieron bajo condiciones de riego en parcelas de un surco de 4.4 metros de longitud y una distancia entre surcos de 0.75 metros. La parcela contuvo 21 matas de una planta cada una, a distancias de 0.22 m, lo cual equivale a una densidad de 60,000 plantas por hectárea. A la madurez solo 20 plantas se cosecharon dando un área de parcela útil de 3.3 m².

La fecha de siembra y la fertilización (kg/ha N-P-K) varió con el sitio experimental, siendo el cinco de julio de 1984 con 120-80-00; 30 de agosto de 1984 con 160-40-00 y 15 de marzo de 1985 con 120-80-00, respectivamente para Ursulo

Galván, Veracruz, Los Mochis, Sinaloa y Río Bravo, Tamaulipas. En todas las localidades se dió un riego de siembra y cuatro posteriores, cubriendo apropiadamente el ciclo del cultivo hasta postantesis.

En cada uno de los sitios experimentales se midieron las siguientes características de planta en cada unidad experimental.

1. Días a floración masculina y femenina. Días transcurridos desde la siembra hasta el 50 por ciento de antesis y emergencia de estigmas, respectivamente.
2. Porcentaje de mala cobertura. Relación entre plantas con mazorca no cubierta totalmente y plantas cosechadas.
3. Porcentaje de mazorcas podridas. Relación entre mazorcas con algún tipo de pudrición y mazorcas cosechadas.
4. Altura de mazorca. Distancia en centímetros desde la base del suelo hasta el nudo de inserción de la mazorca principal.
5. Porcentaje de acame de raíz y tallo. Relación entre plantas con una inclinación mayor de 30 grados respecto a la vertical y con rotura del tallo por abajo del punto de inserción de la mazorca y plantas cosechadas, respectivamente.

6. Rendimiento de mazorca. Kilogramos de mazorca transformado a toneladas de mazorca al 15.5 por ciento de humedad.
7. Mazorcas por 100 plantas. Relación entre mazorcas y plantas cosechadas.

Análisis Estadístico

Loa análisis de varianza requirieron de una transformación de aquellas variables medidas en porcentaje, mediante:

$$Y' = \text{Arc Sen } \sqrt{Y/100 + 0.005}, \text{ en donde:}$$

Y' = valor de la variable transformada

Y = porcentaje de la variable observada

Las variables rendimiento y mazorca por 100 plantas se corrigieron mediante un análisis de covarianza con el número de plantas cosechadas, la variable independiente que las afecta. En este caso la hipótesis probada fue: $H_0: \beta = 0$ contra $A: \beta \neq 0$. Si $\beta = 0$, es decir si la variable independiente está afectando significativamente a la variable dependiente, se procede a ajustar cada observación antes de hacer el análisis de varianza mediante:

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

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

$j = 1, \dots, r$ repeticiones

donde:

\hat{Y}_{ij} = valor ajustado de la observación en el tratamiento i de la repetición j

Y_{ij} = valor observado en el tratamiento i de la repetición j

b = coeficiente de regresión estimado del análisis de covarianza

\bar{X}_{ij} = valor observado de la variable independiente en el tratamiento i de la repetición j

$\bar{X}_{..}$ = media general observada para la variable independiente

Análisis de Varianza Individual

Con los datos ajustados en los casos necesarios se procedió al análisis de varianza individual para cada una de las localidades bajo el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + H_j + (MH)_{ij} + R_k + \xi_{ijk}$$

$i = 1, \dots, m$ machos

$j = 1, \dots, h$ hembras

$k = 1, \dots, r$ repeticiones

donde:

Y_{ijk} = valor observado en la parcela ijk

μ = efecto promedio de los tratamientos en el experimento

M_i = efecto del macho i

H_j = efecto de la hembra j

$(MH)_{ij}$ = efecto de la interacción entre el macho i y la hembra j

ξ_{ijk} = efectos de variables no cuantificadas por el modelo

Todas las variables del modelo se consideraron con efectos fijos.

Análisis de Varianza Combinado

La conjugación de los datos relativos a los experimentos individuales en un análisis combinado, se realizó después de verificar que sus errores experimentales se distribuyen normal e independientemente con una varianza común, mediante la técnica desarrollada por Bartlett e ilustrada por Ostle (1974). El modelo estadístico fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + L_i + R(i)_j + M_k + H_l + (MH)_{kl} + (LM)_{ik} + (LH)_{il} + (LMH)_{ikl} + \xi_{ijkl}$$

$i = 1, \dots, l$ localidades

$j = 1, \dots, r$ repeticiones

$k = 1, \dots, m$ machos

$l = 1, \dots, h$ hembras

donde:

Y_{ijkl} = valor observado en las parcelas $ijkl$

μ = efecto promedio de los tratamientos en el experimento

L_i = efecto de la localidad i

$R(i)_j$ = efecto de la repetición j dentro de la localidad i

M_k = efecto del macho k

L_l = efecto de la hembra l

$(MH)_{kl}$ = efecto de interacción entre el macho k y la hembra l

$(LM)_{ik}$ = efecto de interacción entre la localidad i y el macho k

$(LH)_{il}$ = efecto de interacción entre la localidad i y la hembra l

$(LMH)_{ikl}$ = efecto de la interacción entre la localidad i , el macho k y la hembra l

ξ_{ijkl} = efectos de variables no cuantificadas por el modelo

Estimaciones de la Aptitud Combinatoria

Utilizando los datos ajustados de cada localidad se estimaron los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) para los dos grupos de líneas y sus cruizas, respectivamente y para cada variable, mediante la metodología propuesta por Griffing (1956), como sigue:

$$g_i = \bar{Y}_{i.} - \bar{\bar{Y}}_{..}$$

$$g_j = \bar{Y}_{.j} - \bar{\bar{Y}}_{..}$$

$$S_{ij} = Y_{ij} - g_i - g_j + \bar{\bar{Y}}_{..}$$

donde:

g_i , g_j y S_{ij} = son las ACG y ACE respectivamente para los i -machos, j -hembras y sus cruizas

$\bar{Y}_{i.}$ y $\bar{Y}_{.j}$ = son las medias de los machos y las hembras, respectivamente

Y_{ij} = son los valores observados para cada i x j cruza

$\bar{\bar{Y}}_{..}$ = la media de todas las i x j cruizas

La significancia estadística de las estimaciones de la aptitud combinatoria se probó mediante una prueba de t o diferencia mínima significativa como indica Chaudhary y Singh (1977):

$$DMS \alpha = EE \times t(\alpha, g l_e)$$

donde:

DMS α = diferencia mínima significativa a una probabilidad α

EE = error estandar para una comparación de medias el cual equivale (con m machos, h hembras y r repeticiones) a lo siguiente:

$(CM_e/r m)^{1/2}$ para ACG hembras

$(CM_e/r h)^{1/2}$ para ACG machos

$(CM_e/r)^{1/2}$ para ACE de cruzas

$t_{\alpha gl e}$ = valor de las tablas, apropiado a los grados de libertad del error experimental a una probabilidad α

De manera similar fueron estimados y probados los efectos de aptitud combinatoria para las variables estudiadas a través de localidades.

RESULTADOS

Análisis de Varianza Individual

Las medias de dos repeticiones de las variables medidas en las 42 cruzas simples evaluadas en Ursulo Galván, Los Mochis y Río Bravo, se encuentran en los Cuadros 4.1 al 4.3, respectivamente.

Los valores medios observados en cada uno de las tres localidades para las variables medidas en las 42 cruzas simples de maíz se muestran en el Cuadro 4.4. En general, las cruzas fueron más tardías en Río Bravo (77 días a floración femenina) y más precoces en Ursulo Galván (57.9 días); fue mayor la altura de mazorca en Ursulo Galván (136.7 cm) y menor (93.2 cm) en Río Bravo. El acame fue más intenso (42.8 por ciento) en Los Mochis y menos en Ursulo Galván (11.8 por ciento); hubo mayor incidencia de pudrición de la mazorca en Los Mochis (25.7 por ciento) y menor (7.0 por ciento) en Río Bravo; más alto porcentaje de mazorcas con mala cobertura en Río Bravo (17.0) y menos en Ursulo Galván (9.5); el rendimiento fue más alto en Los Mochis con 9.6 toneladas por hectárea, en cambio en Ursulo Galván las cruzas rindieron menos (6.7 toneladas). El cuateo, expresado como el número de mazorcas por 100 plantas fue mayor (113.7) en Los Mochis y menor en Río Bravo con 99.3.

Cuadro 4.1. Valores medios de nueve características medidas en 42 cruzas simples de maíz evaluadas en Ursulo Galván, Veracruz, Ciclo 1984B

Cruza Nº	Días a flor		Altura mazorca (cm)	% Acame			% Maz pod.	% Mala cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendto. mazorca
	♂	♀		raíz	tallo	total				
1	59.0	59.0	108.0	4.0	4.0	8.0	39.0	4.0	104.0	7.280
2	59.0	59.0	148.5	4.0	4.0	8.0	16.0	4.0	138.5	8.294
3	59.5	59.5	128.0	4.0	4.0	8.0	13.0	4.0	104.5	7.500
4	58.5	58.5	118.0	4.0	8.0	13.0	20.0	4.0	116.0	8.371
5	58.5	58.5	154.5	4.0	9.0	13.0	20.0	4.0	128.0	8.838
6	58.5	58.5	142.0	4.0	9.0	13.0	24.0	9.0	116.0	7.183
7	56.5	57.0	158.5	4.0	4.0	8.0	14.5	12.0	94.5	7.125
8	58.0	58.0	156.5	4.0	4.0	8.0	9.0	4.0	96.5	6.639
9	57.0	57.5	145.0	4.0	4.0	8.0	22.5	9.0	106.0	6.667
10	57.5	57.5	143.5	4.0	4.0	8.0	27.5	11.0	104.5	5.499
11	57.0	58.0	164.5	4.0	9.5	13.5	18.0	4.0	92.0	7.499
12	58.0	58.0	165.0	4.0	4.0	8.0	19.0	4.5	98.5	7.799
13	58.5	58.5	119.5	4.0	12.0	16.0	4.0	4.0	108.5	7.660
14	59.5	59.5	139.5	9.5	4.0	13.5	19.0	4.0	102.5	5.427
15	56.5	56.5	132.5	9.5	17.5	27.0	28.0	17.5	114.5	5.476
16	57.5	57.5	104.5	4.0	4.0	8.0	18.5	4.0	102.5	6.413
17	58.0	58.0	138.5	4.0	9.0	13.0	4.0	4.0	100.0	5.947
18	57.5	57.5	141.0	11.5	16.0	27.5	10.0	9.0	87.0	5.180
19	56.0	56.0	118.0	4.0	4.0	8.0	22.0	23.5	113.5	7.510
20	57.0	57.0	142.0	4.0	4.0	8.0	34.0	4.0	130.0	6.072
21	56.0	56.0	114.0	4.0	4.0	8.0	26.5	9.0	98.5	4.965
22	55.5	55.0	110.5	4.0	4.0	8.0	20.5	23.5	103.0	5.279
23	56.0	56.0	134.5	4.0	4.0	8.0	23.0	21.5	105.5	7.309
24	57.5	57.5	134.5	4.0	4.0	8.0	27.0	22.5	93.5	5.657

Cuadro 4.1. continuación

Cruza N°	Días a flor		Altura mazorca (cm)	% Acame			% Maz. pod.	% Mala cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendto. mazorcas
	♂	♀		raíz	tallo	total				
25	59.0	59.0	141.0	4.0	4.0	8.0	12.5	4.0	103.0	6.831
26	60.5	60.5	115.5	4.0	4.0	8.0	4.0	4.0	84.5	5.167
27	56.0	56.5	124.0	4.0	13.5	17.5	24.5	4.0	120.0	6.575
28	56.0	56.5	111.0	4.0	4.0	8.0	21.0	4.0	103.0	6.126
29	59.0	59.0	127.0	4.0	4.0	8.0	22.0	9.0	103.5	6.299
30	56.5	56.5	137.0	4.0	15.0	19.0	8.0	9.5	120.5	7.963
31	56.5	56.5	142.5	4.0	4.0	8.0	10.5	4.0	119.0	6.320
32	58.0	58.0	142.0	13.0	4.0	17.0	21.0	9.5	99.0	5.933
33	55.5	55.5	129.5	4.0	9.0	13.0	24.0	9.0	124.0	7.163
34	57.0	57.0	121.0	4.0	9.5	13.5	9.0	4.0	103.0	5.906
35	57.0	57.0	147.5	4.0	11.5	15.5	12.0	4.0	92.5	7.643
36	58.0	58.0	141.4	4.0	17.0	21.0	16.0	9.0	105.5	6.330
37	59.5	59.5	124.5	4.0	4.0	8.0	14.0	24.0	103.0	6.264
38	61.0	61.0	133.0	4.0	9.5	13.5	4.0	14.5	103.0	6.752
39	57.5	58.0	130.5	4.0	4.0	8.0	17.0	9.0	103.0	6.626
40	59.0	59.0	120.5	4.0	4.0	8.0	19.5	9.0	111.0	6.508
41	59.5	60.5	136.5	4.0	13.5	17.5	17.0	23.0	89.0	6.687
42	58.5	58.5	131.0	4.0	9.0	13.0	21.0	19.0	100.0	7.806
X	57.726	57.869	136.726	4.655	7.107	11.762	18.024	9.512	105.833	6.702
DMS	1.499	1.654	14.866	4.430	8.974	9.317	11.424	10.036	14.772	1.333
C.V. (%)	1.8	2.0	7.8	66.6	88.36	55.4	44.4	73.8	19.8	13.9

Cuadro 4.2. Valores medios de ocho características medidas en 42 cruzas simples de maíz evaluadas en Los Mochis, Sinaloa. Ciclo 1984B.

Cruza Nº	Días a flor		Altura mazorca (cm)	% Acame total	% Maz. pod.	% Mala cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendto. mazorca
	♂	♀						
1	67.0	67.0	104.0	28.0	22.5	18.5	107.5	6.912
2	64.0	64.0	127.5	47.5	22.5	10.5	123.5	9.964
3	62.5	62.5	125.5	48.5	20.5	15.5	112.5	9.911
4	62.0	62.0	113.0	54.0	31.5	18.0	118.0	10.160
5	64.5	64.5	136.0	41.0	26.0	4.0	132.0	11.388
6	64.5	64.5	127.0	49.0	29.5	9.0	124.0	10.947
7	60.5	60.5	131.5	40.0	32.0	17.0	100.5	9.886
8	63.5	63.5	130.5	38.0	17.0	18.5	111.5	9.908
9	61.0	61.0	127.0	33.5	24.5	14.0	110.0	10.610
10	60.5	50.6	114.5	31.0	9.5	9.5	98.0	9.104
11	61.0	61.0	144.5	31.0	21.0	21.0	101.0	10.243
12	61.5	61.5	138.0	27.0	30.5	17.0	107.0	11.259
13	64.5	63.5	121.5	39.5	35.0	9.5	103.0	8.097
14	66.5	66.5	141.0	47.0	16.0	10.5	116.5	10.926
15	62.0	62.0	133.0	38.0	42.0	14.5	123.5	9.623
16	63.0	63.0	117.5	27.0	22.5	8.0	111.0	9.252
17	64.5	64.5	143.5	41.5	17.5	9.0	99.0	9.604
18	64.0	64.0	140.5	35.0	9.5	9.0	101.5	12.488
19	58.5	58.5	104.0	46.5	38.5	22.5	114.0	8.550
20	61.5	61.5	111.5	47.5	31.0	8.0	132.5	9.507
21	57.5	57.5	103.5	32.5	41.0	15.0	125.0	8.756
22	59.0	59.0	101.0	42.0	21.5	12.0	110.5	9.259
23	59.5	59.5	117.5	36.0	26.5	16.5	109.0	11.140
24	59.5	59.5	123.0	46.0	20.5	21.0	110.0	12.725

Cuadro 4.2. continuación

Cruza Nº	Días a flor		Altura mazorca (cm)	% Acame total	% Maz. pod.	% Mala cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendto. mazorca (ton/ha)
	♂	♀						
25	61.5	61.5	109.5	50.0	40.5	11.5	104.5	6.621
26	64.5	64.5	120.0	62.0	28.0	14.5	109.5	9.146
27	59.0	59.0	109.5	44.0	62.0	17.0	132.0	6.188
28	60.0	60.0	109.0	48.5	17.5	17.5	105.5	8.058
29	59.5	59.5	123.0	43.5	31.0	9.0	109.5	7.683
30	60.5	60.5	124.5	52.5	28.5	8.0	120.5	9.360
31	61.5	61.5	107.0	36.0	40.5	4.0	122.0	8.305
32	63.5	63.5	127.5	62.5	15.0	8.0	152.0	8.989
33	60.0	60.0	106.0	41.0	36.5	4.0	111.5	9.527
34	61.0	61.0	112.0	41.5	27.5	4.0	114.5	7.816
35	60.0	60.0	118.0	46.5	29.5	15.0	134.5	10.834
36	62.0	62.0	124.5	53.0	21.5	8.0	153.0	11.253
37	64.5	64.5	104.0	44.0	9.5	9.5	93.0	8.838
38	64.5	64.5	113.5	49.5	11.5	9.0	107.5	10.323
39	62.0	62.0	116.0	50.5	9.0	9.0	99.5	9.292
40	64.0	64.0	99.0	34.0	28.5	9.0	104.5	8.893
41	63.5	63.5	108.5	43.5	21.5	9.0	96.5	9.545
42	63.5	63.5	108.5	38.5	12.0	4.0	104.0	11.151
\bar{X}	62.083	62.060	119.440	42.810	25.679	11.857	113.714	9.572
DMS	2.313	2.278	5.831	12.376	13.520	10.014	21.899	1.858
C.V. (%)	2.6	2.6	3.4	20.2	36.8	59.1	13.5	1.4

Cuadro 4.3. Valores medios de nueve características medidas en 42 cruzas simples de maíz evaluadas en 42 cruzas simples de maíz evaluadas en Río Bravo, Tamaulipas. - Ciclo 1985A.

Cruza Nº	Días a flor		Altura mazorca (cm)	% raíz	% Acame tallo	% total	% Maz. pod.	% Mala cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendto. mazorcas (ton/ha)
	♂	♀								
1	76.0	78.0	99.5	4.0	15.5	19.5	4.0	28.5	96.5	7.406
2	75.5	77.5	98.0	4.0	9.0	13.0	4.0	14.0	102.5	8.363
3	73.5	75.5	107.5	11.5	35.5	47.0	4.0	19.0	100.0	8.455
4	74.0	76.0	82.0	4.0	9.5	13.5	4.0	9.5	100.0	7.856
5	76.0	78.0	100.0	4.0	26.5	30.5	4.0	22.5	99.5	8.426
6	74.5	76.5	104.5	4.0	21.5	25.5	4.0	9.5	94.5	8.110
7	73.5	75.5	103.5	4.0	14.0	18.0	4.0	4.0	97.0	8.472
8	74.5	76.5	97.0	4.0	16.5	20.5	4.0	20.5	102.5	8.150
9	76.0	78.0	104.5	4.0	23.5	27.5	4.0	19.5	94.5	7.668
10	76.0	78.0	90.5	4.0	18.5	22.5	4.0	18.5	105.5	8.379
11	73.5	75.5	109.0	4.0	29.5	33.5	4.0	34.5	100.0	7.839
12	77.0	78.5	106.5	15.5	14.0	29.5	9.5	11.5	100.0	8.030
13	74.5	76.5	98.0	4.0	23.5	27.5	4.0	22.5	99.5	8.651
14	76.0	78.0	107.5	4.0	16.0	20.0	4.0	19.5	99.5	8.384
15	74.0	76.0	96.5	4.0	23.0	27.0	17.5	9.0	99.0	8.589
16	74.5	76.5	89.5	4.0	11.5	15.5	9.0	4.0	102.5	7.960
17	73.0	75.0	99.5	4.0	22.0	26.0	9.0	32.5	105.5	8.074
18	75.0	77.0	113.0	4.0	14.5	12.5	9.0	17.0	103.0	9.384
19	74.0	76.0	84.0	4.0	14.0	18.0	14.5	21.5	97.5	7.635
20	76.5	78.5	89.0	14.0	20.5	34.5	9.0	23.5	100.0	7.614
21	72.5	74.5	85.0	4.0	34.5	38.5	26.0	17.0	99.5	7.153
22	75.0	77.0	74.5	11.0	4.0	15.0	4.0	22.0	100.0	6.884
23	74.0	75.0	90.5	4.0	26.0	30.0	4.0	34.5	100.0	7.768
24	75.0	77.0	96.5	12.0	9.0	21.0	4.0	9.5	91.0	7.621

Cuadro 4.3. continuación

Cruza Nº	Días a flor		Altura mazorca (cm)	% Acame tallo	% Maz. pod.	% Mala cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendto. mazorca (ton/ha)		
	♂	♀								
25	76.0	78.0	90.5	7.5	47.0	54.5	13.5	14.0	102.5	7.694
26	75.5	77.5	100.0	20.5	38.0	58.5	4.0	25.5	97.0	6.563
27	74.0	76.0	87.0	4.0	35.0	39.0	19.0	14.0	103.0	8.421
28	74.0	76.0	78.5	4.0	42.0	46.0	9.5	12.0	100.0	6.887
29	74.0	76.0	93.0	4.0	41.5	45.5	9.0	14.5	97.0	7.303
30	75.0	77.0	84.5	12.0	23.5	35.5	4.0	32.5	100.0	7.412
31	74.5	76.5	88.0	4.0	24.5	28.5	4.0	4.0	96.0	6.986
32	73.5	75.5	90.0	23.5	33.0	56.5	4.0	25.0	100.0	7.836
33	73.5	75.5	88.5	12.0	31.5	43.5	9.0	21.0	97.5	6.849
34	71.5	74.0	76.5	13.5	15.5	29.0	4.0	18.5	100.0	7.446
35	72.0	74.5	88.5	4.0	22.5	26.5	9.5	20.0	103.0	8.296
36	74.0	76.0	91.0	4.0	34.5	38.5	4.0	13.5	89.5	7.234
37	77.5	79.5	83.5	4.0	39.5	43.5	4.0	11.5	97.0	6.818
38	77.0	79.0	91.0	14.0	29.5	43.5	4.0	17.0	97.5	7.351
39	79.0	81.0	94.5	4.0	49.5	53.5	14.5	9.0	102.5	7.366
40	79.0	89.5	76.5	4.0	30.0	34.0	4.0	14.0	102.5	6.887
41	77.5	79.5	95.5	12.0	45.0	57.0	4.0	12.0	97.0	7.775
42	78.5	80.5	91.0	4.0	40.5	44.5	4.0	4.0	97.5	7.571
\bar{X}	75.0	76.976	93.202	7.036	25.583	32.619	7.036	17.048	99.262	7.775
DMS	2.689	2.670	7.612	9.531	16.876	16.409	5.961	14.844	7.165	1.011
C.V. (%)	2.4	2.43	5.7	94.78	46.16	35.2	59.3	60.9	5.1	9.1

Cuadro 4.4. valores medios para cada localidad de las características medidas en 42 cruces simples de maíz.

Caracter	Ursulo Galván	Los Mochis	Río Bravo	Media	DMS _{0,05}
Días a floración masculina	57.8	62.1	75.0	65.0	0.333
Días a floración femenina	57.9	62.1	77.0	65.6	0.339
Altura de mazorca	136.7	119.4	93.2	116.5	1.543
% Acame de raíz*	4.7		7.0	5.9	
% Acame de tallo*	7.1		25.6	16.4	
% Acame total*	11.8	42.8	32.6	29.1	1.970
% Mazorcas podridas	18.0	25.7	7.0	16.9	1.630
% Mala cobertura	9.5	11.9	17.0	12.8	1.792
Mazorcas x 100 plantas	105.8	113.7	99.3	106.3	2.389
Rendimiento	6.7	9.6	7.8	8.0	0.218

* En la localidad de Los Mochis se tomaron los porcentajes de acame de raíz y tallo conjuntamente, dando origen a la variable porcentaje de acame total.

Los cuadrados medios de los análisis de varianza de cada localidad (Ursulo Galván, Los Mochis y Río Bravo) para las variables medidas, se presentan en los Cuadros 4.5. al 4.7.

Los resultados muestran diferencias al menos significativas para las cruzas en la mayoría de las variables estudiadas en las tres localidades. Unicamente las diferencias en los porcentajes de acame de raíz y tallo en Ursulo Galván; en el porcentaje de mazorcas con mala cobertura y mazorcas por 100 plantas en Los Mochis, así como en los días a floración femenina, los porcentajes de acame de raíz y de mazorcas con mala cobertura, rendimiento y mazorcas por 100 plantas en la localidad de Río Bravo, resultaron no significativas.

Las diferencias entre las cruzas fue debida desde el punto de vista estadístico, mayormente a las líneas macho luego a las hembras y finalmente a la interacción machos x hembras en todas las localidades y variables estudiadas.

Las diferencias entre líneas macho fueron al menos significativas para todas las variables en todas las localidades, excepto para los porcentajes de acame de raíz y tallo en Ursulo Galván y para el porcentaje de acame de raíz, porcentaje de mazorcas con mala cobertura y mazorcas por 100 plantas en Río Bravo.

Las interacciones machos x hembras mostraron diferencias no significativas en todas las localidades y para todas las variables estudiadas, excepto para porcentaje de mazorcas podridas y mazorcas por 100 plantas en Ursulo Galván, cuyas diferencias fueron significativas y altamente significa-

Cuadro 4.5. Cuadrados medios de los análisis de varianza individuales de nueve características medidas en 42 cruza simples de maíz evaluados en Ursulo Galván, Veracruz. Ciclo 1984B.

Fuentes de variación	g.l.	Días a flor		Altura maz. (cm)	% Acame		% Maz. pod.	% Malá cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendimiento Mazorca (ton/ha)
		♂	♀		raíz	tallo				
Repeticiones	1	1.71	1.44	102.96	1.44	38.68	40.05	93.30	195.05	3.70*
Cruzas	41	3.64**	3.73**	452.03**	8.77	36.70	125.61*	91.41*	273.07**	1.85**
M	6	11.94**	12.97**	1308.10**	17.51	60.33	219.60**	320.46**	459.03**	4.67**
H	5	7.09**	6.67**	1279.27**	9.76	75.56	85.88	68.51	138.48	2.29*
M x H	30	1.40	1.40	142.94	6.85	25.49	113.43*	48.90	258.30**	1.21
Error	41	1.10	1.34	108.21	9.61	39.43	63.90	49.32	106.85	0.87
C.V. (%)		1.8	2.0	7.8	66.6	88.4	44.4	73.8	9.8	13.9

*, ** Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente

Cuadro 4.6. Cuadrados medios de los análisis de varianza de ocho características medidas en 42 cruzas simples de maíz evaluados en Los Mochis, Sinaloa. Ciclo 1984B.

Fuentes de variación	g.l.	Días a flor		Altura maz. (cm)	% Acame	% Maz. pod.	% Mala cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendimiento mazorcas (ton/ha)
		♂	♀						
Repeticiones	1	5.25	4.30	152.01**	3.86	78.11	84.00	597.33	5.80
Cruzas	41	9.90**	9.71**	312.05**	153.71*	237.29**	51.69	369.61	4.11**
M	6	42.44**	41.16**	1117.27**	387.21**	451.01**	148.38*	1233.30**	7.64**
H	5	19.13**	18.78**	851.18**	301.10**	421.62**	12.37	473.29	16.50**
M x H	30	1.85	1.91	61.16**	82.44	136.82	38.90	179.60	1.35
Error	41	2.62	2.54	16.65	75.00	89.50	49.10	234.82	1.69
C.V. (%)		2.6	2.6	3.4	20.2	36.8	59.1	13.5	1.4

*, ** significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente

Cuadro 4.7. Cuadrados medios de los análisis de varianza individuales de nueve características medidas en 42 cruzas simples de maíz evaluadas en Río Bravo, Tamaulipas. Ciclo 1985A.

Fuentes de variación	g.l.	Días a flor		Altura maz.	% Acame		% Maz. pod.	% Mala cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendimiento mazorca (ton/ha)
		♂	♀		raíz	tallo				
Repeticiones	1	0.00	0.76	53.44	332.01**	146.68	6.30	171.43	65.19	0.03
Cruzas	41	6.12*	5.71	175.59**	52.13	268.29*	51.50**	139.78	22.15	0.60
M	6	26.84**	25.08**	556.52**	55.19	1031.56**	76.22**	116.97	20.51	2.49**
H	5	3.51	3.59	538.78**	102.19	403.30*	144.71**	232.53	43.85	0.45
M x H	30	2.40	2.18	38.87	43.18	93.14	31.02*	128.88	18.86	0.37
Error	41	3.54	3.49	28.37	44.48	139.46	17.40	107.89	25.14	0.50
C.V. (%)		2.5	2.4	5.7	94.8	46.2	59.3	60.9	5.1	9.1

*, ** significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente

tivas, respectivamente; para altura de mazorca en Los Mochis la cual fue altamente significativa y para porcentaje de mazorcas podridas en la cual las diferencias fueron únicamente significativas en Río Bravo.

La contribución de las líneas macho a los cuadrados medios de las cruzas fue de mayor magnitud en todas las localidades y variables, excepto para el porcentaje de acame de tallo en Ursulo Galván; el rendimiento en Los Mochis y para los porcentajes de acame de raíz, mazorcas podridas y mazorcas con mala cobertura, así como para mazorcas por 100 plantas en Río Bravo, en las cuales la contribución de las líneas hembras fue mayor.

Los coeficientes de variación fueron consistentemente más bajos para días a floración masculina en las tres localidades y varió de 1.8 por ciento en Ursulo Galván a 2.6 por ciento en Los Mochis, le siguió el de días a floración femenina con una amplitud desde 2.0 por ciento en Ursulo Galván hasta 2.6 en Los Mochis. Los coeficientes de variación más altos fueron para el porcentaje de acame de raíz (66.6 a 94.8 por ciento) y para el porcentaje de acame de tallo (46.2 a 88.4 por ciento).

Análisis de Varianza Combinado

La conjugación de las variables medidas en cada localidad en una tabla de medias para las 42 cruzas simples -

se muestra en el Cuadro 4.3. El Cuadro 4.9 resume las medias generales de las variables estudiadas y puede observarse en ellas que las cruzas tuvieron una floración masculina y femenina promedio de 65 y 66 días respectivamente, con un rango de 58 (Ursulo Galván) a 77 días (Río Bravo); la altura de mazorca media fue de 115 cm con una amplitud de 93 (Río Bravo) a 137 cm (Ursulo Galván); el porcentaje de acame total fue en promedio de 29 con rango de 12 por ciento (Ursulo Galván) a 43 por ciento (Los Mochis). Los porcentajes de mazorcas podridas y con mala cobertura tuvieron una media de 17 y 13 por ciento respectivamente, con rangos de 7 a 26 por ciento y 10 a 17 por ciento, respectivamente. El rendimiento promedio fue de ocho toneladas de mazorca al 15.5 por ciento de humedad, con una amplitud de 6.7 a 9.6 toneladas. Las mazorcas por 100 plantas en promedio fueron 106.3.

Los cuadrados medios de los análisis de varianza combinados de las ocho características a saber: días a floración masculina y femenina, altura de mazorca, porcentaje de acame, mazorcas podridas, mazorcas con mala cobertura, rendimiento y mazorcas por 100 plantas; medidas en 42 cruzas simples de maíz evaluadas en tres localidades (Ursulo Galván, Los Mochis y Río Bravo) se presentan en el Cuadro 4.10.

Los resultados indican que solamente para la variable porcentaje de mazorcas con mala cobertura, las cruzas mostraron diferencias no significativas. La interacción cruzas x localidades fue altamente significativa para las variables altura de mazorca, porcentaje de acame, mazorcas podridas

Cuadro 4.8. Valores medios combinados de ocho características medidas en 42 cruza simples de maíz evaluadas en tres localidades.

	Días a flor		Altura mazorca (cm)	% Acame	% Maz. pod.	% Mala cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendto. (ton/ha)
	♂	♀						
1	67.3	68.0	103.8	18.5	21.8	17.0	102.7	7.199
2	66.2	66.8	124.7	26.2	14.3	6.2	121.5	8.874
3	65.2	65.8	120.3	34.5	12.5	12.8	105.7	8.672
4	64.8	65.5	104.3	26.8	18.5	10.5	111.3	8.795
5	66.3	67.0	130.2	28.2	16.7	10.2	119.8	9.551
6	65.8	66.5	124.5	29.2	19.2	9.2	111.5	8.746
7	63.5	64.3	131.2	22.0	16.8	11.0	97.3	8.494
8	65.3	66.0	128.0	22.2	10.0	14.3	103.5	8.232
9	64.7	65.5	125.5	23.0	17.0	14.2	103.5	8.307
10	64.7	65.3	116.2	20.5	13.7	13.0	102.7	7.660
11	63.8	64.8	139.3	26.0	14.3	19.8	97.7	8.527
12	65.5	66.0	136.5	21.5	19.7	13.3	101.8	9.029
13	65.8	66.2	113.0	14.3	12.0	12.0	103.7	8.136
14	67.3	68.0	129.3	26.8	13.0	11.3	106.2	8.246
15	64.2	64.8	120.7	30.7	29.2	13.7	112.3	7.896
16	65.0	65.7	103.8	16.8	16.7	5.3	105.3	7.875
17	65.2	65.8	127.2	26.8	10.2	15.2	101.5	7.875
18	65.5	66.2	131.5	27.0	9.5	11.7	97.2	9.017
19	62.8	63.5	102.2	24.2	25.0	22.5	108.3	7.898
20	65.0	65.7	114.2	30.0	24.7	11.8	120.8	7.731

Cuadro 4.8. continuación

	♂	♀	Altura mazorca (cm)	% Acame	% Maz. pod.	% Mala cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendto. (ton/ha)
	Días a flor	Días a flor						
21	62.0	62.7	100.8	26.3	31.2	13.7	107.7	6.958
22	63.2	63.8	95.3	21.8	15.3	19.2	104.5	7.141
23	63.2	63.5	114.2	24.7	17.8	24.2	104.8	8.739
24	64.0	64.7	118.0	25.0	17.2	17.7	98.7	8.667
25	65.5	66.2	113.7	37.5	22.2	9.8	103.3	7.049
26	66.8	67.5	111.8	42.8	12.0	14.7	97.0	7.292
27	63.0	63.7	106.8	33.5	35.2	11.7	118.3	7.061
28	63.5	64.2	99.5	34.2	16.0	11.2	102.8	7.024
29	65.8	64.8	114.3	32.3	20.7	10.8	103.3	7.095
30	64.0	64.7	115.3	35.7	13.5	16.7	113.7	8.245
31	64.2	64.8	112.5	24.2	18.3	4.0	112.3	7.537
32	65.0	65.7	119.8	45.3	13.3	14.2	117.0	7.586
33	63.0	63.7	108.0	32.5	23.2	11.3	111.2	7.846
34	63.2	64.0	103.2	28.0	13.5	8.8	105.8	7.056
35	63.0	63.8	118.0	29.5	17.0	13.0	110.0	8.924
36	64.7	65.3	119.3	37.5	13.8	19.2	116.0	8.272
37	67.2	67.8	104.0	31.8	9.2	15.0	97.7	7.307
38	67.5	68.2	112.5	35.5	6.5	13.5	103.0	8.142
39	66.2	67.0	113.7	37.3	13.5	9.0	101.7	7.761
40	67.3	67.8	98.7	25.3	17.3	10.7	106.0	7.429
41	66.8	67.8	113.5	39.3	14.2	14.7	94.2	8.002
42	66.8	67.5	110.2	32.0	12.5	9.0	100.5	8.843

Cuadro 419. Valores mínimos, medios y máximos de ocho características medidas en 42 cruza
 simples de maíz evaluadas en tres localidades del Trópico Mexicano.

Caracter	Medio	Mínimo	Localidad	Máximo	Localidad
Floración masculina	65.0	57.8	U. Galván	75.0	R. Bravo
Floración femenina	65.6	57.9	U. Galván	77.0	R. Bravo
Altura mazorca (cm)	116.5	93.2	R. Bravo	136.7	U. Galván
Acame (%)	29.1	11.8	U. Galván	42.8	Los Mochis
Mazorcas podridas (%)	16.9	7.0	Río Bravo	25.7	Los Mochis
Mazorcas con mala cobertura (%)	12.8	9.5	U. Galván	17.1	R. Bravo
Rendimiento	8.0	6.7	U. Galván	9.6	Los Mochis
Mazorcas x 100 plantas	106.3	99.3	R. Bravo	113.7	Los Mochis

Cuadro 4.10. Cuadrados medios de los análisis de varianza combinados de ocho características en 42 cru-
zas simples de maíz evaluadas en tres localidades del Trópico Mexicano.

Fuentes de variación	g.l.	Días a flor		Altura mazorca (cm)	% Acame total ^{1/}	% Maz. Pod.	% Mala Cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendimiento mazorcas (ton/ha)
		♂	♀						
Localidades (L)	2	6742.98**	8472.10**	35485.78**	21039.49**	7376.46**	1249.19**	4398.30**	176.68**
Repeticiones/L	3	2.32	2.17	109.81	316.37*	41.48	116.58	285.86	3.18*
Cruzas (C)	41	13.20**	13.10**	702.68**	248.41**	209.15**	99.68	293.99**	2.81**
Machos (M)	6	56.93**	57.97**	2233.46**	912.49**	364.95**	259.44**	794.28**	6.67**
Hembras (H)	5	22.93**	21.68**	2418.02**	358.15**	487.57**	82.70	249.86	8.17**
M x H	30	2.83	2.70	110.64**	97.31	131.58**	70.56	201.30*	1.15
C x L	82	3.23	3.03	118.49**	146.73**	102.62**	91.41	125.42*	1.92**
M x L	12	12.17**	10.62**	374.22**	454.10**	190.94**	163.19**	459.28**	4.06**
H x L	10	3.40	3.68	125.61**	194.68*	82.32	115.37	202.87	5.53**
M x H x L	60	1.42	1.40	66.16	77.27	88.34*	73.06	127.73	0.89
Error	123	2.42	2.46	51.07	83.12	56.93	68.77	122.27	1.02
C.V. (%)		2.4	2.4	6.2	31.2	44.6	64.8	10.4	12.6

*, ** significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente
^{1/} consiste en la suma del acame de tallo más el de raíz debido a que en la
localidad de Los Mochis así fue tomado

00551

IN V V W I I

das y rendimiento, significativas para mazorcas por 100 plantas y no significativas para días a floración femenina y masculina, así como para porcentaje de mazorcas con mala cobertura.

Las diferencias entre machos fue altamente significativa para todas las variables, para las hembras las variables porcentaje de mala cobertura y mazorcas por 100 plantas mostraron diferencias no significativas. Para la interacción machos x hembras las diferencias mostraron ser sólo significativas para mazorcas por 100 plantas, altamente significativas para altura de mazorca y porcentaje de mazorcas podridas y no significativas para floración masculina y femenina, porcentaje de acame total, mala cobertura y rendimiento.

Las diferencias entre machos x localidades fueron altamente significativas para todas las variables, lo contrario ocurrió para la interacción machos x hembras x localidades, excepto para el porcentaje de mazorcas podridas en donde las diferencias fueron significativas. Las diferencias entre hembras x localidades fueron altamente significativas para altura de mazorca y rendimiento; significativas para porcentaje de acame total y no significativas para floración masculina y femenina; porcentaje de mazorcas podridas, mazorcas con mala cobertura y mazorcas por 100 plantas.

Las diferencias entre las cruces fue mayormente debida a la contribución de los machos para todas las variables

excepto para altura de mazorca, porcentaje de mazorcas podridas y rendimiento en las cuales la contribución de las hembras fue ligeramente mayor. La interacción machos x hembras fue comparativamente más pequeña para todas las variables y sólo fueron similares en magnitud y significancia con las debidas a hembras para las variables porcentaje de mala cobertura y mazorcas por 100 plantas.

Las diferencias entre las cruzas por su interacción con las localidades también fue mayormente debida a la interacción de las líneas machos x localidades, después a la interacción hembras x localidades y finalmente a la interacción machos x hembras x localidades, para todas las variables, con excepción del porcentaje de mazorcas podridas y rendimiento, en donde se invierte la importancia de la contribución entre hembras x localidades y machos x hembras x localidades en la primera y entre macho x localidades y hembras x localidades en la segunda.

El coeficiente de variación fue más bajo para días a floración masculina y femenina, ambas con 2.4 por ciento y más alto para porcentaje de mazorcas con mala cobertura con 64.8 por ciento.

Estimación de la Aptitud Combinatoria

Los valores estimados para los efectos de aptitud combinatoria general de las variables estudiadas en ambos grupos de progenitores se presentan en los Cuadros 4.11 al 4.13 respectivamente, para los sitios de evaluación en Ursulo -

Cuadro 4.11. Efectos de aptitud combinatoria general de siete líneas macho y seis líneas hembra de maíz evaluadas en Ursulo Galván, Veracruz.

	Días a flor		Altura mazorca	% Acame		% Maz. pod.	% Mala cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendimiento mazorcas (ton/ha)	% Acame Total
	♂	♀		raíz	tallo					
M1	1.047**	0.964**	- 0.559	-0.655	-0.607	4.059	-4.678*	13.190**	1.233**	-1.262
M2	-0.453	-0.202	21.774**	-0.655	-2.190	0.393	-0.928	- 5.976	0.193	-2.845
M3	0.131	0.048	- 4.476	2.428**	3.310	-4.107	-2.428	- 2.143	-0.661*	5.738**
M4	-1.453**	-1.536**	- 8.143**	-0.655	-3.107	7.476**	7.822**	2.690	-0.546*	-3.762
M5	0.131	0.048	- 7.809*	-0.655	0.310	-2.691	-3.761	- 7.226*	-0.351	-0.345
M6	-0.786*	-0.869*	3.607	0.845	2.060	-2.607	-2.931	2.607	0.038	2.905
M7	1.381**	1.548**	- 4.393	-0.655	0.226	-2.524	6.906**	- 3.143	0.096	-0.429
DMS 0.05	0.612	0.675	6.069	1.809	3.664	4.664	4.097	6.031	0.544	3.804
DMS 0.01	0.819	0.904	8.120	2.420	4.902	6.240	5.482	8.069	0.728	5.089
H1	0.071	0.060	- 3.440	-0.655	-1.964	-1.381	1.274	1.857	0.463	- 2.619
H2	1.214**	1.131**	5.845*	1.416	-2.321	-2.667	-3.226	3.071	-0.352	-0.905
H3	-0.929**	-0.869**	- 4.655	0.131	0.893	4.190	-0.726	5.500	-0.396	1.024
H4	-0.989	-0.512	-15.297**	-0.655	-1.607	1.405	-1.011	1.500	-0.378	-2.262
H5	0.071	0.294	9.560**	-0.655	1.536	-1.453	0.417	- 3.143	0.497	0.881
H6	0.000	-0.083	7.988**	0.416	3.464*	-0.095	3.274	- 8.786**	0.167	3.881*
DMS 0.05	0.567	0.625	5.619	1.675	3.392	4.318	3.793	5.583	0.504	3.522
DMS 0.01	0.758	0.837	7.518	2.241	4.538	5.777	5.075	7.470	0.674	4.712

*, ** significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente

Cuadro 4.12. Efectos de aptitud combinatoria general de siete líneas macho y seis líneas hembra de maíz evaluadas en Los Mochis, Sinaloa.

Líneas	Días a flor		Altura mazorca	Acame total	% Maz. pod.	% Mala cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendimiento mazorcas (ton/ha)
	♂	♀						
M ₁	2.000**	2.024**	2.726*	2.333	- 0.262	0.726	6.083	0.308
M ₂	-0.750	-0.726	11.559**	-10.583**	- 3.262	4.310*	- 9.083*	0.596
M ₃	2.000**	1.858**	13.292**	- 6.000*	- 1.929	-1.774	- 4.667	0.426
M ₄	-2.833**	-2.809**	- 9.358**	- 2.250	4.154	3.976	3.083	0.418
M ₅	-1.250*	-1.226*	- 3.524**	14.417**	8.904**	1.060	- 0.167	- 1.729**
M ₆	-0.750	-0.726	- 3.608**	2.750	2.738	-4.690*	17.500**	- 0.118
M ₇	1.584**	1.608**	-11.191**	- 0.667	-10.346**	-3.607	-12.750**	0.102
DMS _{0.05}	0.944	0.930	2.381	5.053	5.519	4.088	8.940	0.758
DMS _{0.01}	1.264	1.244	3.185	6.760	7.385	5.470	11.961	1.015
H ₁	0.488	0.369	- 7.798**	3.714	5.535*	1.357	- 7.393	- 1.399*
H ₂	1.917**	1.941**	5.059**	8.000**	- 5.536*	1.357	8.250	0.251
H ₃	-1.512**	-1.488**	- 2.227*	- 2.857	7.964**	0.857	-2.536	- 0.442
H ₄	-0.726	-0.702	-10.012**	- 4.286	- 3.036	-0.714	- 4.679	- 0.637
H ₅	-0.298	-0.273	7.845**	- 3.571	- 0.965	0.072	- 2.107	0.490
H ₆	0.131	0.155	7.130**	- 1.000	- 3.965	-1.000	3.393	1.740**
DMS _{0.05}	0.874	0.861	2.204	4.678	5.110	3.785	8.277	-0.702
DMS _{0.01}	1.170	1.152	2.949	6.259	6.837	5.064	11.074	0.939

*, ** significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente

Cuadro 4.13. Efectos de aptitud combinatoria general de siete líneas macho y seis líneas hembra de maíz evaluadas en Río Bravo, Tamaulipas.

Líneas	Días a flor		Altura mazorca	% Acame		% Maz. pod.	% Mala cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendimiento mazorcas (ton/ha)	% Acame total
	♂	♀		raíz	tallo					
M1	-0.083	-0.059	5.381**	-1.786	- 6.000	-3.036*	-1.548	-0.429	0.270	- 7.786*
M2	0.083	0.024	8.631**	-1.119	- 6.250	-2.119	1.035	0.655	0.137	- 7.369*
M3	-0.500	-0.476	7.465**	-3.036	- 7.166*	1.714	0.369	2.238	0.784**	-10.202**
M4	-0.500	-0.643	- 6.535**	1.214	- 7.583*	3.214*	4.285	-1.262	-0.284	- 6.369
M5	-0.250	-0.226	- 4.285**	1.631	12.250**	2.797*	1.702	0.655	-0.186	13.881**
M6	-1.833**	-1.643**	- 6.119**	3.131	1,334	-1,286	-0,048	-1,595	-0.291	4.464
M7	3.083**	3.024**	- 4.535**	-0.036	13.417**	-1.286	-5.798	-0.262	-0.429*	13.381**
DMS _{0.05}	1.098	1.090	3.107	3.891	6.890	2.434	6,060	2.925	0.412	6,699
DMS _{0.01}	1.469	1.458	4.158	5.206	9,218	3.256	8,108	3.914	0.552	8,963
H1	0.143	0.167	- 0.702	-2.536	- 0.154	-0.179	-1.905	-1.262	-0.258	- 2.690
H2	0.500	0.524	2.869	4.964**	- 2.364	-2,322*	2,238	0.595	0,167	2.595
H3	-0.537	-0.333	1.584	-0.822	7,631*	6,383**	-1.548	0.167	-0,031	6.810**
H4	-0.143	-0.119	-12.059**	-0.607	- 6.869*	-1.356	-2,977	2.238	-0.252	- 7.476**
H5	-0.715	-0.762	3.369*	-1.893	4.846	-0.822	7,309*	1.024	0.186	2.952
H6	0.571	0.524	4.941**	0.893	- 3.083	-1.536	-3,119	-2.762*	0.188	- 2.190
DMS _{0.05}	1.016	1.009	2.877	3.602	6.379	2.253	5,610	2.708	0.382	6.202
DMS _{0.01}	1.360	1.350	3.849	4.820	8.534	3.014	7.506	3.623	0.511	8.298

*, ** significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente

Galván, Los Mochis y Río Bravo.

En la mayoría de las variables y localidades las líneas macho mostraron valores de ACG diferentes estadísticamente de cero excepto para porcentaje de acame de tallo en Ursulo Galván y para los porcentajes de acame de raíz, de mazorcas con mala cobertura y número de mazorcas por 100 plantas en Río Bravo. Por su parte, la ACG de las hembras fue estadísticamente igual a cero en las variables porcentaje de acame de raíz, mazorcas podridas, mazorcas con mala cobertura y rendimiento en Ursulo Galván; porcentaje de mazorcas con mala cobertura y mazorcas por 100 plantas en Los Mochis y el rendimiento en Río Bravo, así como la floración masculina y femenina.

Estadísticamente las mejores líneas macho por su ACG en Ursulo Galván (Cuadro 4.11) fueron: la 4 (-1.453**) y la 6 (-0.786*) para días a flor masculina, para días a flor femenina la 4 (-1.536**) y la 6 (-0.869*); para altura de mazorca la 4 (-8.143**) y la 5 (-7.809*); y la 1 para porcentaje de mazorca con mala cobertura (-4.678*), rendimiento (1.233**) y mazorcas por 100 plantas (13.190**).

En Los Mochis, las mejores líneas macho fueron la 4 (-2.833**) y la 5 (-1.250*) para floración masculina, así como también para floración femenina con -2.809** y -1.226*, respectivamente. Para altura de mazorca fueron la 7 (-11.191**), 4 (-9.358**), 6 (-3.608**) y 5 (-3.524**); para acame fueron las 2 (-10.583**) y 3 (-6.000*); para mazorcas podridas la 7 con -10.346**; la 6 (-4.690*) para porcentaje de mazorcas con

mala cobertura, así como también para mazorcas por 100 plantas (17.500**), como se muestra en el Cuadro 4.12.

En el Cuadro 4.13 se observa que las mejores líneas macho en Río Bravo fueron: para floración masculina y femenina la 6 con -1.833** y -1.643, respectivamente, la 6(-6.119**), la 4(-6.535**), la 7(-4.535**) y la 5(-4.285**) para altura de mazorca; para acame de tallo la 4(-7.583*) y la 3(-7.166*); para porcentaje de mazorcas podridas la 1(-3.036*); la 3(0.784**) para rendimiento; y la 3(-10.202**), la 1(-7.786*) y la 2(-7.369*) para acame total.

Las líneas hembra por su parte tuvieron notoriamente pocos efectos de ACG con magnitud estadísticamente importante. ($0.05 < p < 0.01$).

En Ursulo Galván (Cuadro 4.11) las mejores fueron la 3 con una ACG de -0.929** y -0.869** para floración masculina y femenina, respectivamente. Para altura de mazorca la 4(-15.297**) y para mazorcas por 100 plantas la 6(-8.786**).

En Los Mochis (Cuadro 4.12) fueron la 3 con -1.512** y -1.488** respectivamente para días a floración masculina y femenina, la 4(-10.012**), la 1(-7.798**) y la 3(-2.227*) para altura de mazorca; la 2 para porcentaje de mazorcas podridas (-5.536*) y la 6 para rendimiento con una ACG de 1.740**.

Las mejores líneas en Río Bravo (Cuadro 4.13) fueron la 4 para altura de mazorca (-12.059**), acame de tallo (-6.869*) y acame total (-7.476**) y la 2 para porcentaje

de mazorcas podridas (-2.322*).

Los valores de los efectos de ACG de las variables estudiadas que se estimaron de los datos combinados a través de localidades se muestran en el Cuadro 4.14. En este caso es notorio también que hay más efectos estadísticamente importantes en las líneas macho que en las hembras. Las mejores líneas, tomando en cuenta el mayor número de efectos estadísticamente importantes fueron: el macho 4 con floración masculina (-1.596**), floración femenina (-1.663**), altura de mazorca (-8.012**) y acame total (-3.730**) y el macho 6 con floración masculina (-1.123**), floración femenina (-1.079**) y mazorcas por 100 plantas (5.786**); sin embargo, sólo cuatro líneas, dos machos: el 1 (0.615**) y el 2 (0.360*) y dos hembras: la 5 (0.381*) y la 6 (0.672**) exhibieron efectos de ACG estadísticamente importantes ($0.05 < p < 0.01$) para el rendimiento, la variable de mayor interés económico.

Los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) de las variables medidas, en las 42 cruzas simples evaluadas en Ursulo Galván, Los Mochis y Río Bravo se muestran en los Cuadros 4.15 al 4.17, respectivamente.

En Ursulo Galván solo siete cruzas tuvieron efectos estadísticamente importantes ($0.05 < p < 0.01$): la (1 x 1) para altura de mazorca (-21.727**), la (2 x 1) para mazorcas por 100 plantas (17.596**), la (2 x 4) para porcentaje de mala cobertura (-10.107*) y mazorcas por 100 plantas (19.596*), la (2 x 5) para altura de mazorca (-17.262*), la (3 x 1) para

Cuadro 4.14. Efectos combinados de aptitud combinatoria general de siete líneas macho y seis líneas hembra de maíz evaluadas en tres localidades.

	♂	♀	Altura mazorca (cm)	% Acame total	% Maz. pod.	% Mala cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendimiento mazorcas (ton/ha)
	Días a flor							
M ₁	0.988**	0.976*	2.516*	-1.841	0.254	-1.834	5.843**	0.615**
M ₂	-0.373	-0.302	13.988**	-6.535**	-1.663	1.472	05.187**	0.360*
M ₃	0.543*	0.476	5.461**	-3.091*	-1.441	-1.278	-1.909	0.158
M ₄	-1.596**	-1.663**	- 8.042**	-3.730*	4.948**	5.361**	1.119	-0.161
M ₅	-0.457	-0.468	- 5.206**	6.937**	3.004*	-0.334	0.147	-0.722**
M ₆	-1.123**	-1.079**	- 2.039	3.770*	-0.385	-2.556	5.786**	-0.146
M ₇	2.015**	2.059**	- 6.796**	4.493**	-4.719**	-0.834	-5.770**	-0.102
DMS 0.05	0.513	0.518	2.358	3.009	2.490	2.737	3.649	0.333
DMS 0.01	0.769	0.684	3.117	3.977	3.291	3.617	4.823	0.440
H ₁	0.234	0.199	- 3.980**	-2.515	1.325	0.242	-2.652	-0.356*
H ₂	1.210**	1.199**	4.592**	3.627*	-3.508**	-0.520	3.587*	-0.002
H ₃	-0.933**	-0.897**	- 1.766	2.056	6.182**	-0.473	2.349	-0.236
H ₄	-0.433	-0.444	-12.456**	-4.277**	-1.056	-1.568	-0.770	-0.448**
H ₅	-0.314	-0.254	6.925**	0.485	-1.080	2.599*	-1.794	0.381*
H ₆	0.234	0.199	6.687**	0.627	-1.865	-0.282	-0.722	0.672**
DMS 0.05	0.475	0.479	2.183	2.785	2.305	2.534	3.378	0.308
DMS 0.01	0.628	0.633	2.886	3.682	3.047	3.349	4.465	0.408

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

Cuadro 4.15. Efectos de aptitud combinatoria específica de 42 cruzas simples entre siete líneas macho y seis líneas hembra de maíz evaluados en Ursulo Galván, Veracruz.

Cruza ♂ x ♀	Días a flor		Altura mazorca (cm)	% Acame		% Maz. pod.	% Mala Cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendimiento mazorca (ton/ha)	% Acame total
	♂	♀		raíz	tallo					
1 x 1	0.096	0.107	-21.727**	0.655	-0.536	18.298**	-2.107	-15.690*	-1.094	0.119
1 x 2	-0.904	-0.727	6.440	0.655	1.047	-2.536	2.143	-6.024	-0.209	1.702
1 x 3	0.512	0.523	-6.310	-2.928	3.547	-8.536	-4.357	4.143	1.180	1.119
1 x 4	-0.404	-0.303	-4.143	0.655	1.964	-2.119	4.893	4.310	0.915	2.619
1 x 5	1.02	1.023	18.523*	0.655	-1.453	-1.452	-3.024	3.726	0.041	-2.798
1 x 6	-0.571	-0.560	8.607	-0.845	-3.203	-3.536	-3.854	9.893	0.141	-4.048
1 x 7	0.262	0.023	-1.393	0.655	-1.369	-0.119	6.309	-0.537	-0.973	-0.714
2 x 1	-1.047	-0.964	9.488	-1.416	-0.179	-2.916	2.393	17.596*	0.735	-1.595
2 x 2	-0.547	-0.798	-4.845	-1.416	1.404	-6.750	-1.357	-5.238	0.120	-0.012
2 x 3	0.369	0.452	4.405	1.001	-4.096	7.750	0.143	-3.071	0.238	-3.095
2 x 4	-0.547	-0.464	10.572	-1.416	-2.321	11.167	-10.107*	19.596*	0.292	0.905
2 x 5	1.369	1.452	-16.262*	-1.416	-1.096	-8.666	11.476	-15.988*	-0.808	-2.512
2 x 6	-0.214	-0.131	-1.172	6.084**	-2.845	8.250	6.146	-11.321	0.431	3.238
2 x 7	0.619	0.452	-2.178	-1.416	4.448	-8.833	1.309	-1.571	0.330	3.072
3 x 1	1.596*	1.536	-0.512	-0.131	-3.393	-13.273*	-1.107	-18.833*	-0.015	-3.524
3 x 2	0.596	0.702	-5.845	-0.131	-1.810	-0.107	1.143	1.833	0.192	-1.941
3 x 3	-0.488	-0.548	7.905	2.286	6.190	9.893	11.143	6.500	-0.145	8.476
3 x 4	0.586	0.536	-6.928	-0.131	-0.893	-3.190	-7.607	-14.333	-0.771	4.024
3 x 5	-0.988	-1.048	2.738	-0.131	5.190	4.977	-1.024	17.083*	-0.356	5.059
3 x 6	-0.571	-0.631	-3.178	-1.631	-1.060	4.393	3.146	11.750	0.843	-2.691
3 x 7	0.738	-0.548	5.822	-0.131	-4.226	-2.690	-6.691	-4.000	0.248	-4.357

Cuadro 4.15. continuación

Cruza ♂ x ♀	Días a flor		Altura mazorca (cm)	% Acame		% Maz. pod.	% Mala cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendimiento mazorca (ton/ha)	% Acame total
	♂	♀		raíz	tallo					
4 x 1	0.096	0.179	0.130	0.655	4.107	-3.488	0.178	13.190	0.838	4.762
4 x 2	0.596	0.345	3.297	0.655	0.690	7.678	3.428	4.333	-0.994	1.345
4 x 3	0.012	0.095	-9.453	-2.428	-4.810	3.178	-2.072	-1.500	0.774	-7.238
4 x 4	-0.404	-0.321	0.214	0.655	1.607	-6.405	7.178	-5.833	-0.475	2.262
4 x 5	-0.988	-0.905	0.380	0.655	-1.810	4.262	-0.739	4.083	0.177	-1.155
4 x 6	0.429	0.512	-1.036	-0.845	1.940	-7.822	-1.569	-5.750	-0.432	1.095
4 x 7	0.262	0.095	6.464	0.655	-1.726	2.595	-6.406	8.000	0.112	-1.071
5 x 1	-0.404	-0.607	11.773	0.655	0.964	-0.630	-1.250	13.310	0.430	1.619
5 x 2	-0.404	0.059	-0.560	0.655	3.047	1.036	-5.000	-3.524	0.131	3.702
5 x 3	0.012	-0.191	-0.310	-2.428	-2.953	-8.464	-3.500	0.643	-0.567	-5.381
5 x 4	-0.404	-0.607	-0.643	0.655	-1.536	-1.047	3.750	1.310	0.680	-0.881
5 x 5	1.012	0.809	-8.447	0.655	-4.953	8.120	2.833	9.226	-0.525	-4.298
5 x 6	-0.071	-0.274	0.607	-0.845	0.797	-1.964	-2.997	-11.607	0.430	-0.048
5 x 7	0.262	0.809	-2.393	0.655	4.631	2.953	6.166	-9.357	-9.584	5.286
6 x 1	-0.333	-0.250	0.845	-0.416	-0.964	2.012	0.893	6.953	-0.895	-1.381
6 x 2	0.667	0.416	1.512	-0.416	-4.381	0.678	-0.357	8.619	0.761	-4.798
6 x 3	-6.417	-0.334	3.762	4.001	2.115	-3.872	-1.357	-6.714	-1.004	6.119
6 x 4	1.167	1.250	0.929	-0.416	-3.464	1.595	1.893	-5.047	-0.642	-3.881
6 x 5	-1.417	-1.334	3.095	-0.416	4.119	-7.238	0.476	-18.131*	1.469*	3.702
6 x 6	1.000	1.083	-3.821	-1.916	4.369	0.678	-0.854	7.036	-0.553	2.452
6 x 7	-0.667	-0.834	-6.321	-0.416	4.797	6.095	-0.691	7.286	0.865	-2.214
DMS 0,05	1.499	1.654	14.266	4.430	8.974	11.424	10.036	14.772	1.333	9.317
DMS 0,01	2.005	2.213	19.890	5.928	12.007	15.284	13.428	19.764	1.783	12.466

*, ** significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente

Cuadro 4.16. Efectos de aptitud combinatoria específica de 42 cruzas simples entre siete líneas macho y seis líneas hembra de maíz evaluadas en Los Mochis, Sinaloa.

Cruza ♂ x ♀	Días a flor		Altura maz. (cm)	% Acame	% Maz. pod.	% Mala cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendimiento mazorcas (ton/ha)
	♂	♀						
1 x 1	2.429*	2.548*	-10.369**	-22.047**	- 8.452	4.560	- 4.940	-1.569
1 x 2	-1.321	-1.202	8.298**	2.869	4.048	0.524	3.226	1.117
1 x 3	-0.071	-9.786	- 3.535	- 2.214	4.715	-1.940	1.310	-0.502
1 x 4	-1.238	-1.119	1.715	1.036	3.132	5.310	4.560	-0.041
1 x 5	0.179	0.298	1.381	37.869**	0.382	-2.774	-1.690	0.177
1 x 6	-0.321	-0.202	- 1.035	-14.464*	6.548	4.524	- 1.857	0.250
1 x 7	0.345	0.464	3.548	- 3.047	-11.368	-0.107	-0.607	0.563
2 x 1	-2.000	-2.024	0.274	3.167	2.619	-1.512	- 4.583	-0.167
2 x 2	0.250	0.226	- 5.559	- 3.417	0.119	2.904	-0.511	-1.417
2 x 3	0.500	0.642	3.108	1.000	-2.214	0.988	-0.833	0.677
2 x 4	0.333	0.309	- 3.642	- 2.250	6.703	-7.262	7.417	-0.734
2 x 5	1.750	1.726	- 0.976	- 4.417	- 1.047	2.154	12.333	1.052
2 x 6	0.250	0.226	6.608*	7.750	7.881	1.404	12.500	-0.716
2 x 7	-1.084	-1.108	0.191	- 1.833	1.703	1.321	- 0.750	0.398
3 x 1	-0.071	-0.095	5.560	5.024	-12.881	2.060	- 9.869	0.473
3 x 2	1.179	1.155	- 1.773	2.940	- 5.881	-3.024	2.797	0.884
3 x 3	-0.571	-0.429	2.394	2.857	10.286	0.067	11.881	0.067
3 x 4	-0.238	-2.262	- 4.356	- 6.393	3.203	-1.690	5.631	-0.792
3 x 5	-0.321	-0.345	4.190	-11.560	19.453**	3.226	-15.881	-1.213
3 x 6	0.179	0.155	- 7.606*	- 2.893	0.119	-4.024	-22.286*	0.515
3 x 7	-0.155	-0.179	9.977**	10.024	-14.297*	-0.107	- 4.036	0.060

CUADRO 4.16. CONTINUACION

Cruza ♂ x ♀	Días a flor		Altura maz. (cm)	% Acame	% Maz. pod.	% Mala cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendimiento mazorcas (ton/ha)
	♂	♀						
4 x 1	-1.357	-1.381	0.845	11.953	9.119	6.131	4.346	0.917
4 x 2	-0.107	-0.131	-6.488*	1.869	-9.881	-5.953	-1.988	-0.427
4 x 3	-0.357	1.858	-5.321	-6.714	1.786	-1.369	6.596	-0.109
4 x 4	0.476	0.452	0.929	4.536	-5.297	-3.119	-1.654	-0.094
4 x 5	-0.107	-0.131	3.095	-5.631	-14.047*	5.297	0.852	-3.404
4 x 6	0.393	0.369	6.179*	-0.964	2.119	-2.453	-12.071	-1.001
4 x 7	1.059	1.035	0.762	-5.047	16.203*	1.464	8.179	-0.144
5 x 1	0.715	0.689	5.988*	-1.762	1.548	-8.655	14.274	1.018
5 x 2	-0.035	-0.060	5.655	1.154	0.452	4.761	-1.560	-0.445
5 x 3	0.715	0.856	2.822	7.071	5.285	-1.155	-7.976	-0.884
5 x 4	0.548	0.523	-0.428	-2.179	-2.368	0.595	-5.726	0.660
5 x 5	-1.035	-1.060	-0.762	-11.346	-2.618	-3.989	-1.976	-0.650
5 x 6	-1.035	-1.060	-5.678	3.321	2.048	7.761	0.890	5.357
5 x 7	0.131	0.106	-7.595*	3.738	7.132	0.678	-2.393	-0.619
6 x 1	0.286	0.262	-2.297	3.667	8.048	-2.583	0.774	-0.673
6 x 2	0.036	0.012	-0.130	-5.417	12.048	1.833	-0.649	-1.060
6 x 3	-0.214	-0.072	0.537	-2.000	-10.285	-0.083	-10.976	0.750
6 x 4	0.119	0.095	5.787	5.250	-5.368	6.167	-10.226	0.995
6 x 5	-0.464	-0.488	1.453	-4.917	-2.118	-3.917	3.524	-0.223
6 x 6	0.536	0.512	1.537	7.250	-2.952	1.833	18.357	0.059
6 x 7	-0.298	-0.322	-6.880*	-3.833	0.632	8.250	-0.393	-0.263
DMS _{0,05}	2.313	2.278	5.831	12.376	13.520	10.014	21.899	1.858
DMS _{0,01}	3.095	3.047	7.802	16.558	18.088	13.398	29.299	2.486

*, ** significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente

Cuadro 4.17. Efectos de aptitud combinatoria específica de 42 cruizas simples entre siete líneas macho y seis líneas hembra de maíz evaluados en Río Bravo, Tamaulipas.

♂ x ♀	Días a flor		Altura Mazorca (cm)	% Acame		% Maz. pod.	% Mala cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendimiento mazorca (ton/ha)	% Acame total
	♂	♀		raíz	tallo					
1 x 1	0.940	0.916	1.619	1.266	-3.929	0.179	14.905*	-1.071	-0.361	- 2.643
1 x 2	-1.726	-1.667	2.369	0.619	-5.179	-0.738	-12.178	-1.655	-0.493	- 4.560
1 x 3	-0.143	-1.167	-1.965	2.536	5.237	-4.571	6.988	0.738	0.402	7.773
1 x 4	-0.643	-0.500	-1.465	-1.714	-3.846	4.429	2.072	0.762	0.460	- 5.560
1 x 5	1.107	1.083	2.285	1.369	9.321	3.846	- 2.845	3.845	0.413	-10.690
1 x 6	1.190	1.000	1.619	-3.631	-2.263	-1.571	-11.095	-0.405	-0.204	- 5.893
1 x 7	-0.726	-0.667	-4.465	-0.464	0.654	-1.571	2.155	-0.738	-0.217	0.190
2 x 1	0.083	0.059	-3.452	-6.214	-8.214	2.322	-13.738	3.072	0.209	-14.428
2 x 2	-1.083	-1.024	-7.702*	-6.881	-0.464	1.405	0.179	1.988	0.128	- 7.345
2 x 3	1.000	0.976	3.964	-4.964	-0.048	-2.428	- 0.155	-2.595	-0.290	- 5.012
2 x 4	1.400	1.643	-0.536	0.786	4.869	1.072	- 0.071	1.405	0.007	5.655
2 x 5	0.250	0.226	8.214*	6.869	2.536	-3.511	4.512	-3.512	-0.152	9.405
2 x 6	-0.167	-0.357	0.048	8.368	8.452	0.572	5.762	1.738	0.210	16.822*
2 x 7	-1.583	-1.524	-0.536	2.036	-7.131	0.572	3.512	-2.095	-0.110	- 5.095
3 x 1	-1.060	-1.084	7.333	7.072	9.917	-6.393	5.048	-1.000	-0.111	15.357
3 x 2	1.274	1.333	1.083	-1.095	-2.083	-7.310*	2.965	-5.584	-0.161	- 4.560
3 x 3	-1.143	0.167	-5.751	0.882	-2.583	2.357	-6.869	-2.667	0.102	- 2.227
3 x 4	-1.643	-1.500	-3.251	-3.428	8.917	9.357**	-2.785	1.333	-0.290	5.440
3 x 5	-0.393	-0.417	3.501	-3.845	9.417	2.774	-3.202	2.916	0.915	-14.310
3 x 6	0.690	0.500	-0.167	2.665	5.917	-3.143	5.548	-0.334	-0.558	- 0.393
3 x 7	1.274	1.333	4.249	-2.178	23.917**	2.357	-0.702	3.333	0.103	0.690

Cuadro 4.17. continuación

Cruza ♂ x ♀	Días a flor		Altura Mazorca (cm)	% raíz	% Acame		% Maz. pod.	% Mala cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendimiento mazorcas (ton/ha)	% Acame total
	♂	♀			tallo						
4 x 1	-0.774	-0.798	-4.524	-1.786	- 3.214	1.536	- 3.023	-1.071	0.109	- 3.857	
4 x 2	1.060	1.119	0.726	-1.310	6.036	0.619	3.394	3.345	0.765	4.726	
4 x 3	0.143	0.119	0.802	-0.607	- 0.948	1.786	10.440	-1.238	0.290	0.559	
4 x 4	0.643	0.786	-0.108	3.857	- 7.131	-4.714	3.644	-0.238	0.303	- 3.274	
4 x 5	-0.607	-0.631	1.642	-4.060	11.036	1.203	- 3.773	-2.155	-0.405	6.976	
4 x 6	-1.524	-1.214	1.476	3.940	- 4.548	-0.214	4.477	0.095	0.271	- 0.607	
4 x 7	1.060	0.619	-0.108	-2.393	- 2.131	-0.214	5.727	1.262	-0.149	- 4.524	
5 x 1	1.798	1.845	-1.952	0.643	2.071	0.822	- 0.309	-0.357	0.231	2.715	
5 x 2	-0.868	-0.738	3.798	-0.024	5.321	-0.095	9.108	-0.941	-0.228	5.298	
5 x 3	-0.785	-0.738	-4.536	1.893	- 1.263	1.072	7.774	2.976	-0.614	0.631	
5 x 4	0.215	-0.571	0.464	-2.357	3.154	-5.428	5.858	0.976	0.142	0.798	
5 x 5	-0.035	0.012	0.714	-2.774	- 1.179	-0.011	-11.559	-3.941	-0.476	- 3.952	
5 x 6	-0.452	-0.071	-1.952	-4.274	- 9.263	4.572	- 4.309	4.309	0.662	-13.535	
5 x 7	0.132	0.262	3.464	6.893	1.154	-0.928	- 6.558	-3.024	0.284	8.048	
6 x 1	-0.988	-0.941	0.976	-2.113	5.000	1.536	- 2.881	-1.571	-0.077	2.857	
6 x 2	1.346	0.976	-0.274	8.690	- 2.250	6.119*	- 3.464	2.845	-0.009	6.440	
6 x 3	-0.071	-0.024	7.392	-0.893	- 0.834	1.786	2.702	4.262	0.689	- 1.727	
6 x 4	-0.071	0.143	4.892	2.857	5.917	-4.714	- 8.714	-4.238	-0.917	- 3.060	
6 x 5	-0.321	-0.274	-9.358*	2.440	-11.250	-4.297	16.869*	2.845	-0.293	- 8.810	
6 x 6	0.262	0.143	-1.024	-7.060	10.660	-0.214	- 0.381	-5.405	-0.381	3.607	
6 x 7	-0.154	-0.024	-2.608	-3.893	4.583	-0.214	- 4.131	1.262	0.089	0.690	
DMS _{0.05}	2.689	2.670	7.612	9.531	16.876	5.961	14.844	7.165	1.011	16.409	
DMS _{0.01}	3.597	3.572	10.184	12.751	22.579	7.976	19.860	9.587	1.352	21.955	

*, ** significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente

porcentajes de mazorcas podridas (13.273*), la (3 x 5) para porcentaje de mazorcas por 100 plantas (17.083*) y la (6 x 5) para rendimiento (1.469*).

En Los Mochis (Cuadro 4.16), ocho cruza mostraron efectos de ACE altos y estadísticamente importantes; la (1 x 1) para altura de mazorca (-10.369**) y acame (-22.044**) la (1 x 6) para acame (-14.464*), la (3 x 6) para altura de mazorca (-7.606*), la (3 x 7) para porcentaje de mazorcas podridas (-14.297*), la (4 x 2) para altura de mazorca (-6.488*), la (4 x 5) para porcentaje de mazorcas podridas (-14.047*), - así como la (5 x 7) y (6 x 7) para altura de mazorca con - -7.595* y -6.880*, respectivamente.

En cambio en Río Bravo (Cuadro 4.17) solo tres cruza exhibieron altos e importantes efectos de ACE, a saber: la (2 x 2) y la (6 x 5) para altura de mazorca con valores de -7.702* y -9.358*, respectivamente y la (3 x 2) con una ACE de -7.310* para porcentaje de mazorcas podridas.

Los efectos de ACE, combinados a través de localidades estimadas para las variables estudiadas se muestran en el Cuadro 4.18. Las variables que obtuvieron efectos altos y estadísticamente importantes para una cruza por lo menos, fueron las mazorcas por 100 plantas con tres cruza, a saber: la (2 x 4) con 9.587*, la (3 x 5) con 9.567* y la (5 x 1) con 9.544**, la altura de mazorca con dos cruza: la (1 x 1) con -10.159** y la (2 x 2) con -6.036*; la floración masculina con la (1 x 2) con -1.318*, y el porcentaje mazorcas podridas con la (3 x 1) con un efecto de ACE de -10.849**.

Cuadro 4.18. Efectos combinados de aptitud combinatoria específica de 42 cruzas simples entre siete líneas macho y seis líneas hembra evaluadas en tres localidades.

Cruzas ♂ x ♀	Días a flor		Altura mazorca (cm)	% Acame	% Maz. pod.	% Mala cob.	Mazorcas x 100 plantas	Rendto. (ton/ha)
	♂	♀						
1 x 1	1.154	1.190	-10.159**	-6.207	3.341	5.786	- 6.765	-1.076*
1 x 2	-1.318*	-1.199	5.703	1.987	0.258	-3.520	- 1.099	0.474
1 x 3	0.099	-0.143	- 3.937	4.210	- 2.464	0.230	1.957	0.318
1 x 4	-0.762	-0.671	- 1.297	1.349	1.814	4.091	3.595	0.399
1 x 5	0.766	0.801	7.397*	4.015	9.925	-2.881	- 0.433	0.111
1 x 6	0.099	0.078	3.063	-6.151	0.480	-6.492	- 2.928	0.023
1 x 7	-0.039	-0.060	- 0.770	-0.792	2.786	-0.251	- 0.182	-0.251
2 x 1	-0.988	-0.977	2.103	-4.682	- 0.674	-4.285	5.830	0.245
2 x 2	-0.461	-0.532	- 6.036*	3.988	- 1.742	0.575	- 1.170	-0.142
2 x 3	0.623	0.690	3.824	-2.766	1.036	0.325	- 1.781	0.074
2 x 4	0.429	0.496	2.131	1.040	6.314*	-5.814	9.857*	-0.122
2 x 5	1.123	1.134	- 3.009	3.206	- 4.409	2.715	-13.004**	0.000
2 x 6	-0.044	-0.088	1.824	8.873*	0.313	4.437	1.357	-0.282
2 x 7	-0.682	-0.726	- 0.842	-1.683	- 2.186	-2.048	- 1.087	0.230
3 x 1	0.155	0.119	4.127	5.222	-10.849**	2.334	- 8.765	0.227
3 x 2	1.016	1.064	- 2.178	-1.584	- 4.432	0.362	0.175	0.068
3 x 3	-0.400	-0.381	1.516	2.639	7.513*	2.612	5.623	-0.042
3 x 4	-0.428	-0.408	- 4.845	-1.056	3.124	-4.027	- 2.071	-0.661
3 x 5	-0.567	-0.603	- 1.651	-4.556	9.068**	-0.332	9.567*	-0.003
3 x 6	0.099	0.008	- 3.651	-2.389	0.457	1.556	- 3.238	0.212
3 x 7	0.128	0.102	6.683*	1.721	-4.876	-2.449	- 1.182	0.083
4 x 1	-0.679	-0.667	- 1.183	3.888	2.389	1.096	0.020	0.612
4 x 2	0.516	0.444	- 0.821	2.249	-0.527	0.290	2.534	-0.268
4 x 3	-0.067	0.000	- 4.628	-4.862	2.251	-4.627	1.742	0.149
4 x 4	0.239	0.305	0.345	0.777	-5.472	2.568	- 2.119	-0.266
4 x 5	-0.567	0.556	1.706	2.444	-2.861	0.263	- 2.814	0.178
4 x 6	-0.234	-0.112	2.206	-0.556	1.972	0.151	- 5.453	-0.366
4 x 7	0.794	0.583	2.373	-3.946	6.195*	0.263	6.270	-0.037

Cuadro 4.18.continuación

Cruza ♂ x ♀	Días a flor		Altura mazorca (cm)	%	%	%	Mazorcas x 100 plantas	Rendto. mazorcas (ton/ha)
	♂	♀						
5 x 1	0.702	0.643	5.270	0.460	0.580	-3.404	9.544*	0.549
5 x 2	-0.437	-0.246	2.964	2.987	0.163	2.956	-1.622	-0.220
5 x 3	-0.019	-0.024	- 0.675	0.376	-4.224	1.040	-1.067	-6.670
5 x 4	0.120	-0.218	- 0.202	-1.151	-2.948	3.401	-0.762	0.513
5 x 5	-0.019	-0.080	- 2.842	-4.152	1.830	4.238	-1.290	-1.570
5 x 6	-0.520	-0.469	- 2.342	-3.818	1.552	0.151	0.683	-0.262
5 x 7	0.175	0.393	- 2.175	5.292	3.053	0.096	-4.539	-0.283
6 x 1	-0.346	-0.310	4.012	1.318	3.865	-1.523	0.139	-0.557
6 x 2	0.682	0.468	4.540	-1.655	6.282*	-0.663	1.472	-0.019
6 x 3	-0.234	-0.143	8.067**	0.401	-4.107	0.421	-6.472	0.171
6 x 4	-0.405	0.496	8.040**	-0.960	-2.829	-0.218	-8.500	0.140
6 x 5	0.734	-0.699	2.567	-0.960	-4.552	4.477	7.972	0.279
6 x 6	0.599	0.578	3.067	4.040	-0.830	0.199	-4.666	-2.270
6 x 7	0.373	-0.393	- 1.099	-2.183	2.172	-2.690	0.722	0.257
DMS _{0.05}	1.257	1.268	5.777	7.370	6.099	6.703	8.938	0.816
DMS _{0.01}	1.662	1.676	7.635	9.740	8.061	8.860	11.814	1.079

*, ** significancia al 0.01 y 0.05 de probabilidad, respectivamente

DISCUSION

Las diferencias entre las cruzas evaluadas en los tres sitios experimentales fueron en general estadísticamente importantes para la mayoría de las variables analizadas, lo cual se esperaba, ya que aún cuando ambos grupos de líneas provienen de una base germoplásmica parcialmente común, éstas fueron desarrolladas en dos regiones ecológicas muy diversas. Las líneas utilizadas como machos han sido desarrolladas en la región Tropical Húmedo de los estados de Veracruz y Oaxaca por el Instituto Mexicano del Maíz y las utilizadas como hembra en la región Tropical Seca del Noroeste de México.

Las diferencias para rendimiento fueron altamente significativas en la localidad de Trópico Húmedo (Ursulo Galván, Veracruz) y no significativas en la de Trópico Seco (Río Bravo). Lo anterior pudiera indicar alguna influencia de la contribución genética de los machos (los cuales son del Trópico Húmedo) para dar un buen comportamiento de las cruzas. Sin embargo, como puede observarse en los Cuadros 4.5 al 4.7, la contribución de los machos fue 2.16 veces menor en Los Mochis respecto a la de las hembras y 5.53 veces más grande en Río Bravo, lo que puede invalidar tal suposición. Lo anterior concuerda también con las contribuciones de machos y hembras al cuadrado medio de las cruzas

en el análisis combinado (Cuadro 4.10), en el cual las hembras tuvieron una aportación de 1.22 veces más grande. En cualquier caso este comportamiento puede reflejar una interacción genético-ambiental.

De los resultados en este trabajo puede inferirse que en general, todas las variables analizadas (Cuadro 4.10) mostraron cuadrados medios estadísticamente importantes ($0.05 < p < 0.01$) para las líneas machos y hembras, no así para la interacción entre ellos, lo cual es indicador de valores altos o bajos de aptitud combinatoria general para machos y hembras y efectos de aptitud combinatoria específica para la interacción entre ellos. Esto puede ser interpretado (Sprague y Tatum, 1942) como genes del tipo aditivo más bien que del tipo no aditivo (Comstock y Robinson, 1952). Esta situación concuerda con la información acumulada en la literatura (Sprague y Tatum, 1942; Lonquist, 1950; Gamble, 1962a; 1962b y Sprague y Eberhart, 1977) tomando en cuenta que el material aquí utilizado, consiste en líneas endocriadas seleccionadas por su prepotencia y aptitud combinatoria general para el rendimiento y demás caracteres estudiados. Haciendo una extensión de esta interpretación de la ACG y ACE, puede observarse que los efectos no aditivos estuvieron involucrados junto con los efectos aditivos en las variables altura de mazorca, porcentaje de mazorcas podridas y número de mazorcas por 100 plantas; indicando que la expresión de estas características es debido en parte también a la contribución genética específica de los progenitores.

Es importante también resaltar que los efectos aditivos tuvieron una respuesta diferencial al ambiente de prueba así manifiesta por las diferencias altamente significativas para la interacción machos x localidades, para todas las variables, así como para altura de mazorca, porcentaje de acame y el rendimiento para la interacción hembras x localidades; en cambio los efectos no aditivos presentes en algunos caracteres no mostraron interacción con los ambientes de prueba, a excepción del porcentaje de mazorcas podridas en la cual la interacción machos x hembras x localidades fue estadísticamente significativa. Esto está en desacuerdo con lo reportado por Rojas y Sprague (1952), Lonquist y Gardner (1961) y Gamble (1962c), quienes encontraron que los efectos aditivos son más estables que los no aditivos a través de localidades y años, en estudios involucrando líneas seleccionadas.

Una inspección de los efectos de aptitud combinatoria general (Cuadro 4.14) y de aptitud combinatoria específica (Cuadro 4.18) muestra que las líneas machos tuvieron más efectos de ACG altos que los que tuvieron las hembras (Cuadro 4.14). Lo anterior puede ser interpretado en el sentido de que las líneas macho poseen más genes del tipo aditivo que las hembras, a pesar de que ambos grupos de líneas han sido seleccionadas para ACG y prepotencia y no para comportamiento en cruza híbridas o efectos de ACE; lo cual queda confirmado por el hecho de que en general las cruza mostraron muy pocos efectos de ACE importantes (Cuadro 4.18). Esta falta de

preponderancia de la ACE de cruzas en comparación con la ACG de líneas machos y hembras concuerda con lo reportado por Hallauer (1975) y Sprague y Eberhart (1977).

De este estudio puede inferirse que es posible hacer un uso más adecuado de estos grupos de líneas si se incluyen en un programa de formación de híbridos dobles y/o sintéticos, mas bien que híbridos simples, ya que como lo indican Hayes *et al.* (1944), Cockerham (1967), Eberhart *et al.* (1964) y Rawlings y Cockerham (1962) los híbridos dobles y los sintéticos explotan apropiadamente los efectos génicos aditivos. Por otro lado, la formación de un sintético para ser utilizado en un programa de selección recurrente parece ser una opción alternativa como lugar de reserva y acumulación de genes con efectos aditivos (Hallauer y Miranda, 1981; Sprague y Eberhart, 1977 y Horner *et al.* 1973). Las líneas más apropiadas para estos propósitos pudieran ser los machos 1 y 2 y las hembras 5 y 6, si se toma solo en consideración el rendimiento. Si se desea conjugar otras características tales como floración masculina y femenina mas temprana; altura de mazorca y acame reducido y mayor prolificidad, deberían tomarse en cuenta los machos 4 y 6, además de las hembras 3 y 4 (Cuadro 4.14).

CONCLUSIONES

1. Existe una amplia variabilidad genética entre - las cruzas evaluadas para todas las caracterís- ticas agronómicas.
2. La variabilidad entre las cruzas fue debido mas a las líneas macho o a las líneas hembra, que a la interacción entre éstas, para todas las va- riables estudiadas.
3. La variabilidad entre las cruzas en su interac- ción con los ambientes de prueba fue notoriamen- te más debida a la variación entre las líneas - macho en su interacción con los ambientes, en - comparación con la de las hembras o la de la in- teracción entre éstas, para la mayoría de las - variables estudiadas.
4. Todas las variables estudiadas mostraron efec- tos genéticos aditivos estadísticamente impor- tantes ($0.05 < p < 0.01$), solo las variables altu- ra de mazorca, mazorcas podridas y número de ma- zorcas por 100 plantas exhibieron, además, efec- tos no aditivos.

5. Los efectos genéticos del tipo aditivo fueron - relativamente mas importantes que los del tipo no aditivo en la expresión de todas las variables estudiadas.
6. Los efectos genéticos del tipo aditivo fueron - mas influenciados por el ambiente de prueba que los no aditivos, en la mayoría de las variables, excepto en el porcentaje de mazorcas podridas - en la cual los efectos no aditivos, aunque de - menor magnitud, mostraron también inestabilidad.
7. Las mejores líneas por su ACG para rendimiento fueron los machos 1(0.615**) y 2(0.360**) y las hembras 5(0.371*) y 6(0.672**).
8. Los efectos de ACE no fueron importantes en la expresión del rendimiento de las cruzas simples evaluadas.

RESUMEN

Con el objetivo de estudiar los efectos de aptitud combinatoria involucrados en la expresión del rendimiento y otras características de planta y mazorca, así como la influencia del ambiente de prueba sobre los efectos de aptitud combinatoria general y específica, se evaluaron 42 cruces simples de maíz (*Zea mays* L.) entre 13 líneas endocriadas desarrolladas en las regiones tropicales seca y húmeda de México. Las cruces fueron generadas mediante un diseño de apareamiento de clasificación cruzada para descomponer las sumas de cuadrados de las cruces y cruces x localidades en sus componentes machos, hembras, machos x hembras y sus interacciones con las localidades. La variabilidad entre las cruces y entre éstas en su interacción con los ambientes de prueba fue debida más a aquella entre las líneas macho, o entre las hembras y su interacción con las localidades que a la debida a machos x hembras y su interacción con las localidades, para la mayoría de las variables estudiadas.

Todas las características estudiadas exhibieron efectos de aptitud combinatoria general, es decir efectos genéticos aditivos, estadísticamente importantes ($0.05 < p < 0.01$) y de mayor magnitud relativa que los no aditivos.

Solo la altura de mazorca, porcentaje de mazorcas podridas y número de mazorcas en 100 plantas mostraron, además

efectos de aptitud combinatoria específica o efectos génicos no aditivos. Los efectos genéticos aditivos fueron más influenciados que los no aditivos por el ambiente de prueba, en la mayoría de las variables estudiadas. El porcentaje de mazorcas podridas mostró efectos no aditivos, aunque de menor magnitud que los aditivos, también inestables a través de localidades. Los efectos de aptitud combinatoria general fueron estadísticamente más importantes ($0.05 < p < 0.01$) en las líneas que las específicas en las cruzas, siendo estas últimas negligibles en la expresión del rendimiento de las cruzas evaluadas.

LITERATURA CITADA

- Cockerham, C.C. 1967. Prediction of Double Crosses from Single Crosses. *Der Zuchter* 37: 160-169.
- Comstock, R.E., and H.F. Robinson. 1952. Estimation of Average Dominance of Genes. *Heterosis* pp. 494-516. - Iowa State University Press. Ames, Ia. U.S.A.
- Chaudhary, B.D. and R.K. Singh. 1979. Biometrical Methods - in Quantitative Genetic Analysis. 304 p. Kalyani Publishers. Ludhiana, India.
- Eberhart, S.A. 1969. Yield Stability of Single-Cross Genotypes. 24th Corn and Sorghum Research Conference. pp. 22-35.
-
- _____, W.A. Russell and Penny. 1964. Double-Cross Hybrid Prediction when Epistasis is Present. *Crop Sci.* 4:363-366.
- Galarza, S.M., H.H. Angeles A. y J.D. Molina G. 1973. Estudio Comparativo entre la Prueba de Líneas *per se* y la Prueba de Mestizos para Evaluar Aptitud Combinatoria General de Líneas S₁ de Maíz (*Zea mays* L.). *Agrociencia* 11:127-139. Chapingo, México.
- Gama, E. 1978. Stability Analysis of Single-Cross Hybrids - of Maize (*Zea mays* L.) Produced from Selected and Unselected Inbred Lines. *Crop Sci. Seminar.* Iowa State College. Ames, Ia. U.S.A.
- Gamble, E.E. 1962a. Gene Effects in Corn (*Zea mays* L.) I. Separation and Relative Importance of Gene Effects for Yield. *Can. J. Plant. Sci.* 42:339-348. U.S.A.
- _____. 1962b. Gene Effects in Corn (*Zea mays* L.). II. Relative Importance of Gene Effects for Plant - - Height and Certain Component Attributes of Yield *Can J. Plant Sci.* 42:349-358. U.S.A.
- _____. 1962c. Gene Effects in Corn (*Zea mays* L.) III. Relative Stability of Gene Effects in Different - - Environments. *Can. J. Plant Sci.* 42:628-634. - - U.S.A.

- Genter, C.G., and M.W. Alexander. 1966. Development and Selection of Productive S₁ Inbred Lines of Corn. - - Crop Sci. 6:429-431. U.S.A.
- Griffing, B. 1956. Concepts of General and Specific Combining Ability in Relation to Diallel Crossing Systems. Aust. J. Biol. Sci. 9:463-493. Australia.
- Hallauer, A.R. 1975. Relation of Gene Action and Type of Tester in Maize Breeding Procedures. 30th Proc. Corn and Sorghum Research Conference. pp. 150-165. U.S.A.
- Chaviz, and E. López. 1979. Comparisons Among Testers for Evaluating Lines of Corn. 34 th Proc. Corn and Sorghum Research Conference pp. 57-75 U.S.A.
- _____, and J.B. Miranda Fo. 1981. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University - - Press. Ames, Iowa. p. U.S.A.
- Hayes, H.K., E.H. Rinke, and Y.S. Tsiang. 1944. The Development of a Synthetic Variety of Corn Grown from Inbred Lines. J. Am. Soc. Agron. 36:998-1000. U.S.A.
- Höegemeyer, T.C. 1974. Selection Among and Within Full-Sib Families for the Development of Single Cross in - Maize (*Zea mays* L.) Ph. D. Dissertation. Iowa University, Ames Ia. U.S.A.
- Horner, E.S., H.W. Lundy, M.C. Lutrick and W.H. Chapman. 1973. Comparison of Three Methods of Recurrent Selection in Maize. Crop Sci. 13:485-489. U.S.A.
- _____, M.C. Lutrick, W.H. Chapman and F.G. Martin. 1976. Effect of Recurrent Selection for Combining Ability with a Single Cross Tester in Maize. Crop. Sci 16:5-8. U.S.A.
- Jenkins, M.T. 1934. Methods of Estimating the Performance of Double Crosses in Corn. J. Am. Soc. Agron. 26:199-204. U.S.A.
- _____. 1935. The Effect of Inbreeding and Selection Within Inbred Lines of Maize Upon the Hybrids Made After Successive Generations of Selfing. Iowa State College J. Sci. 6:429-450. U.S.A.
- Jones, D.F. and W.R. Singleton. 1934. Crossed Sweet Corn. - Agric. Expn. Stn. Bull. 361:489-536. U.S.A.
- Jugenheimer, R.W. 1981. Maíz. Variedades Mejoradas. Métodos de Cultivo y Producción de Semilla. Ed. Limusa, S.A. México. pp. 132.

- Lindstrom, E.W. 1939. Analysis of Maize Breeding Principles and Methods. Proc. 17th. Int. Genet. Congr. Edimburgh. Escocia.
- Loeffel, F.A. 1964. S₁ Crosses Compared with Crosses of Homozygous Lines. Proc. 19th. Hybrid Corn Industry Research Conference. pp. 95-103. U.S.A.
- Lonnquist, J.H. 1950. The Effect of Selection for Combining Ability within Segregation Lines of Corn. Agron. J. 42: 503-508. U.S.A.
- _____ and C.O. Gardner. 1950. Heterosis in Intervarietal Crosses in Maize and its Implication in Breeding Procedures. Crop. Sci. 1:179-183. U.S.A.
- _____ and M.F. Lindsey. 1970. Tester Performance Level for the Evaluation of Lines for Hybred Performance. Crop Sci. 10:602-604. U.S.A.
- Macaulay, T.B. 1928. The Improvement of Corn by Selection in Plot Inbreeding. J. Hered. 19:57-72.
- Matzinger, D.F. 1953. Comparison of Three Types of Testers for Evaluation of Inbred Lines of Corn. Agron. J. 45:493-495. U.S.A.
- _____, G.F. Sprague and C.C. Cockerham. 1959. Diallel Crosses of Maize in Experiments Repeated Over Locations and Years. Agron. J. 51:346-350. U.S.A.
- Osler, R.D., E.J. Wellhausen and G. Palacios. 1958. Effect of Visual Selection During Inbreeding Upon Combining Ability in Corn. J. 50:45-48. U.S.A.
- Ostle, B. 1974. Estadística Aplicada. 4a. reimpression de la la. edición. Limusa (ed.). México. 629 p.
- Pesev, N. 1978. Combining Ability of Maize Inbred Lines - - from Different Source Material. Genetika 10:253-262. Moscú, URSS.
- Rawling, J.O. and C.C. Cockerham. 1962. Analysis of Double Cross Hybrid Populations. Biometrics 18:229-244.
- Richey, _____ 1945. Isolating Better Foundation Inbreds for Use in Corn Hybrids. Genetics 30:456-471. U.S.A.
- Rojas, B. and G.F. Sprague. 1952. A Comparison of Variance Components in Corn Yield Trials III. General and Specific Combining Ability and Therir Interaction with Locations and Years. Agron. J. 44:462-466. U.S.A.

- Russell, W.A. and S.A. Eberhart. 1975. Hybrid Performance of Selected Maize Lines from Reciprocal Recurrent Selection and Testcross Selection Programs. *Crop Sci* 15:1-4. U.S.A.
- _____ and V. Machado. 1978. Selection Procedures in the Development of Maize Inbred Lines and the - - Effects of Plant Densities on the Relationships. Between Inbred Traits and Hybrid Yields. *Iowa - - Agric. Home Econ. Exp. Stn. Res. Bull.* 585:909-932. U.S.A.
- _____ and A.H. Teich. 1967. Selection in *Zea mays* L. by Inbred Lines Appearance and Test-Cross Performance in Low and High Densities. *Iowa Agric. Home Econ. Exp. Stn. Res. Bull.* 552:919-946. U.S.A.
- _____, S.A. Eberhart and U.A. Vega O. 1973. Recurrent Selection for Specific Combining Ability for Yield in Two Maize Populations. *Crop. Sci* 13:257-261. U.S.A.
- Singleton, W.R. and O.E. Nelson. 1945. The Improvement of Naturally Cross-Pollinated Plants by Selection in Self-Fertilized Lines IV. Combining Ability of Succesive Generations of Inbred Sweet Corn. *Conn. Agr. Exp. Stn. Bull.* 490:458-498. U.S.A.
- Sprague, G.F. 1946. Early Testing of Inbred Lines of Corn. *J. Am. Soc. Agron.* 38:108-117. U.S.A.
- _____ and S.A. Eberhart. 1977. Corn Breeding Corn and Corn Improvement. G.F. Sprague (id). *Am. Soc. Agron.* Madison, Wis. U.S.A. pp. 305-362.
- _____ and P.A. Miller. 1952. The influence of Visual Selection During Inbreeding on Combining Ability in Corn. *Agron. J.* 44:258-262. U.S.A.
- _____ and L.A. Tatum 1942. General vs Specific Combining Ability in Single Crosses of Corn. *J. Am. Soc. Agron.* 34:923-932. U.S.A.
- Thompson, D.L. and J.D. Rawlings. 1960. Evaluation of Testers of Different ear Heights of Corn. *Agron. J.* 52:617-620. U.S.A.
- Wellhausen, E.J. and S. Wortman. 1954. Combining Ability in S₁ and Derived S₃ Lines of Corn. *Agron. J.* 46:86-89. U.S.A.