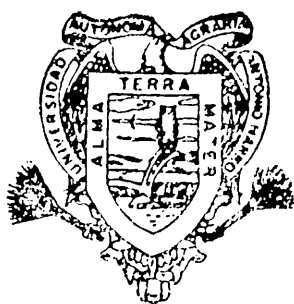


APTITUD COMBINATORIA DE LINEAS EN
DIFERENTES NIVELES DE ENDOGAMIA Y SUS
IMPLICACIONES EN HIBRIDOS DE MAIZ

LUIS ANDRES LARIOS BOBADILLA

T E S I S

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



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

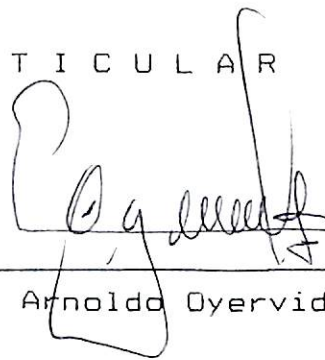
OCTUBRE DE 1992

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

MAESTRO EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO

COMITE PARTICULAR

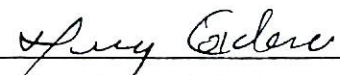
Asesor principal:


M. C. Arnoldo Oyervides García

Asesor:


M. C. Humberto de León Castillo

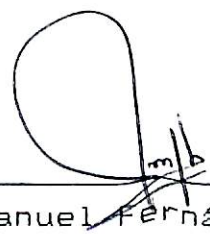
Asesor:


M. C. Hugo Córdova Orellana

Universidad Autónoma Agraria
"UNIO NARRO"



BIBLIOTECA


Dr. José Manuel Fernández Brondo
Subdirector de Asuntos de Postgrado

Buenavista, Saltillo Coahuila. Septiembre de 1992

AGRADECIMIENTOS

Al MC. Arnoldo Oyervides García, por su constante apoyo e incalculable ayuda brindada para la realización de esta investigación.

Al MC. Humberto de León Castillo, por las revisiones y sugerencias al presente estudio y a su valiosa amistad.

Al MC. Hugo Córdova, por el apoyo y contribución en la elaboración de este trabajo, por su interés en buscarme el financiamiento para la realización de mis estudios.

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, por considerarme el permiso para realizar mis estudios de postgrado.

Al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, por haberme otorgado la beca para realizar mis estudios de maestría.

A los Ing Nery Soto, Mario Fuentes, José Luis Quemé y Efren Bocarando, y al P.A. Carlos Pérez, por haberme ayudado en la conducción del trabajo de campo.

A los auxiliares de campo del programa de maiz en Guatemala, que con su trabajo incondicional fue posible esta investigación.

Al Programa de Maiz del ICTA en Guatemala, por haberme permitido utilizar los datos de esta investigación.

Al Instituto Mexicano del Maiz de la UAAAN, por su valiosa contribución en la elaboración del trabajo de tesis.

Al Programa de Cereales de la UAAAN, por su desinteresada amistad y ayuda que me brindaron.

A México, que por medio de la UAAAN me dio la oportunidad de superarme profesionalmente.

DEDICATORIA

A Dios:

Base solida de mi fe en poder siempre salir avante

A mis Padres:

Patrocinia Jalles Bobadilla

Longino Larios Alvarez

A mis Hermanos:

María Guadalupe

José Gamaliel (QEPD)

A mi esposa:

Nydia Elizabeth

A mis hijos:

Luis Alejandro, Jairo Renato y

Diego Antonio

A mis sobrinos:

José Gamaliel, Pablo César, Edgar Dagoberto

Jaime David, Omar Orlando, Lourdes Vanessa y

Juan Fernando

A mis Suegros:

Marco Antonio Morales

María Antonia Alfaro

A mis compañeros de

Generación:

Colin, Salvador, Tijerina, Martín,

Antonio, Enrique, José y Jorge

COMPENDIO

Aptitud Combinatoria de Líneas en Diferentes Niveles de
Endogamia y sus Implicaciones en Híbridos de Maíz

POR

LUIS ANDRES LARIOS BOBADILLA

MAESTRO EN CIENCIAS

EN FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. OCTUBRE DE 1992

M.C. Arnoldo Oyervides García - Asesor-

Palabras Clave: Maíz, híbridos, de ACG y ACE,
patrón heterótico, heterosis.

La investigación reportada en este estudio se realizó en 1990 y 1991 en las localidades de Cuyuta, La Máquina, San Jerónimo y Jutiapa en los departamentos de Escuintla, Suchitepéquez, Baja Verapaz y Jutiapa en Guatemala y en Ursulo Galván en el estado de Veracruz, México en la región del trópico húmedo entre los cero a 1000 metros sobre el nivel del mar.

El material genético utilizado consistió en una serie de líneas en diferente grado de endogamia derivadas de las familias 100, 29, 46 y 68 que provienen de las poblaciones 22, 29 y 43, siguiendo los patrones heteróticos 22-100 x 29-5 y 43-46 x 43-68, para llegar a identificar cruzas específicas con progenitores en S₆ con rendimientos superiores a la crusa de familias, para tal caso en 1990 se realizaron cruzas dentro y entre líneas, lo cual permitió realizar un dialélico formado con híbridos agrupados de acuerdo a su nivel de endogamia y analizado por el método cuatro de Griffing bajo un modelo fijo, para determinar que varianza es la que más contribuye a la varianza de cruzas, para 1991 únicamente se realizaron cruzas entre familias manteniendo el patrón heterótico, los análisis generales se realizaron por el diseño de látice simple de 11 x 11 y 13 x 13 para los dos años de estudio, así como estimaciones de ACG y ACE, por ciento de heterosis y contrastes ortogonales.

Los objetivos que se plantearon fueron los siguientes: determinar si ha habido cambios en las frecuencias génicas de las cruzas simples formadas con líneas S₀, S₉ y S₆, reflejadas en sus efectos de ACG y ACE; comparar las diferencias en rendimiento de los híbridos simples formados en base a líneas S₀, S₉ y S₆; y determinar si hay cambios en heterosis, debido al proceso de endogamia en los híbridos convencionales.

En base a los resultados obtenidos se puede concluir que:

En todos los análisis generales tanto a nivel individual como a través de localidades existieron diferencias altamente significativas para todas las variables.

Los cuadrados medios de ACE fueron superiores que los de ACG para la variable rendimiento tanto a nivel individual como en el combinado, en las cruzas con progenitores en S_0 , determinándose que los mayores efectos que se observaron en los híbridos se debieron a efectos no aditivos.

Se identificaron progenitores que presentaron estimaciones de ACG positivos y negativos y que estos fueron transmitidos a su descendencia, mostrando los híbridos convencionales estimaciones altas de ACE, exhibiendo sus parentales valores positivos y negativos de ACG.

Los cambios de heterosis demuestran que se han encontrado nuevas constituciones genéticas, que se identificaron en los híbridos por convertirlos de no convencionales a convencionales, con incrementos hasta del 161 y 139 por ciento en cruzas entre líneas en S_0 del

ser cruza interpoblacional y de 128 por ciento para las cruzas intrapoblacional que siguieron el patrón 43-46 x 43-68 en los dos años de evaluación.

Para cada patrón heterótico se identificó una cruza en S₆ que mostró la mayor adaptabilidad y mejor rendimiento denotando la mayor homeostasis de todos los híbridos evaluados, con rendimientos de 8.1273 y 6.8913 ton/ha para la cruza 512 x 518 (1990 y 1991) y de 7.5795 y 6.2830 ton/ha para la cruza 523 x 527 en los dos años de estudio.

ABSTRACT

Combining ability of lines in different levels of inbreeding and it's implications in maize hybrids

By

LUIS ANDRES LARIOS BOBADILLA

MASTER OF SCIENCE

IN PLANT BREED

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. OCTOBER, 1992

M.C. Arnoldo Oyervides García - Advisor-

Key words: Maize, GCA and ECA effects, heterotic pattern, heterosis.

This research was carried out in 1990 and 1991. Seven enviroments were used in this study, in 1990: La Máquina, San Jerónimo and Jutipa; in 1991, Cuyuta, La Máquina, San Jerónimo (Guatemala) and Ursulo Galván (Ver, México) in the zone of humid tropic, between cero and 1000 meters above sea level.

The genetic material used consisted of a series of lines in different in breeding levels derived from the families 100, 29, 46 and 68 which were obtained from the populations 22, 29 and 43 following the 22-100 x 29-5 and 43-46 x 43-68 heterotic patterns to identify specific crosses in S₀ level with superior grain yield in the cross of families, for that effecty in 1990 inter and intra lines crosses were done in order to make a diallel formed with crosses at the same in breeding level and estimate according to the method 4 of Griffing under a fixed model, to determine which varience contributed to the variance of crosses, by 1991 only crosses among lines were carried out keeping th heterotic pattern; general analysis was done by 11 x 11 and 13 x 13 single latice design during the two years of study.

The objectives were: to determine if there have been changes in genic frequencies in single crosses formed with S₀, S₃ and S₆ lines; to compare differences in grain yield of simple hybrids in basee to S₀, S₃ and S₆ lines, using the same heterotic pattern to evaluate the efficiency between conventional and non conventional hybrids; and to determine if there are changes in heterosis, due to the endogamy process in the conventional hybrids, estimate of GCA and ECA, percent of heterosis.

According to the results obtained, it can be concluded that:

In all the general analysis as well as throughout locations highly significant differences existed for all the variables.

The mean square of ECA was superior to the mean square of the GCA in regard to grain yield individually as well as combined, in S₆ crosses and it was determined that the greatest effects observed in the crosses were due to non additive effects.

Parents that showed positive and negative GCA effects, were identified, and these were transmitted to the progeny, and in S₃ and S₆ crosses that showed high positive ECA effects the parents showed positive and negative values of GCA.

Percentages of heterosis show the changes of genetic constitutions that exhibit in the genotypes when they passed from non conventional a conventional hybrids, with increases up to 160 and 139 percent of heterosis in the pattern 22-100 x 29-5 product of being interpopulation cross and 128 percent for the intrapopulation cross following the pattern 43-46 x 43-68 compared to the crosses in two years of study.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	xvi
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	5
HIBRIDACION.....	5
LINEAS PURAS Y SU EVALUACION.....	7
APTITUD COMBINATORIA.....	10
HETEROSIS.....	15
FORMACION DE HIBRIDOS.....	20
3. MATERIALES Y METODOS.....	25
MATERIAL GENETICO.....	25
FORMACION DE CRUZAS Y SU EVALUACION.....	28
TRATAMIENTOS.....	29
FECHA DE SIEMBRA Y DE COSECHA.....	30
DISEÑO EXPERIMENTAL.....	31
MANEJO DEL ENSAYO EXPERIMENTAL.....	31
TOMA DE DATOS.....	32
ANALISIS ESTADISTICO.....	35
ANALISIS DE VARIANZA INDIVIDUAL.....	35
ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO.....	36

	Página
ANALISIS DIALELICO.....	38
ESTIMACION DE APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECIFICA.....	41
ESTIMACION DE HETEROSIS.....	43
COMPARACION MULTIPLE DE MEDIAS.....	43
CONTRASTES ORTOGONALES.....	44
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	46
ANALISIS DE VARIANZA INDIVIDUAL Y COMBINADO.....	46
ANALISIS DE APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECIFICA.....	50
ESTIMACION DE APTITUD COMBINATORIA GENENEAL Y ESPECIFICA.....	70
COMPARACIONES OROTGONALES.....	95
POR CIENTO DE HETEROSIS.....	102
5. CONCLUSIONES.....	113
6. RESUMEN.....	116
7. LITERATURA CITADA.....	120
8. APENDICE.....	126

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
3.1.	Algunas características de las localidades en estudio.....	29
3.2.	Análisis de varianza para látice simple como bloques al azar.....	36
3.3.	Análisis de varianza combinado para un diseño de látice simple en bloques al azar.....	37
3.4.	Análisis de varianza individual por el método cuatro de Griffing.....	39
3.5.	Análisis de varianza combinado basado en el modelo cuatro de Griffing.....	42
4.1.	Análisis de varianza combinado en látice simple para cuatro variables de la evaluación de cruza simples en diferente grado de endogamia, en tres localidades, Guatemala 1990..	48
4.2.	Análisis de varianza combinado en látice simple en cinco variables de la evaluación de cruza simples en diferente grado de endogamia, en cuatro localidades, Guatemala y México 1991.....	49
4.3.	Análisis de varianza para ACG y ACE por localidad para días a flor (1) y altura de mazorca (2) del dialelo de cruza simples formadas con líneas S ₉ derivadas de FHC de 22-100 y 29-5, evaluados en tres localidades de Guatemala, 1990.....	52
4.4.	Análisis de varianza para ACG y ACE por localidad para rendimiento (1) y mazorcas por planta (2) del dialelo de cruza simples formadas con líneas S ₉ derivadas de FHC de 22-100 y 29-5, evaluados en tres localidades de Guatemala, 1990.....	53
4.5.	Análisis de varianza para ACG y ACE por localidad para días a flor (1) y altura de mazorca (2) del dialelo de cruza simples formadas con líneas S ₆ derivadas de FHC de	

	22-100 y 29-5, evaluados en tres localidades de Guatemala, 1990.....	56
4.6.	Análisis de varianza para ACG y ACE por localidad para rendimiento (1) y mazorcas por planta (2) del dialelo de cruza simples formadas con líneas S ₀ derivadas de FHC de 22-100 y 29-5, evaluados en tres localidades de Guatemala, 1990.....	57
4.7.	Análisis de varianza para ACG y ACE por localidad para días a flor (1) y altura de mazorca (2) del dialelo de cruza simples formadas con líneas S ₀ derivadas de FHC de 43-46 y 43-68, evaluadas en tres localidades de Guatemala, 1990.....	59
4.8.	Análisis de varianza para ACG y ACE por localidad para rendimiento (1) y mazorcas por planta (2) del dialelo de cruza simples formadas con líneas S ₀ derivadas de FHC de 43-46 y 43-68, evaluadas en tres localidades de Guatemala, 1990.....	60
4.9.	Análisis de varianza combinado de tres localidades para ACG y ACE para las variables, días a flor, altura de mazorca, rendimiento y mazorcas por planta del dialelo de cruza simples formadas con líneas S ₀ derivadas de FHC 22-100 y 29-5. Guatemala, 1990.....	61
4.10.	Análisis de varianza combinado de tres localidades para ACG y ACE para las variables, días a flor, altura de mazorca, rendimiento y mazorcas por planta del dialelo de cruza simples formadas con líneas S ₀ derivadas de FHC 22-100 y 29-5. Guatemala, 1990.....	63
4.10.	Análisis de varianza combinado de tres localidades para ACG y ACE para las variables, días a flor, altura de mazorca, rendimiento y mazorcas por planta del dialelo de cruza simples formadas con líneas S ₀ derivadas de FHC 43-46 y 43-68. Guatemala, 1990.....	63
4.12.	Comportamiento promedio por localidad y a través de localidades para la variable rendimiento (ton/ha) y estimación de g ₁ para las FHC evaluadas en Guatemala y México 1991....	71

4.13.	Comportamiento promedio por localidad y a través de localidades para la variable rendimiento (ton/ha) y estimación de g_i de líneas S_3 evaluadas en Guatemala 1990.....	73
4.14.	Comportamiento promedio por localidad y a través de localidades para la variable rendimiento (ton/ha) y estimación de g_i para líneas evaluadas en Guatemala y México 1991.....	74
4.15.	Comportamiento promedio por localidad y combinado para la variable rendimiento (ton/ha) y estimación de g_i de líneas S_6 evaluadas en tres localidades de Guatemala 1990.....	77
4.16.	Comportamiento promedio por localidad y combinado para la variable rendimiento (ton/ha) y estimación de g_i de líneas S_6 evaluadas en cuatro localidades de Guatemala y México 1991.....	78
4.17.	Comportamiento promedio por localidad y combinado para la variable rendimiento (ton/ha) y estimación de g_i de líneas S_6 evaluadas en tres localidades de Guatemala 1990.....	80
4.18.	Comportamiento promedio por localidad y combinado para la variable rendimiento (ton/ha) y estimación de g_i de líneas S_6 evaluadas en cuatro localidades de Guatemala y México 1991.....	81
4.19.	Medias de rendimiento (ton/ha) y efectos de ACE (S_{ij}) de cruza simples formadas con familias de hermanos completos por localidad y a través de localidades evaluados en Guatemala y México 1991.....	83
4.20.	Medias de rendimiento (ton/ha) y efectos de ACE (S_{ij}) de cruza simples formadas con líneas S_3 derivadas de 2-100 y 29-5 por localidad y a través de localidades Guatemala 1990.....	85
4.21.	Medias de rendimiento (ton/ha) y efectos de ACE (S_{ij}) de cruza simples formadas con líneas S_3 derivadas de familias de hermanos	

	completos 22-100 y 29-5 por localidad y a través de localidades Guatemala y México 1991.....	87
4.22.	Medias de rendimiento (ton/ha) y efectos de ACE (S _{ij}) de cruizas simples formadas con líneas S ₀ derivadas de FHC 22-100 y 29-5 por localidad y a través de localidades Guatemala y México 1990-91.....	89
4.23.	Medias de rendimiento (ton/ha) y efectos de ACE (S _{ij}) de cruizas simples formadas con líneas S ₀ derivadas de FHC 43-46 y 43-68 por localidad y a través de localidades Guatemala 1990.....	93
4.24.	Medias de rendimiento (ton/ha) y efectos de ACE (S _{ij}) de cruizas simples formadas con líneas S ₀ derivadas de FHC 43-46 y 43-68 por localidad y a través de localidades Guatemala y México 1991.....	94
4.25.	Contrastes para diferentes niveles de endogamia para la variable rendimiento siguiendo el patrón heterótico 43-46x43-68 evaluados en tres localidades, Guatemala 1990.....	97
4.26.	Contrastes para diferentes niveles de endogamia para la variable rendimiento siguiendo el patrón heterótico 43-46x43-68 evaluados en cuatro localidades, Guatemala y México 1991.....	98
4.27.	Contrastes para diferentes niveles de endogamia para la variable rendimiento siguiendo el patrón heterótico 22-100x29-5 evaluados en tres localidades, Guatemala 1990.....	100
4.28.	Contrastes para diferentes niveles de endogamia para la variable rendimiento siguiendo el patrón heterótico 22-100x29-5 evaluados en tres localidades, Guatemala y México 1991.....	101
4.29.	Medias de rendimiento (ton/ha) y por ciento de heterosis para las cruizas simples de líneas S ₀ derivadas de FHC 22-100 y 29-5 evaluadas en 1990 y 1991 en tres y cuatro localidades de Guatemala y México.....	103

Cuadro	Página
4.30.	Medias de rendimiento (ton/ha) y por ciento de heterosis para las cruzas simples de líneas en S ₀ derivadas de FHC 22-100 y 29-5 evaluadas en 1990 y 1991 en tres y cuatro localidades de Guatemala y México.....104
4.31.	Medias de rendimiento (ton/ha) y por ciento de heterosis para las cruzas simples de líneas en S ₀ derivadas de FHC 43-68 y 43-46 evaluadas en 1990 y 1991 en tres y cuatro localidades de Guatemala y México.....103
4.32.	Características agronómicas de cruzas en diferente grado de endogamia siguiendo el patrón heterótico 22-100x29-5 media de tres localidades, Guatemala 1990.....108
4.33.	Características agronómicas de cruzas en diferente grado de endogamia siguiendo el patrón heterótico 22-100x29-5 media de cuatro localidades, Guatemala y México 1991.....109
4.34.	Características agronómicas de cruzas en diferente grado de endogamia siguiendo el patrón heterótico 43-46x43-68 media de tres localidades, Guatemala 1990.....111
4.35.	Características agronómicas de cruzas en diferente grado de endogamia siguiendo el patrón heterótico 43-46x43-68 media de cuatro localidades, Guatemala y México 1990.....112
1.A.	Resultados obtenidos del análisis de varianza en látice simple para cuatro variables de la evaluación de cruzas simples en diferente grado de endogamia, Guatemala 1990.....127
2.A.	Resultados obtenidos del análisis de varianza en látice simple para cinco variables de la evaluación de cruzas simples en diferente grado de endogamia, Guatemala y México 1991.....128
3.A.	Medias de rendimiento (ton/ha), efectos de ACE (S ₀) de cruzas simples formadas con líneas S ₀ derivadas de FHC 22-100 y 29-5, por localidad, Guatemala 1990.....129

4.A.	Medias de rendimiento, efectos de ACE (\hat{S}_{ij}) de cruzas simples formadas con líneas S_0 derivadas de familias de hermanos completos por localidad, Guatemala y México 1991.....	131
------	--	-----

1. INTRODUCCION

En Guatemala, el cultivo del maíz es uno de los cereales de mayor importancia tanto por su uso en la dieta alimenticia humana y animal, como en el industrial, actualmente este cultivar ocupa 729,000 hectáreas (ha), con un rendimiento medio anual de 1.6 toneladas por hectárea (ton/ha), (período 1986-1988)(CIMMYT, 1990).

Como en cualquier otro país del mundo la mayor preocupación de los fitomejoradores es incrementar la productividad de los cultivos y sostener esta producción bajo diferentes condiciones ambientales por lo que se hace necesario poner en práctica, todo tipo de técnicas y/o métodos de mejoramiento que den como resultado la generación de variedades híbridas con alto potencial de rendimiento, basado en el grado de heterosis entre los parentales y la plasticidad que éstos presenten al ambiente.

El éxito de la formación de híbridos, está dado por el conocimiento de los mecanismos que controlan la herencia del rendimiento, siendo varios los aspectos de interés como: la relación de los efectos genéticos y como estos contribuyen a la heterosis total obtenida en una cruce

determinada, así como el criterio del mejorador para identificar progenitores superiores con una buena capacidad combinatoria por citar algunos.

La importancia en la estructuración de híbridos radica en la identificación de genotipos cuyo comportamiento sea superior en ambientes contrastantes, estando éstos caracterizados por condiciones de estrés de humedad, temperatura, fertilidad, etc.

En base a lo anterior en 1976 se establece en el programa de maíz del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), el proyecto de formación de híbridos, dentro del Mega-Ambiente conocido como zona tropical baja de Guatemala, generando híbridos no convencionales y a partir de 1982, se comienza a desarrollar líneas endocreadas para la formación de híbridos convencionales.

Actualmente se han generado líneas S_6 derivadas de familias de hermanos completos (FHC) con buena aptitud combinatoria entre ellas, con el propósito de estructurar híbridos convencionales con alto rendimiento, siguiendo un patrón heterótico definido para reducir así tiempo y capital.

La fase experimental de esta investigación se llevó a cabo en las Repúblicas de Guatemala en los departamentos de: Escuintla, Suchitepéquez, Jutiapa y Baja Verapaz, y en

México en el estado de Veracruz, en el municipio de Ursulo Galván, dentro de la faja tropical, entre los 40 a 1000 metros sobre el nivel del mar (msnm), bajo los siguientes objetivos e hipótesis.

Objetivos

- Determinar si ha habido cambios en las frecuencias génicas de las cruzas simples formadas con líneas S_0 , S_9 y S_6 , reflejadas en sus efectos de aptitud combinatoria general y específica.
- Comparar las diferencias en rendimiento de los híbridos simples formados en base a líneas S_0 , S_9 y S_6 , utilizando el mismo patrón hetérotico para poder evaluar la eficiencia entre híbridos convencionales y no convencionales.
- Determinar si hay cambios en heterosis, debido al proceso de endogamia en los híbridos convencionales.

Hipótesis

- Existe respuesta diferencial para rendimiento y estabilidad en las cruzas simples formadas con progenitores en diferente nivel de endogamia.
- Existen cambios notables en el por ciento de heterosis al comparar los híbridos con endogamia y no endogamia.

2. REVISION DE LITERATURA

Hibridación

El desarrollo de híbridos de maíz en escala comercial, involucra la formación de progenitores endogámicos y no endogámicos o una combinación de líneas y parentales no endocreados, variando el número de sus componentes que puede ir de un mínimo de dos a un máximo de cuatro padres. Los híbridos se pueden agrupar en dos grandes clases : híbridos convencionales y no convencionales (Vasal et al., 1988).

En un programa de formación de híbridos, influye mucho el criterio del mejorador, así como la metodología utilizada para explotar la variabilidad genética, identificando progenitores que presenten valores altos de aptitud combinatoria general y específica (ACG y ACE), deben además de tomarse en cuenta los componentes de varianza aditiva como los no aditivos, siendo importante para el mejorador los controlados por la acción génica aditiva y cuando se quiere obtener combinaciones específicas las no aditivas serán de importancia.

Cuando se inicia un programa de híbridos, debe de emplearse una metodología que sea rápida, fácil, económica y eficiente, siendo una buena alternativa la formación de híbridos no convencionales a base de familias de hermanos completos, de diferente origen poblacional, previamente mejoradas para que capitalicen los efectos aditivos, teniendo como resultado híbridos a corto plazo y de bajo costo. Una desventaja a considerar es que las familias poseen todavía variación dentro de ellas que limita la repetibilidad de sus cruzamientos, lo cual trae como consecuencia riesgo en la estimación de predicción (Velásquez, 1978).

Una vez que se ha logrado la formación de híbridos no convencionales y dependiendo de la capacidad de apoyo con que pueda contar el programa de híbridos, se puede comenzar a utilizar técnicas que conlleven a convertir a los híbridos no convencionales a convencionales. En la formación de híbridos convencionales se contempla, la derivación de líneas endocreadas previo a encontrar las mejores combinaciones, con la variante que estos materiales pierden su vigor por las autofecundaciones sucesivas, siendo más fuerte en las primeras generaciones de endogamia y estabilizándose cuando han llegado a un grado de pureza (S_9 a S_7), donde su potencial de rendimiento es bajo y alto el costo de producción recuperando su vigor cuando estas se cruzan en combinaciones específicas (F_1), con rendimiento mayor que el mejor parental y con la seguridad de su fiel

repetibilidad al volverlos a formar, haciendo esto último, la diferencia con los híbridos no convencionales.

Líneas Puras y su Evaluación

Las fuentes que se utilizan para la obtención de líneas puras, está en función del criterio del mejorador y los objetivos que se plantean antes de iniciar el proceso de derivar líneas. Jugenheimer (1984) indica que la diversidad genética puede ser de igual o mayor valor que la aptitud combinatoria. Entonces la diversidad genética es necesaria para el desarrollo de híbridos, siendo de importancia tener en cuenta que las fuentes de germoplasma deben ser mejoradas poblacionalmente para tener mayor variabilidad.

Jugenheimer (1984) indica que genéticamente hay cuando menos cuatro factores que impiden la obtención de líneas puras bastante vigorosas.

1. El enorme número de genes.
2. Los efectos enmascaradores del medioambiente en el programa de selección.
3. Una compleja e intrincada interacción de los genes.
4. Una falla en el método para aislar esas líneas.

Siendo así, que en el pasado las variedades de polinización libre fueron la fuente principal para obtener líneas puras, y de acuerdo con Poey et al., (1977) concluyen

que la fuente de germoplasma para obtener líneas puras son las variedades de polinización libre de alto rendimiento y características agronómicas deseables. Poehlman (1979) indica que se pueden derivar líneas partiendo de cruza simples, cruza dobles, cruza multiples, cruza de líneas por variedad y variedades sintéticas.

Independientemente del método que se utilice para derivar líneas, éste debe de ir enfocado a los planteamientos perseguidos, ya que el valor de una línea homocigótica está determinada por su capacidad para producir híbridos superiores cuando se cruza con otras líneas puras, donde las pruebas de habilidad combinatoria pueden determinar dicho valor (Allard, 1980).

El mérito de cualquier línea pura desarrollada es el comportamiento de sus combinaciones híbridas, tomándose en cuenta dos atributos al seleccionar líneas: la diversidad genética de la fuente de germoplasma y la correlación existente entre los caracteres de las líneas endocreadas así como su progenie híbrida. (Poey et al., 1977).

Varios son los métodos para evaluar líneas puras por ejemplo: pruebas tempranas, líneas per-se y cruza de prueba, para identificar las mejores líneas, seleccionando el mejorador el método más conveniente de acuerdo a los objetivos planteados.

evaluación para medir el grado de habilidad o potencial que éstas líneas endocreadas puedan presentar, se hace necesario el uso de materiales (probadores) que seleccionen líneas por su capacidad combinatoria ya que estas líneas han perdido su vigor lo cual hace difícil su medición.

Muchos son los investigadores que han estudiado sobre el tipo de probador a utilizar para evaluar un grupo de líneas donde:

Velásquez (1978) dice que el mejor probador debe ser cualquiera o un probador no emparentado.

Poey et al., (1977) indican que el probador puede ser una variedad de polinización libre, una cruce simple o una línea endogámica.

Hallauer (1975) reporta que el probador más adecuado debe de tener simplicidad en su uso y, que maximice las ganancias por selección.

López (1979) concluye que el mejor probador debe ser una línea no emparentada con las líneas bajo selección.

Larios et al., (1989-90) demostraron que el mejor probador era una cruce simple no emparentada.

En general se puede inferir, que el uso del probador queda a criterio del mejorador, ya que por la reducción de vigor que presentan las líneas en estudio se hace difícil la evaluación en ensayos de rendimiento como tales, haciéndose importante el uso de probadores que puedan discriminar en mejor forma a las líneas de acuerdo a las metas propuestas, seleccionando aquellas que presenten buena aptitud combinatoria para que sirvan de base en la estructura de variedades híbridas.

Aptitud Combinatoria

El mérito del fitomejorador en la formación de híbridos convencionales, es utilizar técnicas adecuadas, para poder seleccionar líneas endogámicas que presenten buena capacidad combinatoria, una de estas técnicas para poder ensayar todas las cruzas posibles con "p" progenitores son los cruzamientos dialélicos donde se ensayan $p(p-1)/2$ cruzas F_1 posibles identificando aquellas cruzas que presenten mayores caracteres deseables.

Hayman (1954) indica que los dialelos pueden ser todo el conjunto de apareamientos posibles en algunos genotipos, definiendo a estos genotipos como individuos, líneas, etc.

Según Martínez (1975) las cruzas dialélicas se componen de cruzas simples que provienen de un grupo básico

de líneas progenitoras que tienen aplicación en la investigación genética de plantas y animales.

De acuerdo a los objetivos que se planteen las cruzas dialélicas pueden tomar diferente estructura de todas las posibles que se puedan hacer, Griffing (1956) describe cuatro técnicas de poder realizar las cruzas dialélicas, siendo estas las siguientes: 1) autofecundaciones y sus cruzas F_1 directas y recíprocas, haciendo un total de p^2 cruzas posibles; 2) los progenitores y sus cruzas F_1 directas, para un total de $p(p + 1)/2$ cruzas; 3) cruzas directas y recíprocas ensayándose un total de $p(p - 1)$ combinaciones y 4) cruzas directas para un total de $p(p - 1)/2$ cruzas directas, siendo este método uno de los que más se utilizan en maíz ya que no toma en cuenta los efectos materno.

El concepto de aptitud combinatoria y su importancia en la mejora genética de las plantas, se originó de las investigaciones realizadas en maíz.

Dos términos se han definido en relación a este concepto, la aptitud combinatoria general y aptitud combinatoria específica (ACG y ACE), por medio del cual permite interpretar la forma en que actúan los genes, si es de acción aditiva o no aditiva, así como la importancia relativa de cada una de estas pruebas, siendo de interés la ACG, cuando se quiere hacer selección de líneas per se y

cuando se quiere identificar cruzamientos específicos entonces tiene importancia la ACE (Sprague y Tatum, 1942).

En términos modernos Falconer (1984) define la ACG como el valor medio de F_1 's de sus cruzas con otras líneas. La actuación de una craza en particular puede desviarse de la ACG, lo cual es medida como una desviación de la media general más las habilidades combinatorias de los progenitores, lo que viene siendo una característica de craza la ACE y no de sus progenitores.

Márquez (1988) indica que cuando se determina la ACG y la ACE de líneas puras, lo que se determina son los gametos producidos por las líneas homocigotas, mientras que cuando las líneas no son puras, entonces lo que se determina en la ACG y ACE es un promedio, porque cada progenitor puede considerarse como una mezcla de líneas homocigotas o sea que cada progenitor produce diferentes gametos en sus locis respectivos.

Las estimaciones de ACE es una técnica por medio del cual se identifican los híbridos F_1 de mayor rendimiento de todas las cruzas simples posibles formadas a partir de "n" líneas (Brauer, 1980), consistiendo en cruzar líneas en pares para formar cruzas simples, para ser evaluadas en ensayos de rendimiento, permitiendo seleccionar cruzamientos específicos superiores, así como los valores de heterocigosis, siendo los cruces dialélicos

una forma práctica de hacer los cruces así como su interpretación por los métodos de Griffing.

Muchos investigadores indican que la mejor etapa para realizar las pruebas de ACG y ACE es en generaciones tempranas, ya que la habilidad combinatoria es un carácter heredable que se trasmite a su descendencia.

Allard (1980) dice que se ha generalizado las pruebas de ACG en plantas originales (S_0) o en la primera autofecundación (S_1), apoyado en la efectividad que han encontrado otros investigadores.

En Guatemala (ICTA, 1985) se identificaron un grupo de 20 líneas S_3 de maíz, derivadas de familias de hermanos completos con ACG sobresaliente, donde las líneas de la población 100, obtuvieron los mayores rendimientos a nivel de mestizos.

Larios (1987) identificó un grupo de 11 líneas S_3 de maíz con altos valores de ACG, derivadas de las familias de hermanos completos 26-49, 20-214, 28-239 y del Pool 21-6.

Córdova (1980) identificó líneas con altos valores de ACG al cruzar líneas de maíz con un probador al inicio de su formación.

De León (1987) encontró efectos de ACG en familias de hermanos completos de maíz, así como en líneas S_2 derivadas de estas familias, concluyendo que la habilidad combinatoria es heredada a sus descendientes.

López (1979) al desarrollar líneas S_8 a partir de S_1 sin previa selección en maíz, las cuales cruzó con cinco probadores, determinó que los mestizos S_1 de mayor rendimiento, que sus descendientes en S_8 también expresaban los mejores rendimientos, indicando que la habilidad combinatoria se trasmite a través de la endogamia.

Beil y Atkins (1967) al estimar ACG y ACE en híbridos F_1 de sorgo de grano, encontraron que la ACG para rendimiento de grano fue tres veces mayor que la ACE, concluyendo también que la ACE fue más estable que la ACG sobre los ambientes, particularmente para rendimiento de grano.

Rojas y Sprague (1952) analizando ACG y ACE, y su interacción con localidades y años en pruebas de rendimiento de maíz, concluyeron que los componentes de variación para ACE en localidades fueron más estables y mayores que la ACG, sugiriendo que la ACG incluye no solamente desviaciones no aditivas, sino una proporción de interacción genotipo-ambiente.

Larios et al., (1988) al evaluar ACG y ACE de líneas de maíz encontraron valores altos de ACE de un grupo de 12 líneas identificando cinco cruzas superiores.

Vasal et al., (1987) encontraron valores significativos para ACG y ACE en las poblaciones 21, 22, 32 y 43 de un grupo de siete poblaciones, así como cinco cruzas superiores en el dialelo cinco, al investigar sobre patrones heteróticos en poblaciones de maíz.

Por lo anterior expuesto puede inferirse que, para evitar el acarreo de genotipos indeseables a generaciones avanzadas, las pruebas de ACG y ACE en etapas tempranas, son un instrumento útil para identificar genotipos que presenten buena aptitud combinatoria para llevarlos a niveles altos de endocria, con la seguridad que conservan dicho carácter, evitando así gastos y recursos innecesarios.

Heterosis

Cuando se hace investigación sobre hibridación, también se hace sobre el vigor híbrido, ya que es la base para que se exprese el potencial genético de las líneas puras cuando éstas se cruzan.

Gowen (1952) y Márquez (1988) están de acuerdo en que por primera vez fue Shull en 1908 en utilizar el

término de heterosis basado en el concepto de heterocigosis el que nada tiene que ver con las leyes mendelianas y fue propuesto hasta en 1914 definiéndolo como el incremento en vigor, tamaño, fructificación, velocidad de desarrollo, resistencia a enfermedades y a plagas, o a regiones climáticas de cualquier clase, manifestado por los organismos cruzados al compararse con los organismos endogámicos correspondientes, como resultado de la disimilitud en la constitución de los gametos paternos.

Márquez (1988) menciona que la heterosis es el resultado de la diferencia entre la media de la población F_1 y la media de la población del mejor padre.

Aunque la heterosis ha sido observada en un gran número de especies la explicación genética de este fenómeno no está completamente claro.

Muchos son los trabajos que se han realizado para poder probar o rechazar por completo las teorías propuestas para dar una explicación científica a este fenómeno, (Hallauer y Miranda, 1981) las cuales se han formulado varias citando alguna de ellas a continuación:

1) hipótesis de la sobredominancia, según Márquez (1988) propuesta por Shull la cual se basa en la disimilitud de los gametos paternos respecto a la progenie, siendo el híbrido un heterocigote y la línea un homocigote, dando como resultado, que la cruce es superior a su parental en

cualquier sentido, siendo la estructura genética $Aa > AA$ o aa , en la práctica son pocos los ejemplos que se pueden citar respecto a esta hipótesis.

Los que defienden esta hipótesis piensan que hay algo en la condición heterocigota de los pares de genes que son determinantes para una mayor actividad vegetativa que se traduce en mayor vigor y desarrollo de tejidos.

2) hipótesis de la dominancia; Márquez (1988) dice que se basa en el hecho frecuentemente observado en los efectos perjudiciales que los genes recesivos tienen sobre los fenotipos o los efectos benéficos de los genes dominantes donde $Aa > aa$.

Una de las objeciones que se atribuye a esta hipótesis es que nunca se han encontrado líneas homocigotas dominantes para los locis que le convienen al fitomejorador ya que no se pueden eliminar todos los genes recesivos aún en líneas puras, porque siempre habrá genes recesivos enmascarados.

Hallauer y Miranda (1981) indican que si la heterosis se debe a la acumulación de genes dominantes favorables, sería posible obtener líneas endocriadas tan productivas como los híbridos de dos vías.

Falconer (1981) demostró teóricamente el fenómeno de la heterosis y señala que los requisitos que pueden ser necesarios para que éste se exprese es la presencia de algún grado de dominancia y la diferencia en frecuencias génicas de los progenitores que se cruzan.

Existen varias formas de cómo medir la heterosis que exhiben las F_1 de sus parentales siendo básico dichos resultados para el investigador para tener una idea del incremento que se obtiene por cruzar parentales y observar su progenie donde se manifiesta el vigor híbrido, dichas fórmulas algunas de ellas se describen a continuación:

1) heterosis respecto al progenitor medio, en forma simple, no es más que la diferencia de la F_1 respecto a la media de sus parentales (Márquez 1988).

Falconer (1984) lo determina como la F_1 menos un medio de la suma de sus parentales $H = F_1 - 1/2(p_1 + p_2)$.

2) heterosis respecto a la variedad original, donde la heterosis media es el promedio de las cruzas posibles entre las líneas, expresándose como la diferencia respecto a la población original.

3) heterosis respecto al mejor progenitor, se basa en la diferencia que existe entre la F_1 y la media del mejor progenitor de todas las cruzas en la cual intervino, donde: $H = F_1 - \bar{x}_p$ (Márquez 1988).

A continuación se citan ejemplos referidos a la heterosis:

Larios et al., (1988) encontraron en cruzas dialélicas, genotipos (F_1) con una heterosis hasta del 277 por ciento, respecto al mejor progenitor, al evaluar aptitudes combinatorias y predicción de híbridos de maíz.

Vasal et al., (1987) encontraron valores heteróticos del 107 y 113 por ciento en cruzas de poblaciones 21, 22, 32, 43, 25, 29 y Pool 24, en investigaciones sobre patrones heteróticos en el dialelo cinco al evaluar poblaciones de maíz.

- Crossa et al., (1987) indican que en poblaciones con alto rendimiento promedio, en cruzas no mostraron alta heterosis varietal, en un estudio sobre poblaciones de maíz con diferente grado de introgrección de germoplasma exótico.

Al final, en estudios de ACG y ACE lo que se pretende es encontrar tanto progenitores con una ACG alta y cruzas F_1 que muestren una heterosis superiores a sus parentales en la mayoría de las características que se estudian, factor éste que viene a incrementar la productividad y una vez encontradas estas diferencias en las F_1 , se mantengan cada vez que hagan los cruzamientos con los mismos parentales.

Formación de Híbridos

Partiendo según el concepto de Shull (Jugenheimer, 1984) que un campo de maíz, es una mezcla de híbridos muy complejos donde se puede encontrar una gran variabilidad fenotípica de una gran escala de magnitudes dentro de las plantas que componen dicho campo.

Indudablemente el objetivo final de un programa de híbridos es el haber llegado a identificar genotipos que servirán de base para la formación de híbridos para la explotación comercial de la F_1 .

Márquez (1988) concluyó, que cuando se tienen las dos fuentes de gametos permanentes, el fenotipo de interés se puede reproducir cuantas veces se quiera.

Existen opiniones sobre qué tipo de híbrido sacar al mercado, ya que existen híbridos de dos, tres, cuatro vías y los multilineales, la formación de cualquier tipo de híbrido está en función de las exigencias del consumidor, aunque se sabe de antemano que las cruza simples tienen mayor rendimiento que la triples y éstos más que las cruza dobles.

Se debe también de tomar en cuenta, el comportamiento que estos cruzamientos tiene ante el ambiente, ya que su producción dependerá de como estos

híbridos puedan amortiguar el medio ambiente.

Pareciera ser que las cruzas simples pueden poseer dos mecanismos de estabilidad; plasticidad fenotípica y heterocigosidad, mientras que las cruzas dobles pueden poseer estos dos mecanismos y además heterogeneidad en grados variables que las hacen más estables.

Bonny y Ker'ova (1985) dicen que el progreso en rendimiento y adaptabilidad se podría lograr fácilmente, si se identifican genotipos estables en generaciones tempranas.

Eberhart y Russell (1966) postularon que aunque la estabilidad de una crusa doble proviene de una mezcla de genotipos (F_1), también parece que está bajo control genético o sea que ciertos genotipos pueden mostrar mayor estabilidad que otros, de manera que pueden obtenerse cruzas simples genéticamente estables de mayor rendimiento que las cruzas dobles.

Allard y Bradshaw (1964) describen dos formas a través de los cuales una variedad puede exhibir estabilidad y una de ellas es: el amortiguamiento individual, los individuos pueden tener amortiguamiento de manera que cada miembro de la población esté adaptado a un amplio rango de condiciones ambientales.

De esta forma las poblaciones homogéneas, homocigóticas o heterocigóticas (línea puras y cruza simples) dependerán obviamente del amortiguamiento individual para tener una población estable, mientras que el amortiguamiento individual y el poblacional podrían estar presentes en poblaciones heterogéneas.

En general las bondades que las variedades híbridas ofrecen cuando éstas se forman convencionalmente, se deben de aprovechar para obtener los máximos rendimientos y poder incrementar los niveles de producción y sostenerlos a través del espacio y tiempo, utilizando desde luego los ambientes favorables para una producción óptima de alto potencial de rendimiento, esto incluye suelos francos, con buena capacidad de humedad, contenido de materia orgánica adecuada, un p^H cercano a la neutralidad, sin problemas de toxicidad o de micronutrientes, precipitación pluvial adecuada y buena distribución, temperatura óptima para el desarrollo de los cultivos y presencia de factores bióticos (plagas, malezas y enfermedades) controlables. (Córdova, 1989).

Existiendo en el globo terráqueo áreas con estas características, como es el caso de la región sur de Guatemala, que es para donde ya entocada esta investigación.

Muchos son los trabajos que se han realizado sobre la maximización del rendimiento mediante la producción a base de híbridos.

Jugenhimer (1984) cita el incremento de rendimiento en Estados Unidos por el uso de híbridos en 1958 que fué de 750 millones de bushels.

CIMMYT (1986) reporta que en los Estados Unidos en 1985-86 el 100 por ciento del área destinada para maíz fué sembrado con híbridos, alcanzando un rendimiento de 7.5 ton/ha.

CIMMYT (1986) dice que en Guatemala, en 1985-86 el 36 por ciento del área para maíz fue cultivada con híbridos, mientras que en México en ese mismo período solamente el 25 por ciento del área para maíz fué sembrado con híbridos.

Muchos son los ejemplos que se pueden ilustrar en trabajos realizados por encontrar mejores combinaciones híbridas por muchos fitomejoradores de los cuales solo algunos se citan a continuación:

Larios et al., (1988) identificaron híbridos en S₉ que superaron en 15 por ciento al híbrido comercial de maíz en Guatemala.

Córdova (1989) concluyó que el híbrido de maíz HB-85 de Guatemala, evaluado en 15 ambientes del Norte, Centro América y El Caribe, superó al testigo en un 34 por ciento.

Soto et al., (1989) a través del proyecto regional de híbridos de maíz para Centroamérica y El Caribe, identificaron híbridos para cada país superiores a los que existen comercialmente, utilizando líneas del Centro de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y hembras de los mejores híbridos comerciales de Guatemala, Honduras y El Salvador.

3. MATERIALES Y METODOS

Material Genético

La presente investigación es parte del Programa de mejoramiento de maíz del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) de Guatemala.

El programa de híbridos se inició en 1976, formando híbridos no convencionales a partir de familias de hermanos completos entre las cuales se encuentran la 22-100, 29-5, 43-46 y 43-68 que es la base de esta investigación, estas familias provienen de las poblaciones Mezcla Tropical Blanca, Tuxpeño Caribe y La Posta, colecciones que pertenecen al CIMMYT.

Estas familias fueron seleccionadas en 1976, en ensayos internacionales de progenies (IPTT) del CIMMYT conducidos en 1975, evaluados en el megaambiente tropical, en 1977 las familias seleccionadas fueron cruzadas con varios probadores para determinar ACG (Córdova, 1984). En el Año de 1982 se formó la cruz simple FHC 22-100 x 29-5, que pasó a constituir la hembra del híbrido no convencional del ICTA HB-83, siendo su progenitor macho la cruz simple de líneas S_9 43-46₂₋₉₋₂ x 43-68₁₋₁₋₉. Ocupando este

híbrido el primer lugar en ensayos de rendimiento en 30 localidades 26 de Guatemala en ese mismo año, superando también a híbridos comerciales en evaluaciones en 15 localidades de Centroamérica y El Caribe en 1983 (Córdova, 1984).

El rendimiento promedio de este híbrido (ICTA HB-83) fué de 4554 kg/ha., en los diferentes ensayos conducidos por los equipos de transferencia y el programa de maíz del ICTA a través de 231 localidades, entre los años de 1977 a 1983, siendo actualmente uno de los mejores a nivel comercial en Guatemala.

A continuación se hace un resumen de las actividades del programa de híbridos conducido por el programa de maíz del ICTA.

1. 1976-1983. Desarrollo y evaluación de familias de hermanos completos, generando híbridos no convencionales triples y dobles (Córdova, 1984).
2. 1983-1989. Formación y evaluación de líneas S_9 , derivadas de familias de hermanos completos (22-100, 29-5, 43-46 y 43-68), como también formación y evaluación de híbridos convencionales de cuatro y tres vías y su respectiva liberación al mercado. (Prog. de Maíz ICTA, 1989).

3. 1990- HASTA LA FECHA. Formación del híbrido de líneas S_6 , en base a su patrón heterótico de las poblaciones 22, 29 y 43 respectivamente; evaluación en ensayos de rendimiento para medir su grado de ganancia genética y la sustitución del híbrido comercial ICTA HB-83 de líneas S_9 por el híbrido a base de líneas S_6 .

La presente investigación está enmarcada en el inciso tres de este resumen, teniendo como objetivo determinar los cambios de heterosis debido al proceso de endogamia.

Selección de Líneas

Teniendo como base la evaluación de ACG de las líneas S_9 , se seleccionaron líneas S_6 por selección visual entre líneas hermanas que presentaban las mejores características agronómicas en dos ambientes contrastantes en el año de 1989.

Seleccionándose dos líneas en S_6 de cada uno de los progenitores (líneas S_9), Guatemala Blanco (GB)33, GB-35 y GB-37 de la población 22, de GB-39 y GB-41 de la población 29, GB-43 y GB-45 de la población 43, haciendo un total de 22 líneas en S_6 , así como sus progenitores que fueron siete líneas en S_9 y cuatro como familias de hermanos completos.

Formación de Cruzas y su Evaluación

Las cruzas simples para este estudio se formaron en el ciclo 1990-A (Enero-Abril), en el Centro de Producción Cuyuta que pertenece al ICTA, haciendo un total de 116 cruzamientos entre y dentro de un mismo nivel de endogamia y de 161 cruzas entre líneas de un mismo nivel de endogamia se formaron en 1991-A.

Las evaluaciones de ensayos de rendimiento se realizaron en las Repúblicas de Guatemala y México en los años de 1990-B y 1991-B, llevándose a cabo las evaluaciones en Guatemala de Junio a Octubre y en México en 1991 de Junio a Octubre.

Seis ensayos fueron evaluados en la zona tropical baja de Guatemala, entre los 40 a 1000 metros sobre el nivel del mar (msnm) con latitud norte de 14.1° a 15.1° y longitud oeste de 89.5° a 91.3° , en las localidades de La Máquina, San Jerónimo y Jutiapa (en 1990) y en Cuyuta, La Máquina y San Jerónimo (en 1991), en los departamentos de Suchitepéquez, Baja Verapaz, Jutiapa y Escuintla respectivamente, instalando un ensayo de rendimiento por localidad en 1990-B y 1991-B.

En México la evaluación se llevó a cabo en el estado de Veracruz, en el municipio de Ursulo Galván, en el ejido del mismo nombre, a ocho msnm, entre los 19.3°

latitud norte y 96.3° longitud oeste. Ubicándose los ensayos de rendimiento en estaciones experimentales del ICTA y en sitios de agricultores.

Cuadro 3.1. Algunas características de las localidades en estudio.

Localidad	Altitud (msnm)	Temperatura \bar{X} C $^{\circ}$	PP en mm
Cuyuta	48	30	2300
La Máquina	100	27	1860
San Jerónimo	969	22	1200
Jutiapa	980	27	1230
Ursulo Galván	8	25	1017

Tratamientos

Los tratamientos para ésta investigación consistieron en 116 cruzas simples para 1990 y de 161 cruzas simples para 1991 con diferente nivel de endogamia S_0 , S_3 y S_6 , que tienen su origen en las poblaciones 22, 29 y 43, de la siguiente forma:

FHC = 22-100, 29-5, 43-46 y 43-68 (evaluadas solo en 1991);

S_3 = GB-33, GB-35 y GB-37, (derivadas de 22-100); GB-39,

GB-41 (derivada de 29-5); 41-462-3-2 y 43-68₁₋₁₋₃.

S_6 = 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515 y 516

(pertenecen a 22-100); 517, 518, 520, 521 y 522 (pertenecen a 29-5); 523, 524 y 525 (pertenecen a 43-46) y 526, 527 y 528 (pertenecen a 43-68).

Así como una serie de testigos como:

1. ICTA HB-83 híbrido no convencional (doble).
2. ICTA HB-85 híbrido convencional (S_9)(doble).
3. ICTA HB-83 híbrido convencional (S_9)(doble).
4. CRUZA SIMPLE DE $43-46_{2-9-2} \times 43-68_{1-1-9}$.
5. ICTA HB-85 en S_6 (doble).
7. Exp. 9111.
8. Exp. 9113.

Fecha de Siembra y de Cosecha

La siembra y cosecha de los diferentes ensayos de rendimiento se llevó a cabo en dos épocas diferentes.

La primera fecha de siembra y cosecha se llevó a cabo en Guatemala en 1990-B (junio a Octubre) en las localidades de La Máquina, San Jerónimo y Jutiapa.

La segunda fecha de siembra y cosecha se realizó en 1991-B en Guatemala y México (Junio-Octubre) en las localidades de Cuyuta, La Máquina, San Jerónimo y Ursulo Galván respectivamente.

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño experimental de látice simple de 11 x 11 y 13 x 13 para las evaluaciones de 1990 y 1991 respectivamente aleatorizando los tratamientos a nivel de bloques y repeticiones, con dos repeticiones por localidad en siete localidades.

Unidad Experimental

La unidad experimental estuvo constituida por dos surcos de 5 metros (m) de largo, separados a 0.75 m entre surcos y de 0.5 m entre postura (aclorando a dos plantas por mata), para un total de 44 plantas por parcela, haciendo un total de 53,333 plantas/ha., siendo la parcela neta igual a la bruta, para las localidades de Guatemala y en México la unidad experimental fué de 1 surco de 6.6 metros de largo, separados a 1.1 m y de 0.22 m entre postura (aclorando a una planta por mata) para un total de 30 plantas por unidad experimental para un total de 41,233 plantas/ha., donde la parcela util fue de 28 plantas por surco o de 6.776 m².

Manejo del Ensayo Experimental

Para todos los ensayos, el área de siembra fue preparado mecánicamente, para tener una cama óptima para la germinación de la semilla. Haciéndose un control de

malezas, dependiendo de cada localidad, utilizándose herbicida de pre y post-emergencia que estén disponibles en la región de estudio, variando la dosis según el tipo e intensidad de maleza.

Los niveles de fertilización promedio en Guatemala fueron de 100-40-0 kg/ha., de nitrógeno y fósforo, aplicando todo el fósforo y la mitad de nitrógeno a la siembra y la otra mitad de nitrógeno a los 45 días después de la siembra. En México los niveles de fertilización fueron de 120-80-0 kg/ha., de nitrógeno y fósforo respectivamente, aplicando todo el fósforo y la mitad de nitrógeno a la siembra y la otra mitad de nitrógeno a los 40 días después de la siembra.

Toma de Datos

La toma de datos fue todo lo relacionado a características que nos puedan dar una idea del comportamiento de los diferentes genotipos siendo estos los siguientes:

- a. **Días a flor femenina.** se tomaron como referencia el número de días transcurridos desde la siembra a la fecha en que el 50 por ciento de las plantas estuvieron con los estigmas emergidos, en cada parcela.
- b. **Altura de planta.** se registraron como un promedio de 10 plantas al azar de cada tratamiento, haciendo la

medición en centímetros (cm), de la base de la planta hasta la hoja bandera.

- c. **Altura de mazorca**, la altura promedio de la mazorca se determinó en base a la medición de 10 plantas de cada tratamiento, midiendo en cm, desde la base de la planta al nudo donde se incarta la primera mazorca al tallo.
- d. **Acame de raíz**, se tomó toda aquella planta que presentó una inclinación de 30° o mayor con respecto a la horizontal, expresándose en por ciento el total de plantas acamadas por parcela.
- e. **Acame de tallo**, se registró toda planta de cada parcela que presentó el tallo quebrado abajo de la mazorca principal, expresandose en por ciento el dato total.
- f. **Mala cobertura**, se tomó toda mazorca que presentó exposición de la punta de la mazorca, por falta de cubrir totalmente las espatas (totomoxtle) a la mazorca, expresado en por ciento, en relación al total de mazorcas cosechadas por tratamiento.
- g. **Mazorcas podridas**, se registró, sumando las partes podridas de cada mazorca (para completar mazorcas enteras), expresando el resultado total en por ciento, con relación al total de mazorcas cosechadas por parcela.

- h. **Número de plantas cosechadas**, fue el total de plantas a la hora de la cosecha dentro de cada tratamiento.
- i. **Mazorcas cosechadas**, fue el total de mazorcas cosechadas por parcela.
- j. **Peso de campo**, se registró pesando el total de mazorcas cosechadas en kilogramos por parcela.
- k. **Por ciento de humedad**, se tomó al azar una muestra de 10 mazorcas, a las cuales se les desgranó dos hileras y se mezcló la muestra, haciendo esta medición al momento de la cosecha.
- l. **Rendimiento de grano**, el rendimiento de grano fue expresado en ton/ha., al 15 por ciento de humedad, mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Rend. al 15 \%} = \frac{\text{PC} * \frac{(100 - \% \text{HC})}{(100 - \% \text{HD})} * 0.8 * \text{FA}}{1000}$$

Donde:

Rend. al 15 % = rendimiento de grano al 15 por ciento de humedad en ton/ha.

PC = peso de campo en kg/parcela.

% HC = por ciento de humedad de campo a la cosecha.

- % HD = por ciento de humedad deseada (en este caso 15 %).
- K = constante para coeficiente de desgrane (0.8).
- FA = constante de área (relación de hectárea sobre unidad experimental en m.) $10,000 \text{ m}^2 / \text{área de unidad experimental}$.

Análisis Estadístico

Análisis de varianza por localidad

Se realizó un análisis de varianza para las variables en estudio, conforme a un diseño de látice simple mediante el siguiente modelo.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_{ij} + \tau_k + P_i + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} = efecto de la i -ésima repetición, del j -ésimo bloque, del k -ésimo tratamiento.
- μ = efecto de la media de la población.
- β_{ij} = efecto del j -ésimo bloque dentro de la i -ésima repetición.
- τ_k = efecto del k -ésimo tratamiento.
- P_i = efecto de la i -ésima repetición.
- ε_{ijk} = efecto del error experimental.

En el Cuadro 3.2. se presenta la forma de estructura del análisis.

La prueba de la hipótesis nula para tratamientos se llevó a cabo mediante la relación de C_{Mt}/C_{Me} determinando así la F calculada, comparándose con la F tabulada mediante la estimación de $F_t = gl(C_{Mt})/gl(C_{Me})\alpha$.

Cuadro 3.2. Análisis de varianza para látice simple como bloques al azar.

F.V.	gl	CM
Repeticiones	$r-1$	CM_r
Bloques(repetición)	$r(b-1)$	CM_b
Tratamientos	$k^2 - 1$	CM_t
Error intrabloque	$rb-k-1 (k - 1)$	CM_e
Error de bloques al azar	$r - 1 (k^2 - 1)$	CM_{eb}
Error efectivo	$rb-k-1 (k - 1)$	CM_{ef}
Total	$rbk - 1$	

Análisis de varianza combinado

Se realizó un análisis de varianza combinado a partir de los totales de cada tratamiento para el año 1990 y 1991 para inferir sobre el comportamiento de los tratamientos a través de ambientes representativos de la región el cual se presenta en el Cuadro 3.3. y su modelo lineal es el siguiente:

$$\bar{Y}_{ij} = \mu + \ell_i + \tau_j + (\ell\tau)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- \bar{Y}_{ij} = Media del tratamiento j en la localidad i.
 μ = Media general.
 ℓ_i = Efecto de localidad i.
 τ_j = Efecto de tratamiento j.
 $(\ell\tau)_{ij}$ = Efecto de la interacción de localidad i con el tratamiento j.

Cuadro 3.3. Análisis de varianza combinado para un diseño de látice simple en bloques al azar.

F.V.	gl	C M	E C M
Localidades	$\ell - 1$	CM ℓ	
Repet(loc)	$\ell (r - 1)$	CMr	
Tratamientos	$k^2 - 1$	CMT	$\sigma_e^2 + r \sigma_{\ell\ell}^2 + \frac{\sum_{i=1}^{\ell} r \sum_j (\tau_j - \tau)^2}{t - 1}$
Locs x Trats	$(\ell - 1)(K - 1)$	CMT ℓ	$\sigma_e^2 + r \sigma_{\ell\ell}^2 t^{-1}$
Bloques (reps)	$\ell r (b - 1)$	CMb	
Error	$\ell (rb - k - 1)(k - 1)$	CMe	σ_e^2
Total	$\ell r b k - 1$		

El cálculo de la F calculada se llevó a cabo mediante la relación, para localidades CM ℓ /CMe, Tratamientos CMT/CMe y de la interacción localidades x

tratamientos CM</CMe, obteniéndose la F tabulada para $\alpha = 0.5$ y 0.01 con los grados de libertad de cada fuente de variación.

Análisis dialélico

Con el fin de poder determinar los efectos de ACG y ACE en la evaluación de 1990 que sí se prestó para esta finalidad y después de haber observado los análisis de tratamientos que dieron alta significancia tanto a nivel individual como combinado para las variables en estudio, se procedió a estimar la aptitud combinatoria de todas las cruza posibles dentro de un mismo nivel de endogamia por el método cuatro de Griffing (Martinez, 1975), el cual ensaya $p(p-1)/2$ cruza posibles en un solo sentido, bajo el siguiente modelo lineal.

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + S_{ij} + b_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor observado de la cruza con el i -ésimo progenitor y j -ésimo progenitor, en la k -ésima repetición.

μ = Valor de la media general.

g_i = Efecto de ACG en el i -ésimo progenitor.

g_j = Efecto de ACG en el j -ésimo progenitor.

S_{ij} = Efecto de ACE en la ij -ésima cruza.

b_k = Efecto de la k -ésima repetición.

ε_{ijk} = Efecto ambiental correspondiente a la ij -ésima cruza de la k -ésima repetición.

En el Cuadro 3.4. se presenta el análisis de varianza basado en el modelo lineal.

La prueba de significancia, se realizó bajo un modelo fijo de la siguiente manera:

F_c de cruza = M_c/M_e con $(gl_c$ y $gl_e)\alpha$.

$H_0: \sigma_g^2 = 0$ entonces $F_c = M_g/M_e$ con $(gl_{M_g}$ y $gl_{M_e})\alpha$.

$H_0: \sigma_s^2 = 0$ entonces $F_c = M_s/M_e$ con $(gl_{M_s}$ y $gl_{M_e})\alpha$.

Cuadro 3.4. Análisis de varianza individual por el método cuatro de Griffing.

F.V.	gl	CM	E C M
Repeticiones	$b-1$	CM_r	$\sigma_e^2 + c\sigma_b^2$
Cruzas	$c-1$	CM_c	$\sigma_e^2 + b\sigma_c^2$
ACG	$p-1$	CM_g	$\sigma_e^2 + b\sigma_s^2 + b(p-2)\sigma_g^2$
ACE	$p(p-3)/2$	CM_s	$\sigma_e^2 + b\sigma_s^2$
Error	$(c-1)(b-1)$	CM_e	σ_e^2
Total	$bc-1$		

b = repeticiones, c = cruzas y p = progenitores

Despues de haber practicado el análisis individual se procedió a realizar el análisis combinado para las tres

localidades, bajo el siguiente modelo lineal.

$$Y_{ijkl} = \mu + g_i + g_j + S_{ij} + b_k + \ell_l + (S\ell)_{ijl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Valor observado de la ij -ésima cruza en la k -ésima repetición de la l -ésima localidad.

μ = Valor de la media general.

g_i = Efecto de ACG del i -ésimo progenitor.

g_j = Efecto de ACG del j -ésimo progenitor.

S_{ij} = Efecto de ACE de la ij -ésima cruza.

b_k = Efecto de la k -ésima repetición.

ℓ_l = Efecto de la l -ésima localidad

$(S\ell)_{ijl}$ = Efecto de la interacción de ACE de la ij -ésima cruza con la l -ésima localidad.

ε_{ijkl} = Efecto debido al error.

En el Cuadro 3.5. se presenta el análisis de varianza combinado por el método cuatro de Griffing.

Para la prueba de significancia de las fuentes de variación se basó bajo las siguientes hipótesis.

Fc de cruzas = M_c/M_e con $(g|M_c, g|M_e)\alpha$.

Fc locs x ccruzas = M_{lc}/M_e con $(g|M_{lc}, g|M_e)\alpha$.

$H_0: \sigma_g^2 = M_g/M_e$ con $(g|M_g, g|M_e)\alpha$.

$H_0: \sigma_s^2 = M_s/M_e$ con $(g|M_s, g|M_e)\alpha$.

Estimación de los efectos de aptitud combinatoria general (\hat{g}_i) y aptitud combinatoria específica (\hat{S}_{ij}).

Se realizó la estimación de los efectos de ACG y ACE para observar el comportamiento de los diferentes progenitores como de alguna craza en particular de las diferentes variables en estudio, bajo la siguientes fórmulas (Velásquez, 1978).

$$\hat{g}_i = \frac{Y_{i..}}{r(p-2)} - \frac{2Y_{...}}{rp(p-2)}$$

$$\hat{S}_{ij} = \frac{Y_{ij}}{r} - (\hat{g}_i + \hat{g}_j) - \bar{Y}$$

Donde:

r = Repeticiones.

p = Progenitores.

$\bar{Y}_{i..}$ = Sumatoria de las cruzas donde interviene el progenitor i .

$Y_{...}$ = Media general.

Para estimar los efectos de ACG y ACE del año 1991 se aplicó las siguientes formulas.

$$\hat{g}_i = \frac{\sum Y_{i..}}{c} - \frac{\bar{Y}_{...}}{n} \quad \text{Donde } \hat{g}_i = (\bar{Y} - \bar{Y})$$

$$d = \hat{S}_{ij} + \hat{g}_i + \hat{g}_j \quad \text{Donde, } \hat{S}_{ij} = d - \hat{g}_i - \hat{g}_j$$

Donde:

\hat{g}_i = Efecto de ACG.

$\Sigma Y_{i..}$ = Sumatoria de la i -ésima cruza.

$\bar{Y}_{i..}$ = Media del i -ésimo progenitor.

$\bar{Y}_{...}$ = Media general.

d_{ij} = Efecto de desviación de ij -ésimo tratamiento respecto a la media.

\hat{S}_{ij} = Efecto de ACE.

c = Número de cruzas en donde interviene el i -ésimo progenitor.

n = Número total de cruzas.

Cuadro 3.5. Análisis de varianza combinado basado en el modelo 4 de Griffing.

F.V.	gl	CM	E C M
Localidades	$l-1$	CM_l	
Rept(Locs)	$l(b-1)$	CM_b	
Cruzas	$c-1$	CM_c	$\sigma_e^2 + lb\sigma_c^2$
ACG	$p-1$	CM_g	$\sigma_e^2 + lb\sigma_g^2 + lb(p-2)\sigma_g^2$
ACE	$p(p-3)/2$	CM_s	$\sigma_e^2 + lb\sigma_s^2$
Error	por diferencia	CM_e	σ_e^2
Total	$lbc-1$		

l = localidades, b = repeticiones, p = progenitores

Estimación de heterosis

La estimación de heterosis se calculó sólo para la variable rendimiento de las posibles cruzas F_1 para los diferentes niveles de endocria en base a la media de cruce de FHC (Márquez, 1988).

$$h = \frac{F_1}{\bar{X} \text{ FHC}} \times 100$$

Donde:

h = Por ciento de heterosis.

F_1 = Media de la cruce.

\bar{X} FHC = Media de Familia de hermanos completos.

Comparación múltiple de medias

En base los análisis de varianza combinado se procedió a calcular la diferencia entre dos tratamiento basado en la prueba de rango múltiple de Dunca, mediante la siguiente fórmula. $DMS = t_{\alpha/2}, gl \text{ CME}$.

Donde:

DMS = diferencia mínima significativa.

$t_{\alpha/2}, gl \text{ CME}$ = valor de tabla ($\alpha = 0.5$).

CME = cuadrado medio del error.

Contrastes Ortogonales

Con el fin de poder hacer comparaciones de los diferentes niveles de endogamia se realizaron contrastes ortogonales previamente definidos con un solo grado de libertad, de la forma $\tau_i - \tau_j$ bajo la siguiente ecuación.

$$\theta = \sum_{i=1}^t C_{ki} Y_i \quad \text{con} \quad \sum_{i=1}^t C_{ki} = 0$$

Donde:

θ = estimativo de $\sum C_{ki} \tau_i$.

C_{ki} = Coeficiente de contrastes previamente fijados.

Y_i = Totales de tratamientos.

Las comparaciones que se realizaron fueron por niveles de endogamia S_0 vs S_3 , S_0 vs S_6 y S_3 vs S_6 , agrupando a todas las cruza en sus respectivos niveles de endocria.

La prueba de significancia de las comparaciones se basó por la hipótesis nula de $H_0: \sum_{i=1}^t C_{ki} \tau_i = 0$ donde la F calculada se estimó de la siguiente forma.

$$F_c = \frac{SCCK}{SCe} \quad \text{con } (t-1, gl_e) \alpha$$

Donde:

SCC_k = Suma de cuadrados del contraste k .

$SC_{\epsilon\epsilon}$ = Suma de cuadrados del error.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis de Varianza Individual y Combinado

Los análisis de varianza generales que se presentan a continuación, es producto de dos años de evaluación los cuales se interpretaron por separado. Los análisis individuales para las variables días a flor femenina, altura de mazorca, rendimiento y mazorcas por planta, para las localidades de La Máquina, San Jerónimo y Jutiapa del año de 1990, se presentan en el Cuadro 1.A. del apéndice, mostrando alta significancia ($\alpha=0.01$) para tratamientos en todas las variables en estudio.

En el Cuadro 2.A. se muestran los resultados por localidad del año 1991 para las variables días a flor femenina, altura de planta, rendimiento, mazorcas por planta y porcentaje de pudrición de mazorca, siendo similares los resultados que se obtuvieron con relación al ciclo anterior, ya que la fuente de variación de tratamientos mostró alta significancia, solo la variable por ciento de mazorcas podridas fue altamente significativa en tres localidades. En lo que se refiere a los coeficientes de variación, fueron ligeramente altos.

Los análisis de varianza combinados para las variables en estudio para cada año de evaluación (Cuadros 4.1. y 4.2.) muestran las altas significancias que presentaron todas las variables respecto a las fuentes de variación de localidades, tratamientos y localidades por tratamientos, tomándose como aceptables los coeficientes de variación, ya que en su mayoría son relativamente bajos. Para la fuente de variación de localidades, la alta significancia se interpreta como una variación que existe entre una localidad y otra, siendo ésto básico para poder inferir sobre el comportamiento de los genotipos estudiados a través de ambientes.

El comportamiento de los tratamientos a nivel de análisis combinado fue estadísticamente diferente indicando que al menos un genotipo tiene un comportamiento superior con relación al resto de los tratamientos a través de localidades.

Respecto a la interacción genotipo-ambiente, los análisis combinados, dieron como resultado significancia al uno por ciento, para días a floración femenina, altura de planta, rendimiento, mazorcas por planta y mazorcas podridas, lo que indica que expresaron un comportamiento diferente de una localidad a otra, siendo esto una de las razones de ensayar en varias localidades, para poder determinar como el ambiente tiene influencia sobre los genotipos estudiados o bien para saber en que grado estos

genotipos pueden amortiguar el efecto del medio ambiente (Córdoba, 1984) se puede decir que esto era lo que se esperaba, ya que se evaluaron genotipos con diferente constitución genética, razón por lo cual, su respuesta al ambiente tiende a ser diferente.

Cuadro 4.1. Análisis de varianza combinado en látice simple para cuatro variables de la evaluación de cruza simples en diferente grado de endogamia, en tres localidades, Guatemala 1990.

F.V.	gl	C U A D R A D O S		M E D I O S	
		Dias a flor	Altura mazorca cm	Rendto. ton/ha.	Mazorcas por planta
Locs	2	14463.94 **	24752.17 **	1097.16 **	5.110 **
Rep (loc)	3	60.86	2873.54	8.22	0.008
Tratam.	120	34.91 **	733.40 **	20.16 **	0.048 **
LocxTra	240	7.65 **	168.28 **	2.15 **	0.022 **
Bloques	60	7.65	421.80	2.14	0.019
Error	300	2.32	88.14	0.75	0.011

Efic. Rel. %		371.74	432.29	354.71	312.12
C. V. %		1.49	4.94	9.36	7.17
Media		62.47	116.82	5.61	0.8878

** = significativo al 1 % ns = No Significativo.
C.V.= Coeficiente de variación.

Los coeficiente de variación que se observan en los diferentes análisis, dan una seguridad de los resultados obtenidos, ya que en su mayoría son bastante bajos, dando confiabilidad para poder llegar hacer inferencias sobre el comportamiento de los genotipos ensayados.

Cuadro 4.2. Análisis de varianza combinado en látice simple en cinco variables para la evaluación de cruza simples en diferente grado de endogamia, en cuatro localidades Guatemala y México 1991.

F.V.	gl	C U A D R A D O S M E D I O S				
		Dias a flor	Altura mazorca cm	Rendto. ton/ha.	Mazorcas por planta	% Mazorcas podridas
Locs	3	2385.13**	23700.35**	1722.83**	6.34**	288.96**
Rep (loc)	4	53.94	1968.40	23.35	0.328	11.54
Tratam.	168	12.63**	337.50**	2.66**	0.033**	2.88**
LocxTra	504	2.16**	143.69**	1.15**	0.017**	1.36**
Bloques	96	4.77	286.10	2.79	0.032	2.20
Error	576	0.99	81.32	0.40	0.010	1.00

Efic. Rel.%		555.56	493.45	657.24	481.66	434.40
C. V. %		0.90	3.64	5.55	5.50	15.48
Media		57.99	130.00	6.065	0.936	10.29

** = significativo al 1 % ns = No Significativo.
C.V.= Coeficiente de variación.

Si observamos los coeficientes de variación individuales de los dos años de estudio, para la variable rendimiento puede notarse que éstos van desde un seis hasta un 26 por ciento, siendo la localidad de Jutiapa en 1990 (Cuadro 1.A.) la que mostró un coeficiente ligeramente alto, atribuyendose este incremento a la canícula que estuvieron sometidos los genotipos, siendo el rendimiento una de las variables, donde se puede reflejar cualquier estres que pueda sufrir una planta durante su desarrollo, mientras que los demás coeficientes son bajos y confiables para esta variable, para 1991, también se vuelven a repetir

estos coeficientes, repercutiendo lo anterior en los análisis combinado para 1990 y 1991, donde la variable rendimiento denotó coeficientes de variación de 9.36 y 5.5 por ciento respectivamente siendo esto importante para poder asumir que la variación en dichos experimentos fue bastante baja.

Al observar los resultados de la eficiencia relativa del diseño de látice, sobre bloques al azar, puede notarse que en todas las localidades el diseño de látice fue superior, a excepción de mazorcas por planta en la localidad de Cuyuta, que no mostró eficiencia relativa.

A nivel de los análisis combinados esta eficiencia se incrementa muy notablemente, indicando que por la cantidad de tratamientos que se evaluaron, fue bastante eficiente particionar en bloques incompletos las repeticiones, para poder tener una mayor homogeneidad dentro de repeticiones.

Análisis de Aptitud Combinatoria General y Específica

Después de haber observado los análisis combinados e individuales de donde se desprende la idea de que algunos genotipos fueron superiores a otros y con el propósito de conocer la naturaleza de la significancia de estas cruza, se procedió a practicar el análisis dialéctico de Griffing pero únicamente con las cruza evaluadas en el año de 1990

ya que por la estructura del experimento fue el único que permitió hacer dicho análisis por el método cuatro de Griffing, bajo un modelo fijo, para poder interpretar si la significancia que presentaron las cruzas se debe a efectos de ACG o de ACE.

Para ello fue necesario agrupar a las cruzas en un mismo nivel de endogamia, siguiendo los patrones heteróticos de 22-100 x 29-5 y 43-46 x 43-68, teniendo dos grupos para el primer patrón (cruzas en S₃ y S₆) y uno para el segundo patrón (cruzas en S₆) y bajo el supuesto que las cruzas en diferentes niveles de endogamia responden en diferente forma, infiriendo que la ACE estuviera contribuyendo en mayor proporción a la fuente de variación de cruzas que la ACG, por el grado de homocigosis que tiene estas líneas como progenitores de las cruzas evaluadas y en base a que las FHC de donde se derivaron las líneas fueron seleccionadas por tener tanto una buena ACG, como un buen comportamiento per se (Córdova, 1984).

A continuación se presentan los resultados producto del análisis de varianza individual, de las cruzas simples en S₃ (bajo la base de cruce de 22-100 x 29-5) para las cuatro variables en estudio (Cuadros 4.3. y 4.4.) respecto a días a flor femenina la fuente de variación para ACG, fue altamente significativa en dos localidades (La Máquina y San Jerónimo) y significativa en un (Jutiapa) mientras que

para la ACE fue significativo al uno por ciento para las localidades de San Jerónimo y La Máquina.

Cuadro 4.3. Análisis de varianza para ACG Y ACE por localidad para días a flor (1) y altura de mazorca (2) del dialelo de cruza simples formadas con líneas S₃ derivadas de FHC de 22-100 y 29-5, evaluados en tres localidades, de Guatemala, 1990.

F.V.	gl	Cuadrados Medios		
		La Máquina	San Jerónimo	Jutiapa
(1) Rep.	1	6.0508	6.0547	8.4453
Cruzas	9	5.7834**	6.2726**	10.6719**
ACG	4	7.4500**	6.7167**	16.6167*
ACE	5	4.4502**	5.9173**	5.9160 ^{NS}
Error	19	0.1602	1.1606	4.0061
C.V. %		2.05	1.58	3.21
(2) Rep.	1	5.0000	361.5000	320.0000
Cruzas	9	66.6667 ^{NS}	226.2500 ^{NS}	174.4444**
ACG	4	33.3333 ^{NS}	286.6666 ^{NS}	138.3333**
ACE	5	93.3333 ^{NS}	177.9167 ^{NS}	203.3333**
Error	19	52.2222	264.0478	28.3333
C.V. %		5.45	14.48	4.45

** = Significativo al 1 %, * = significativo al 5 %.
C.V. = coeficiente de variación.

Cuadro 4.4. Análisis de varianza para ACG Y ACE por localidad para rendimiento (1) y mazorcas por planta (2) del dialelo de cruza simples formadas con líneas S₉ derivadas de FHC de 22-100 y 29-5, evaluados en tres localidades de Guatemala, 1990.

F.V.	gl	Cuadrados Medios		
		La Máquina	San Jerónimo	Jutiapa
(1) Rep.	1	0.0510	1.6711	0.0005
Cruzas	9	2.8593**	4.1663**	3.7465**
ACG	4	2.5761**	2.0200**	7.8793**
ACE	5	3.0859**	5.8832**	0.4402 ^{NS}
Error	19	0.4531	0.3735	0.6607
C.V. %		10.51	7.67	18.0
(2) Rep.	1	0.0031	0.0001	0.0076
Cruzas	9	0.0019 ^{NS}	0.0028 ^{NS}	0.0898 ^{NS}
ACG	4	0.0018 ^{NS}	0.0027 ^{NS}	0.1758**
ACE	5	0.0021 ^{NS}	0.0030 ^{NS}	0.0210 ^{NS}
Error	19	0.0051	0.0030	0.0113
V.C. %		7.26	5.33	13.83

** = Significativo al 1%, NS = No Significativo.

C.V. = coeficiente de variación.

Para la variable altura de mazorca la mayoría de las fuentes de variación mostraron ser no significativas en todas las localidades a excepción de Jutiapa en la que los efectos de ACG y ACE fueron significativos al uno por ciento.

Respecto a la variable rendimiento, el efecto de ACG, mostró ser altamente significativo en las tres localidades, y para el efecto de ACE, fue altamente significativo en La Máquina y San Jerónimo.

El comportamiento para la variable mazorcas por planta se puede notar que solo para Jutiapa hay significancia al uno por ciento para la ACG.

Ante estos resultados se puede decir que las dos fuentes de variación, están contribuyendo en la significancia entre cruzas para las variables rendimiento y días a floración, pero si se observa los cuadrados medios de la ACG vs ACE, en lo que respecta a rendimiento, la mayor contribución lo está dando el cuadrado medio de ACE, en las dos localidades donde existió diferencias al uno por ciento para esta fuente de variación, entendiéndose este tipo de resultado que el fenotipo observado de las cruzas se debe en mayor parte a efectos de varianza no aditiva (dominancia y epistasis).

Para días a floración es a la inversa, ya que la mayor contribución del cuadrado medio de cruzas lo proporciona el cuadrado medio de ACG, dando lugar a que la mayor expresión del fenotipo de las cruzas respecto a días a floración se deba a efectos de varianza aditiva.

Los resultados que se observan en las variables en estudio se puede decir que son aceptables, ya que la mayoría de los coeficientes de variación, pueden considerarse bajos dando confiabilidad a los resultados obtenidos.

En cuanto al grupo de cruza formadas con líneas S6, derivadas de las FHC 22-100 y 29-5, siguiendo el mismo patrón de cruza, los resultados se presentan en los Cuadros 4.5. y 4.6. donde los análisis dialélicos denotan una variación respecto a las variables que fueron estudiadas; para días a floración femenina la fuente de variación de ACG y ACE obtuvieron diferencias altamente significativas, respecto a altura de planta la ACG no mostró significancia en la localidad de San Jerónimo mientras que la ACE denota significancia al uno por ciento para todas las localidades.

En la variable rendimiento tanto la ACG como la ACE mostraron ser altamente significativas en tres localidades, en mazorcas por planta se observa que la ACG tiene diferencias altamente significativas para las tres localidades, pero la ACE mostró ser significativa al cinco y uno por ciento en La Máquina y San Jerónimo.

Cuadro 4.5. Análisis de varianza para ACG Y ACE por localidad para días a flor (1) y altura de mazorca (2) del dialelo de cruza simples formadas con líneas S₆ derivadas de FHC de 22-100 y 29-5 evaluados en tres localidades, de Guatemala, 1990.

F.V.	Cuadrados Medios			
	gl	La Máquina	San Jerónimo	Jutiapa
(1) Rep.	1	7.5220	0.1337	65.5800
Cruzas	90	9.3880**	11.5040**	20.4050**
ACG	13	28.2137**	27.7497**	46.4060**
ACE	77	6.2095**	8.7613**	16.0159**
Error	90	1.1000	3.5480	4.9470
C.V. %		1.94	2.74	3.48
(2) Rep	1	133.7140	1674.1980	1162.6370
Cruzas	90	268.6250**	485.7390**	369.9130**
ACG	13	168.2665**	237.4522 ^{NS}	679.2074**
ACE	77	285.5699**	512.4626**	317.6940**
Error	90	43.4590	223.4760	101.1820
C.V. %		5.11	13.41	9.0

** = significativo al 1 %, NS = No Significativo.
C.V. = coeficiente de variación.

Cuadro 4.6. Análisis de varianza para ACG Y ACE por localidad para rendimiento (1) y mazorcas por planta (2) del dialelo de cruza simples formadas con líneas S₆ derivadas de FHC de 22-100 y 29-5 evaluados en tres localidades, de Guatemala 1990.

F.V.	Cuadrados Medios			
	gl	La Máquina	San Jerónimo	Jutiapa
(1) Rep.	1	19.2300	7.9330	7.2800
Cruzas	90	5.2400**	12.5740**	3.6870**
ACG	13	3.6800**	9.9103**	5.9369**
ACE	77	5.5000**	13.0245**	3.3086**
Error	90	0.7380	0.926	0.9220
C.V. %		16.97	12.48	26.14
(2) Rep.	1	0.0090	0.0350	0.0270
Cruzas	90	0.0180**	0.0100**	0.0380**
ACG	13	0.0456**	0.0213**	0.1167**
ACE	77	0.0133*	0.0080**	0.0253 ^{NS}
Error	90	0.0090	0.0030	0.0210
C.V. %		10.38	5.91	19.89

** = significativo al 1 %, * = significativo al 5 %.
C.V. = coeficiente de variación.

Al interpretar los cuadrados medios de cada fuente de variación respecto a rendimiento se puede decir que la mayor parte del cuadrado medio de cruza lo está dando el cuadrado medio de la ACE en dos de las tres localidades, por lo tanto inferirse que los efectos no aditivos son los

que en mayor forma están contribuyendo a la expresión fenotípica de las cruzas evaluadas.

Los resultados que mostraron las cruzas con progenitores en S6 por localidad que siguen el patrón heterótico 43-46 x 43-68 se presentan en los Cuadros 4.7. y 4.8. en los cuales se puede notar las fuentes de variación de ACG y ACE, sólo para días a floración en la localidad de Jutiapa existe significancia al uno por ciento para ACG, mientras que para ACE en La Máquina y Jutiapa fueron altamente significativas y significativo en San Jerónimo, notándose que los cuadrados medios de ACE son mayores que los de ACG en todas las localidades.

Respecto a rendimiento (Cuadro 4.8.) la ACG no presentó significancia, y la ACE denota significancia al uno por ciento en todas las localidades, mostrando sus cuadrados medios mayores que los de ACG, siendo importante este tipo de resultado por el nivel de heterosis que presentan las cruzas debido a los efectos no aditivos que en su mayor parte están contribuyendo en la expresión fenotípica.

Para altura de mazorca sólo en San Jerónimo la ACG mostró alta significancia, y la ACE en esta localidad fue significativa y en base a sus cuadrados medios la ACE es mayor en dos de tres localidades.

Cuadro 4.7. Análisis de varianza para ACG Y ACE por localidad para días a flor (1) y altura de mazorca (2) del dialelo de cruza simples formadas con líneas S₆ derivadas de FHC de 43-46 y 43-68 evaluadas en tres localidades, de Guatemala 1990.

F.V	Cuadrados Medios			
	gl	La Máquina	San Jerónimo	Jutiapa
(1) Rep.	1	2.1328	24.2969	20.8281
Cruzas	14	8.2762*	12.5614*	47.3192**
ACG	5	3.7333 ^{NS}	11.6333 ^{NS}	29.2833**
ACE	9	10.8000**	13.0769*	57.3391**
Error	14	2.5619	4.3716	3.4051
C.V. %		2.91	2.87	2.71
(2) Rep.	1	800.8125	5333.3438	403.3438
Cruzas	14	309.7611*	435.4754**	274.0469 ^{NS}
ACG	5	324.5833 ^{NS}	599.5834**	167.0833 ^{NS}
ACE	9	301.5266 ^{NS}	344.3044*	333.4711 ^{NS}
Error	14	120.4777	94.0469	131.9040
C.V. %		8.77	8.92	10.7

** = Signifitcativo al 1 % * = Significativo al 5 %.
C.V. = Coeficiente de variación.

Para mazorcas por planta, sólo en la localidad de Jutiapa presentó significancia al uno por ciento la ACE y por lo tanto sus cuadrados medios fueron mayores que los de ACG.

Cuadro 4.8. Análisis de varianza para ACG Y ACE por localidad para rendimiento (1) y mazorcas por planta (2) del dialelo de cruza simples formadas con líneas S₆ derivadas de FHC de 43-46 y 43-68 evaluadas en tres localidades, de Guatemala 1990.

F.V	Cuadrados Medios			
	gl	La Máquina	San Jerónimo	Jutiapa
(1) Rep.	1	2.4479	14.1022	12.9985
Cruzas	14	10.2156**	18.7868**	7.1887**
ACG	5	0.6206 ^{NS}	2.4951 ^{NS}	0.6381 ^{NS}
ACE	9	15.5461**	27.8377**	10.8283**
Error	14	0.6188	1.3519	1.2162
C.V. %		15.11	15.30	10.7
(2) Rep.	1	0.0046	0.0192	0.0006
Cruzas	14	0.0193 ^{NS}	0.0590 ^{NS}	0.1104*
ACG	5	0.0169 ^{NS}	0.0855 ^{NS}	0.0232 ^{NS}
ACE	9	0.0207 ^{NS}	0.0443 ^{NS}	0.1589**
Error	14	0.0102	0.0328	0.0306
C.V. %		11.02	17.18	25.69

** = Signifitcativo al 1 %

NS = No Significativo.

C.V. = Coeficiente de variación.

Haciendo un resumen a continuación se presentan los resultados, producto del análisis de varianza combinado por el método cuatro de Griffing, para las cruza en S₉ y S₆, derivadas de las FHC 22-100 y 29-5 así como los resultados del grupo de cruza en S₆, que provienen de las FHC 43-46 y 43-68.

El Cuadro 4.9. se muestra el análisis combinado del grupo de cruzas en S₃, donde lo más relevante con respecto al comportamiento de cada variable en estudio al ser evaluada, fue que altura de mazorca no mostró diferencias significativas para ACG, para las variables rendimiento, días a floración y mazorcas por planta, denotaron diferencias del uno por ciento para ACG.

Cuadro 4.9. Análisis de varianza combinado de tres localidades para ACG Y ACE para las variables, días a flor, altura de mazorca, rendimiento y mazorcas por planta del dialelo de cruza simples formadas con líneas S₃ derivadas de FHC de 22-100 y 29-5. Guatemala, 1990.

Fuente de Variación	gl	Cuadrados Medios			
		DIAS FLOR	ALT. MAZ.	RENDTO.	MAZC/PLTA
Locs	2	1237.717**	2105.417*	60.433**	0.372**
Rep(Loc)	3	8.100	228.75	0.575	0.004
Cruzas	9	15.622**	327.824*	6.904**	0.033**
ACG	4	27.711**	246.129 ^{NS}	7.769**	0.066**
ACE	5	5.957*	393.171*	6.212**	0.007 ^{NS}
LocsXcruzas	18	3.661 ^{NS}	69.769 ^{NS}	1.943**	0.031**
Error	27	2.137	114.861	0.496	0.006
C.V. %		2.40	8.83	11.19	8.69

** = significativo al 1 %, * = significativo al 5 %.

NS = No Significativo.

C.V.= Coeficiente de variación.

El comportamiento de la ACE fue altamente significativa para rendimiento y significativa para altura de mazorca y días a floración, la interacción de

localidades por cruzas sólo para rendimiento y mazorcas por planta fué altamente significativa.

Al interpretar los resultados del análisis combinado para las cruzas con progenitores en S₃ se puede inferir que para la variable rendimiento la contribución es igual tanto para la ACG como para la ACE en la fuente de variación de cruzas, así como para días a floración y mazorcas por planta los cuadrados medios de la ACG para estas variables, es mayor que el cuadrado medio de ACE, lo cual puede deberse al bajo número de cruzas que se evaluaron y por tal razón los grados de libertad son bajos influyendo esto en las significancias.

Ante estos resultados se puede decir que las dos fuentes de variación, están contribuyendo en la significancia significativa entre cruzas para las variables rendimiento y días a floración, pero sí se observan los cuadrados medios de la ACG vs ACE, en lo que respecta a rendimiento la mayor contribución lo está dando el cuadrado medio de ACG, en lo que respecta a las cruzas entre líneas en S₃ (Cuadro 4.14.).

En el Cuadro 4.10. se pueden observar los resultados del grupo de cruzas con progenitores en S₆ derivadas de las FHC 22-100 y 29-5 notándose que para ACG todas las variables mostraron diferencias al uno por ciento de igual forma, fue el comportamiento de ACE ya que todas

las variables fueron altamente significativas para esta fuente de variación y la interacción genotipo ambiente también denota diferencias altamente significativas.

Al observar los valores de los cuadrados medios de la ACE, estos fueron mayores para rendimiento y altura de mazorca, mientras que para días a floración y mazorcas por planta, la ACG fue mayor en la proporción de la fuente de variación de cruzas, indicando que las expresiones que se observaron en las cruzas de las variables evaluadas se deben tanto a varianza no aditiva como aditiva.

Cuadro 4.10. Análisis de varianza combinado para ACG y ACE, de tres localidades para las variables, días a flor, altura de mazorca, rendimiento y mazorcas por planta del dialelo de cruzas simples formadas con líneas S₆ derivadas de FHC de 22-100 y 29-5. Guatemala, 1990.

Fuente de Variación	gl	Cuadrados Medios			
		DIAS FLOR	ALT. MAZ.	RENDTO.	MAZC/PLTA
Locs	2	10163.580**	18209.690*	771.338**	3.461**
Rep(Loc)	3	25.037	990.183	9.788	0.024
Cruzas	90	25.255**	739.158**	15.615**	0.032**
ACG	13	78.325**	411.204**	14.853**	0.111**
ACE	77	16.296**	745.532**	15.744**	0.018**
LocsXcruzas	180	4.554**	192.559**	4.554**	0.017**
Error	270	3.222	122.705	0.855	0.011
C.V. %		2.88	9.44	16.94	12.01

** = significativo al 1 %
C.V.= Coeficiente de variación.

En cuanto a rendimiento se puede notar que los valores de los cuadrados medios se invirtieron en las cruzas con progenitores en S₆ con relación a las cruzas en S₃ a nivel de combinado, porque la fuente de variación de ACG fué mayor, mientras que en las cruzas con progenitores en S₆ la ACE es mayor el cuadrado medio, entendiéndose que los mayores efectos en estas cruzas se deben a efectos no aditivos.

La interacción con el ambiente que presentaron este grupo de cruzas, puede atribuirse a la gran cantidad de genotipos que se evaluaron siendo el comportamiento diferente de estos en los ambientes de evaluación dando lugar a poder identificar genotipos que muestren valores aceptables, para alguna de las variables en estudio y poder llegar a tomar decisiones sobre que genotipos seleccionar y a la vez le permite al fitomejorador determinar que materiales tienen estabilidad o inestabilidad en el rango de ambientes donde fueron ensayados. Oyervides (1979) dice que para desarrollar híbridos con alto rendimiento y que puedan ser relativamente estables para un determinado carácter es necesario evaluarlos en una serie de ambientes.

En el Cuadro 4.11. se describen los resultados del análisis combinado del grupo de cruzas con progenitores en S₆ derivadas de FHC 43-46 y 43-68 donde las variables días a floración y altura de mazorca la ACG mostró valores significativos al uno por ciento, mientras que la ACE

presentó valores altamente significativos para días a floración y rendimiento y significancia para altura de mazorca y mazorcas por planta.

Los resultados anteriores se relacionan con los cuadrados medios, donde los debido a la ACE son superiores en todas las variables, dando la pauta a pensar en la mayor proporción de la varianza que muestran las cruzas evaluadas se debe en mayor parte efectos no aditivos.

Cuadro 4.11. Análisis de varianza combinado para ACG y ACE de tres localidades, para las variables días a flor, altura de mazorca, rendimiento y mazorcas por planta del dialelo de cruzas simples formadas con líneas S₆ derivadas de FHC de 43-46 y 43-68. Guatemala 1990.

Fuente de	gl	Cuadrados Medios			
		DIAS FLOR	ALT. MAZ.	RENDTO.	MAZC/PLTA
Locs	2	2568.678**	2960.278 ^{NS}	179.043*	0.972**
Rep(Loc)	3	14.189	2179.167	9.845	0.009
Cruzas	14	44.183**	707.063**	32.591**	0.103**
ACG	5	18.564**	619.835**	1.328 ^{NS}	0.049 ^{NS}
ACE	9	58.419**	755.507*	49.961**	0.1336*
LocsXcruzas	28	13.094**	156.111 ^{NS}	1.799 ^{NS}	0.0330 ^{NS}
Error	42	3.594	115.476	1.062	0.021
C.V. %		2.90	9.45	19.93	16.15

** = significativo al 1 %, * significativo al 5 %.

^{NS} = No Significativo.

C.V.= Coeficiente de variación.

La interacción localidades por cruzas, demuestra que solo para días a floración, existió significancia al uno por ciento, indicando el comportamiento de las demás variables que éstas no interaccionaron con los ambientes, donde fueron evaluadas, teniendo en términos generales genotipos con amplia adaptación y estables.

Vasal et al., (1992) encontraron similar comportamiento de la interacción genotipo-ambiente, cuando evaluaron cruzas entre poblaciones adaptadas a los mismos ambientes, sugiriendo que el comportamiento poblacional en varios países ha contribuido a la amplia adaptación y estabilidad de dichos materiales tropicales. Resultados similares fueron reportados por Pandey et al., (1986 y 1987).

Lo anterior se puede afirmar con los bajos valores que tiene los coeficientes de variación que indican que se lograron hacer mínimos todos aquellos efectos no controlables haciendo que se maximice los resultados obtenidos.

Al tener en cuenta que los genotipos que se evaluaron en cada grupo todos, tienen un mismo nivel de endocría se puede esperar que la mayor frecuencia de los cuadrados medios de ACE, son los que estuvieran proporcionando la significancia de las cruzas, y que éstas no estuvieran variando en las localidades de estudio, pero

al observar la interacción genotipo-ambiente ésta fue altamente significativa.

Para rendimiento se puede inferir que el comportamiento de las cruzas fue diferente en cada localidad de evaluación y que siendo un grupo homogéneo y heterocigoto, estos genotipos puede decirse que su interacción con el ambiente fuera mínimo, pero también puede pensarse que esta variación a través de los ambientes evaluados puedan identificarse cruzas superiores específicas para cada localidad y genotipos que puedan utilizarse en mayor rango de adaptación.

Vasal et al., (1992) encontraron en un estudio de maíz con estas poblaciones, que la contribución relativa de la suma de cuadrados para ACG y ACE al suma de cuadrados total, reveló que la contribución de ACG al rendimiento de grano fue del 67 por ciento, en tanto que la ACE solo contribuyó en 33 por ciento.

En el presente estudio, la contribución de ACG y ACE fue del 50 por ciento, a la variación existente entre cruzas, en el caso de las cruzas con progenitores en S₉ (Cuadro 4.9.) y lo opuesto ocurrió con las cruzas con líneas en S₆, cuyos efectos de ACE contribuyen en aproximadamente 87 por ciento a la varianza de cruzas y solamente el 13 por ciento fue debido a ACG.

Lo anterior expuesto indica, que los efectos no aditivos son más importantes, a medida que avanza la endogamia de los progenitores involucrados, debido a que existen mayor número de loci en estado homocigotico. Crossa et al., (1990) reportaron resultados opuestos, con materiales de vigor completo y precosidad intermedia (Beck, 1990).

Para el caso del patrón heterótico 43-46x43-68, el análisis para cruzas entre líneas S₆, se puede observar las aportaciones de la variación debidas a ACG son mínimas y no significativas, considerandose que los efectos no aditivos, tienen una importancia trascendente en su contribución a la variación existente entre cruzas involucrando líneas de los progenitores mencionado (Cuadro 4.11.).

Con los resultados obtenidos puede inferirse que la diferencias estadísticas entre las cruzas evaluadas estas se pueden deber a contribuciones aditivas y no aditivas, pero al desglosar la fuente de variación de cruzas en ACG y ACE, en la mayoría de los análisis los cuadrados medios de ACE son los que en mayor proporción se encuentran en el cuadrado medio de cruzas, esto es básico para llegar a saber sobre la varianza que tiene las cruzas evaluadas las cuales se deben en mayor parte a efectos no aditivos, coincidiendo estos resultados con los de Dardon (1980).

De acuerdo con Sprague y Tatum (1942) quienes indican, que en genotipos seleccionados previamente por su ACG, la ACE es relativamente más importante que la ACG, lo cual explica los resultados obtenidos en esta investigación ya que las familias progenitoras de las líneas que formaron las cruzas fueron seleccionadas previamente por tener buenos efectos de ACG.

En base a todos los resultados obtenidos, en cuanto a la significancia de la fuente de variación de cruzas vs la interacción localidades por cruzas y, de acuerdo con LeClerg et al., (1968) indican que cuando el cuadrado medio de cruzas es mayor significativamente que la interacción localidades por cruzas, puede significar que el comportamiento de las cruzas fue consistente, es decir que algunos genotipos fueron superiores en todas las localidades, en este estudio para la variable rendimiento en el patrón de cruzas 22-100 x 29-5 tanto para las cruzas en S₉ y S₆ el cuadrado medio de cruzas es mayor que el cuadrado medio de interacción localidades por cruzas, dando a entender que en cada nivel de endogamia se pueden encontrar genotipos que fueron superiores en la mayoría de los ambientes evaluados.

Un comportamiento similar presentaron las cruzas con S₆ del patrón 43-46 x 43-68.

Estimación de Aptitud Combinatoria General (\hat{g}_i) y
Específica (\hat{S}_{ij})

Indudablemente uno de los objetivos de los fitomejoradores al derivar líneas de cualquier fuente germoplásmica es llegar a seleccionar líneas superiores por su ACG que al cruzarse con otro genotipo puedan expresar la mayor ACE y poder identificar los gametos o frecuencias génicas que permitan obtener híbridos con rendimientos mayores y llegar repetir este tipo de cruzamiento cuantas veces se desee.

Las estimaciones de ACG puede decirse que se lleva a cabo como un paso obligado para llegar a seleccionar genotipos que a criterio del mejorador de plantas puedan tener efectos de ACG favorables a los propósitos bajo los cuales se derivaron las líneas.

La estimación de los efectos de aptitud combinatoria general (\hat{g}_i) y específica (\hat{S}_{ij}) se llevó a cabo por localidad y combinado para los años de 1990 y 1991 solo para la variable rendimiento, ya que esta variable es de importancia para poder aumentar la productividad.

A continuación se presentan los resultados de las estimaciones de \hat{g}_i y \hat{S}_{ij} de acuerdo a su nivel de endogamia y el tipo de cruzas que se siguió desde el inicio de este

estudio, siendo las cruzas básicas las siguientes 22-100 x 29-5 y 43-46 x 43-68.

En el Cuadro 4.12. se pueden observar los valores de \hat{g}_i , para las FHC de 22-100, 29-5, 43-46 y 43-68 para el año 1991 ya que en 1990, no se pudieron evaluar estas familias, indicando también la ubicación de cada progenitor en base a su rendimiento, así como su efecto de \hat{g}_i donde se puede notar, que no guardan un orden lógico respecto a su ubicación en cada localidad, pero sí muy similares los resultados.

Cuadro 4.12. Comportamiento promedio por localidad y a través de localidades para la variable rendimiento (ton/ha) y estimación de \hat{g}_i para las FHC evaluadas en Guatemala y México 1991.

Progenitores ¹	L O C A L I D A D E S					COMBINADO
	Cuyuta	La Máquina	San Jerónimo	Ursulo Galván		
1)	6.1927(2)	2.6663(1)	7.8323(2)	5.4963(3)	5.5352(2)	
\hat{g}_1	0.2022	0.9199	0.1902	-0.1074	0.1946	
2)	5.7193(3)	2.1583(3)	7.4163(3)	5.6070(2)	5.2050(3)	
\hat{g}_2	-0.2712	-0.1947	-0.2858	0.0094	-0.1871	
3)	5.6020(4)	2.0467(4)	7.3927(4)	5.3603(4)	5.0841(4)	
\hat{g}_3	-0.9885	-0.9069	-0.9095	-0.2494	-0.9119	
4)	6.4480(1)	2.5407(2)	8.1673(1)	5.9510(1)	5.7545(1)	
\hat{g}_4	0.4575	0.1877	0.4652	0.9474	0.9644	

1 = Los números de las cruzas se refieren a las siguientes FHC: 1) 22-100, 2) 29-5; 3) 43-46 y 4) 43-68. La media de los progenitores se refiere al promedio de la cruza en que intervinieron.

() = El número dentro del paréntesis indica el orden de magnitud.

Donde la FHC de mayor rendimiento fue la 43-68 manteniendo este rendimiento en tres de las cuatro localidades, mostrando un efecto de \hat{g}_i positivo de 0.3644 y rendimiento de 5.7545 ton/ha nivel de combinado teniendo su máxima expresión a nivel individual en San Jerónimo con rendimiento de 8.1673 ton/ha, mientras que la FHC 22-100 ocupó el segundo lugar con un efecto de \hat{g}_{ide} 0.1346 y rendimiento de 5.5352 ton/ha para las familias 29-5 y 43-46 presentaron valores de \hat{g}_i negativos en el orden de -0.1871 y -0.3119 con rendimientos de 5.205 y 5.0841 ton/ha respectivamente teniendo en cuenta que los rendimientos son promedios de las cruzas en la cual intervino la familia, coincidiendo estos resultados con los obtenidos por Córdova (1984).

Los efectos de ACG que se obtuvieron de las estimaciones de las líneas en S_3 derivadas de las FHC 22-100 y 29-5 se observan en los Cuadros 4.18. y 4.19. para los años 1990 y 1991 notándose que las tres líneas que se derivaron de la FHC 22-100 (Cuadro 4.18.) presentaron valores de \hat{g}_i negativos siendo la línea 503 (GB - 37) la que mostró el mayor valor negativo de -0.9058 siguiendo las líneas 502 (GB - 35) y 501 (GB - 33) con efectos de \hat{g}_i de -0.2596 y -0.1184 respectivamente. Las líneas derivadas de la FHC 29-5 mostraron valores positivos siendo la mejor cruce 505 (GB - 41) con un valor de \hat{g}_i de 0.6524.

Resultados de la investigación conducida por Vasal et al., (1992) demuestran que los valores de \hat{g}_i para rendimiento, mostraron valores positivos y significativos para las poblaciones 21, 22 y 43, mientras que las poblaciones 25 y 29 sus valores fueron negativos, mostrando mucha similitud con los obtenidos en el presente trabajo.

Cuadro 4.13. Comportamiento promedio por localidad y a través de localidades para la variable rendimiento (ton/ha) y estimación de \hat{g}_i de líneas S₃ derivadas de FHC 22-100 y 29-5 evaluadas en Guatemala 1990.

proge nitores ¹	ACG	L O C A L I D A D E S			
		La Máquina	San Jerónimo	Jutiapa	COMBINADO
501 ²		6.1212(3)	7.3823(5)	5.1006(2)	6.2014(3)
\hat{g}_1		-0.379	-0.7809	0.8046	-0.1184
502 ²		5.9850(5)	7.9650(3)	4.3366(4)	6.0955(4)
\hat{g}_2		-0.5607	-0.004	-0.2141	-0.2596
503 ²		6.0450(4)	7.7200(4)	3.0680(5)	5.6110(5)
\hat{g}_3		-0.4807	-0.9911	-1.9056	-0.9058
504 ³		7.0125(1)	8.4221(1)	4.8567(3)	6.7638(2)
\hat{g}_4		0.8093	0.6055	0.4794	0.6314
505 ³		6.8638(2)	8.3509(2)	5.1239(1)	6.7795(1)
\hat{g}_5		0.611	0.5105	0.8956	0.6524

1 = La media de los progenitores se refiere al promedio de las cruzas en la cual intervinieron. 2 = Líneas derivadas de 22-100. 3 = Líneas derivadas de 29-5.
() = El número dentro del paréntesis indica el orden de magnitud.

Cuadro 4.14. Comportamiento promedio por localidad y a través de localidades para la variable rendimiento (ton/ha) y estimación de g_i de líneas S₃ derivadas de FHC 22-100 y 29-5 evaluadas en cuatro localidades de Guatemala y México 1991.

Progenitores ¹	L O C A L I D A D E S					COMBINADO
	ACG Cuyuta	La Máquina	San Jerónimo	Ursulo Galván		
501 ²	6.7558(3)	3.6112(1)	7.9375(5)	5.7530(2)	6.0144(2)	
\hat{g}_1	0.0534	0.6697	-0.1923	0.1914	0.1806	
502 ²	6.8590(2)	3.1795(2)	7.9100(7)	5.7060(3)	5.9136(3)	
\hat{g}_2	0.1566	0.2379	-0.1598	0.0844	0.0798	
503 ²	6.5195(6)	2.4735(6)	7.9320(6)	5.6133(4)	5.6346(6)	
\hat{g}_3	-0.1829	-0.4681	-0.1998	-0.0083	-0.1998	
504 ³	6.6824(4)	3.1596(3)	7.9540(4)	5.5130(6)	5.8272(4)	
\hat{g}_4	-0.0200	0.2180	-0.1158	-0.1086	-0.0066	
505 ³	7.0280(1)	3.1290(4)	8.3610(1)	5.9228(1)	6.1102(1)	
\hat{g}_5	0.9362	0.1874	0.2912	0.9012	0.2790	
506 ⁴	6.5803(5)	2.3547(7)	8.1383(3)	5.3117(7)	5.5962(7)	
\hat{g}_6	-0.1221	-0.5869	0.0685	-0.9099	-0.2376	
507 ⁴	6.4918(7)	2.6833(5)	8.2555(2)	5.5317(5)	5.7406(5)	
\hat{g}_7	-0.2106	-0.2583	0.1857	-0.0899	-0.0933	

1 = La media de los progenitores se refiere al promedio de las cruces en la cual intervinieron.

2 = Líneas derivadas de 22-100.

3 = Líneas derivadas de 29-5.

4 = Líneas derivadas de 43-46

() = El número dentro del paréntesis indica el orden de magnitud.

Aunque en 1991 cuando se evaluaron las líneas en S₃ derivadas de las FHC 22-100 y 29-5 también se incluyeron las líneas 43-462-3-2 y 43-681-1-3, presentaron valores

positivos y negativos para la \hat{g}_i (Cuadro 4.14.) estos resultados variaron un poco con relación a los del año 1990 lo cual puede deberse a que incluyeron las líneas de la familia 43-46 y también al efecto de ambientes a través de años.

Pero se puede observar valores de \hat{g}_i aceptables como es el caso de las líneas 505 y 501 que obtuvieron valores de \hat{g}_i de 0.2790 y 0.1806 con rendimientos de 6.1102 y 6.0144 ton/ha, estos resultados dan una idea del comportamiento de las líneas a nivel de años y a través de ellos presentando valores diferentes pero notándose que existe entre ellas variabilidad genética para poder identificar genotipos superiores esto por sus valores positivos y negativos de \hat{g}_i que presentan los genotipos.

Los resultados de las estimaciones de \hat{g}_i que se muestran en los Cuadros 4.15. y 4.16. pertenecen al grupo de progenitores del nivel de endogamia de S_6 derivadas de FHC 22-100 y 29-5 para la variable rendimiento, resultados que se refieren al promedio de las cruzas en la cual intervino cada progenitor evaluados en cada localidad y a nivel de combinado para los años 1990 y 1991.

En este grupo se observa un comportamiento desordenado que guardan los progenitores, tanto para la variable rendimiento como para la estimación de \hat{g}_i en cada localidad y del combinado para los dos años de evaluación,

un resultado importante, es que en el año de 1990 (Cuadro 4.15.) tres progenitores mostraron efectos positivos de \hat{g}_i en todas las localidades y por supuesto en el combinado, como es el caso de la línea 518 (derivada de 29-5), que ocupó el primer lugar tanto para rendimiento como para su efecto de \hat{g}_i , mientras que el progenitor 516 (derivada de 22-100), mostró el menor rendimiento y también el menor efecto de \hat{g}_i (negativo).

Sin embargo, en 1991 (Cuadro 4.16.) estos progenitores ya que no guardan el mismo orden siendo la mejor línea fué la 509 (derivada de 22-100) en dos de cuatro localidades y también a nivel de combinado tanto para rendimiento como para su estimación de \hat{g}_i . El comportamiento en general de este grupo de progenitores, para este ciclo fue muy variable ya que presentaron unas líneas efectos de \hat{g}_i positivos en tres de cuatro localidades, otras sólo presentaron efectos de \hat{g}_i favorables en dos localidades, únicamente la línea 520 (derivada de 29-5) presentó efectos negativos de \hat{g}_i en todas las localidades, ocupando el penúltimo lugar en el combinado.

Un aspecto importante para hacer inferencia, es que los resultados de \hat{g}_i para las líneas en S_3 y S_6 , derivadas de las familias 22-100 y 29-5, varían en los dos ciclos de evaluación.

Cuadro 4.15. Comportamiento promedio por localidad y combinado para la variable rendimiento (ton/ha) y estimación de g_i de líneas S_0 evaluadas en tres localidades de Guatemala 1990.

proge nitores ¹	ACG	L O C A L I D A D E S			COMBINADO
		La Máquina	San Jerónimo	Jutiapa	
508 ²	^	5.9138(2)	6.6976(14)	3.6780(7)	5.4298(10)
	g508	0.5007	-1.0936	-0.0014	-0.1981
509 ²	^	5.5388(6)	7.4317(10)	3.6449(9)	5.5385(8)
	g509	0.1023	-0.2985	-0.0956	-0.0799
510 ²	^	5.7050(5)	7.8579(4)	4.0284(4)	5.8638(4)
	g510	0.2741	0.1632	0.9798	0.2724
511 ²	^	5.1319(11)	7.6473(8)	3.6547(8)	5.4780(9)
	g511	-0.3468	-0.9186	-0.0250	-0.2901
512 ²	^	5.1308(12)	7.7803(6)	4.0524(3)	5.6545(5)
	g512	-0.3480	0.3189	0.4289	0.1333
513 ²	^	5.5315(7)	7.2248(12)	3.2302(12)	5.3288(12)
	g513	0.0947	0.0708	-0.2741	-0.0362
514 ²	^	5.0135(14)	7.6763(7)	3.3139(11)	5.3346(11)
	g514	-0.4751	-0.5227	-0.5516	-0.5165
515 ²	^	5.1335(10)	7.3827(11)	2.8894(14)	5.1352(13)
	g515	-0.3451	-0.3572	-0.9166	-0.5996
516 ²	^	4.9642(13)	7.0275(13)	3.0387(13)	5.0101(14)
	g516	-0.5026	-0.7969	-0.6056	-0.6148
517 ³	^	5.8735(3)	7.5165(9)	3.5027(10)	5.6309(6)
	g517	0.4566	-0.2066	-0.1239	0.0420
518 ³	^	6.0498(1)	9.0875(2)	4.7176(1)	6.6183(1)
	g518	0.6476	1.1985	0.9119	0.8991
520 ³	^	5.4027(8)	8.3418(3)	4.1786(2)	5.9744(3)
	g520	-0.0594	0.6875	0.5426	0.3922
521 ³	^	5.1695(9)	7.7985(5)	3.8516(5)	5.6065(7)
	g521	-0.3061	0.1191	0.1882	-0.0016
522 ³	^	5.7146(4)	9.2428(1)	3.7612(6)	6.2395(2)
	g522	0.3011	1.0413	0.0890	0.4751

1= La media de los progenitores se refiere al promedio de las cruzas en que intervinieron.

2= Líneas derivadas de 22-100.

3= Líneas derivadas de 29-5.

() = El número entre paréntesis indica el orden de magnitud de los progenitores.

Cuadro 4.16. Comportamiento promedio por localidad y combinado para la variable rendimiento (ton/ha) y estimación de g_i de líneas S6 evaluadas en cuatro localidades de Guatemala y México 1991.

Progenitores ¹	ACG	L O C A L I D A D E S				COMBINADO
		Cuyuta	La Máquina	San Jerónimo	Ursulo Galván	
508 ²	7.042(2)	3.396(5)	8.808(3)	5.720(10)	6.241(4)	
g8	0.2442	0.2176	0.2154	-0.1829	0.1236	
509 ²	7.174(1)	3.522(4)	9.155(1)	5.853(8)	6.426(1)	
g9	0.3516	0.3433	0.5625	-0.0500	0.3018	
510 ²	6.950(6)	3.294(7)	8.479(7)	5.698(11)	6.105(7)	
g10	0.1272	0.1149	0.2154	-0.2050	0.0631	
511 ²	6.870(8)	3.946(1)	8.434(8)	6.450(1)	6.425(2)	
g11	0.0477	0.7717	-0.1579	0.5461	0.3019	
512 ²	6.745(11)	3.623(2)	8.568(5)	6.293(2)	6.307(3)	
g12	-0.0775	0.4444	-0.0247	0.3899	0.1830	
513 ²	5.719(14)	3.596(3)	5.027(14)	5.293(14)	5.528(14)	
g13	-1.1031	0.4175	-1.0897	-0.6101	-0.5964	
514 ²	6.978(5)	2.549(13)	8.578(4)	6.104(3)	6.053(8)	
g14	0.1573	-0.6302	-0.0140	0.2010	-0.0715	
515 ²	7.013(4)	2.407(14)	8.510(6)	6.038(5)	5.992(9)	
g15	0.1906	-0.7721	-0.0821	0.1343	-0.1323	
516 ²	6.836(9)	2.593(12)	8.369(9)	5.887(7)	5.921(11)	
g16	0.0138	-0.5861	-0.2231	0.0117	-0.1959	
517 ³	6.820(10)	2.783(11)	8.268(11)	5.954(6)	5.956(10)	
g17	0.0599	-0.3955	-0.3248	0.0507	-0.1524	
518 ³	6.883(7)	3.382(6)	8.300(10)	6.068(4)	6.158(6)	
g18	0.0602	0.2033	-0.2921	0.1641	0.0339	
520 ³	6.501(13)	2.977(10)	7.712(13)	5.411(13)	5.650(13)	
g20	-0.3217	-0.2707	-0.8807	-0.4926	-0.4914	
521 ³	6.501(12)	3.179(8)	8.235(12)	5.678(12)	5.898(12)	
g21	-0.3212	-0.0001	-0.3575	-0.2251	-0.2260	
522 ³	7.030(3)	2.983(9)	9.034(2)	5.766(9)	6.203(5)	
g22	0.2081	-0.1961	0.4413	-0.1376	0.0789	

1 = La media de los progenitores se refiere al promedio de las cruzas en que intervinieron.

2 = Líneas derivadas de 22-100.

3 = Líneas derivadas de 22-100.

() = El número entre paréntesis indica el orden de magnitud de los progenitores.

Pero esta variación no se observa entre las líneas de diferente nivel de endogamia, dentro de un mismo ciclo de evaluación, con relación a la fijación del efecto de aptitud combinatoria, ya que si observamos por separado cada estudio se puede notar la transmisión de la ACG de los progenitores a su descendencia, así para 1990 la estimación de \hat{g}_i para las líneas en S_3 derivadas de la familia 22-100 las tres muestran efectos negativos de \hat{g}_i (501, 502 y 503) con valores de -0.1184, -0.2596 y -0.9058 con rendimientos de 6.2014, 6.0955 y 5.611 ton/ha. Ahora bien de la línea 501 se derivaron las líneas 508, 509 y 510 las cuales presentan dos de las tres líneas valores negativos de \hat{g}_i (Cuadro 4.15.) con magnitudes de -0.1981, -0.0733 y 0.2724 ton/ha; así también la línea 502 que denotó efectos de \hat{g}_i negativo se derivaron las líneas 511, 512 y 513 en S_6 mostrando estas líneas efectos de \hat{g}_i de -0.2301, 0.1333 y -0.0362 ton/ha, notándose esta misma tendencia en las líneas derivadas de la familia 29-5, donde la línea 504 mostró efecto de \hat{g}_i positivo de 0.6314 a nivel de combinado con rendimiento de 6.7638 ton/ha, sirviendo de base esta línea para derivar las líneas 517, 518 y 520 en S_6 también presentan valores de \hat{g}_i positivos en el orden de 0.0420, 0.8991 y 0.3922 ton/ha respectivamente.

Para el patrón de cruce 43-46 x 43-68 las líneas en S_6 (Cuadros 4.17. y 4.18.) en cada ciclo de evaluación tienen un comportamiento diferente siendo similar al otro patrón heterótico haciendo saber que por la poca cantidad

de genotipos que se incluyeron en 1990 (solo líneas en S₆) y en 1991 se incluyeron las líneas en S₃ (solo dos líneas) las inferencias que se hagan respecto a la transmisión de la aptitud combinatoria puede ser sesgada.

Cuadro 4.17. Comportamiento promedio por localidad y combinado para la variable rendimiento (ton/ha) y estimación de \hat{g}_i de líneas S₆ evaluadas en tres localidades, Guatemala 1990.

proge nitores ¹	L O C A L I D A D E S				
	ACG	La Máquina	San Jerónimo	Jutiapa	COMBINADO
523 ²	\hat{g}_{23}	5.102(4)	7.2977(4)	2.6331(3)	5.0109(5)
		-0.1912	-0.9748	-0.9900	-0.2017
524 ²	\hat{g}_{24}	4.972(5)	7.1791(5)	3.0694(1)	5.0735(4)
		-0.2998	-0.5900	0.4464	-0.1258
525 ²	\hat{g}_{25}	5.414(2)	8.1476(1)	2.9027(2)	5.4881(1)
		0.2588	0.6876	0.2990	0.3948
526 ³	\hat{g}_{26}	5.316(3)	7.1876(6)	2.4680(6)	4.9905(6)
		0.1962	-0.5124	-0.9054	-0.2272
527 ³	\hat{g}_{27}	4.967(6)	8.1049(2)	2.5860(5)	5.2193(3)
		-0.3000	0.6942	-0.1578	0.0588
528 ³	\hat{g}_{28}	5.471(1)	7.6681(3)	2.6146(4)	5.2512(2)
		0.3900	0.0889	-0.1221	0.0987

1 = La media de los progenitores se refiere al promedio de las cruzas en que intervinieron.

2 = Líneas derivadas de 43-46

3 = Líneas derivadas de 43-68

() = El número dentro del paréntesis se refiere al orden de magnitud.

Lo importante indicar es el comportamiento de las líneas en base a las estimaciones de \hat{g}_i , donde la línea 525 derivada de la 43-462-3-2 obtuvo el mejor efecto de \hat{g}_i en los dos años de estudio con valores de 0.3948 y 0.2474 con rendimientos de 5.4881 y 6.3681 ton/ha a nivel de combinado para 1990 y 1991 respectivamente, siguiendo en orden de importancia las líneas 528 y 526 con efectos de \hat{g}_i de

0.0987, -0.0913, -0.2272 y 0.2314 con rendimientos de 5.2512, 6.0185, 4.9905 y 6.3627 ton/ha respectivamente.

Cuadro 4.18. Comportamiento promedio por localidad y combinado para la variable rendimiento (ton/ha) y estimación de g_i de líneas S_6 evaluadas en cuatro localidades, Guatemala y México 1991.

Progenitores ACG	L O C A L I D A D E S					COMBINADO
	Cuyuta	La Maquina	San Jerónimo	Ursulo Galván		
523 ²	6.6169(6)	3.3500(2)	8.9646(3)	6.0338(3)	6.2415(4)	
\hat{g}_{23}	-0.2055	0.0977	0.9722	0.1904	0.0987	
524 ²	6.6335(5)	3.2999(4)	8.7140(5)	5.9917(4)	6.1598(5)	
\hat{g}_{24}	-0.1889	0.1211	0.1216	0.0883	0.0955	
525 ²	7.088(1)	3.4773(1)	9.0798(1)	5.8271(5)	6.3681(1)	
\hat{g}_{25}	0.2656	0.9131	0.4879	-0.0763	0.2474	
526 ³	6.9972(2)	3.1918(5)	9.0525(2)	6.2092(1)	6.3627(2)	
\hat{g}_{26}	0.1748	-0.0149	0.4601	0.9058	0.2914	
527 ³	6.8839(4)	3.4037(3)	8.8990(4)	6.1732(2)	6.3152(3)	
\hat{g}_{27}	0.0615	0.0956	0.9066	0.2698	0.1894	
528 ³	6.9945(3)	2.8972(6)	8.5611(6)	5.6212(6)	6.0185(6)	
\hat{g}_{28}	0.1721	-0.2298	-0.0919	-0.2822	-0.0913	

1= La media de los progenitores se refiere al promedio de las cruzas en que intervinieron.

2= Líneas derivadas de 43-46

3= Líneas derivadas de 43-68

() = El número dentro del paréntesis se refiere al orden de magnitud.

Estos resultados coinciden con los de Richey (1945) quien concluyó que el valor combinatorio de un grupo de familias fue constante desde la S_1 hasta S_8 , de igual forma

De León (1987) encontró efectos de ACG en FHC de maíz, así como en líneas S₂ derivadas de estas familias, concluyendo que la habilidad combinatoria se heredaba a sus descendientes.

Uno de los mayores éxitos de los mejoradores de plantas es poder encontrar nuevas combinaciones genéticas que reflejen incrementos en la producción siendo ésto un poco laborioso y en maíz llegar a encontrar dichas combinaciones implica llevar a niveles parciales o altos de homocigosis a genotipos que previamente han sido seleccionados por su capacidad combinatoria y que al cruzarse con genotipos específicos se puedan identificar gametos que coincidan favorablemente generando así nuevas variedades híbridas.

Siguiendo el patrón de cruce de 22-100 x 29-5 y 43-46 x 43-68 y sabiendo de antemano que estas familias fueron previamente mejoradas para que capitalizaran en mejor forma los efectos aditivos (Córdova, 1984); en el Cuadro 4.19. se presentan los resultados de la estimación de ACE de las FHC para 1991, en donde las cruces de familias siguiendo los patrones antes descritos no fueron los mejores y expresan efectos de \hat{S}_{ij} negativos dando la idea que no tienen efectos específicos de cruce estas familias, los cuales no se pueden repetir exactamente como se estudiaron en 1977 (Velásquez, 1978) y la formación de las cruces en 1990, no permitió repetirlos en forma exacta.

por el proceso de la deriva genética que pudo haber ocurrido por los 20 incrementos sucesivos que tuvieron estas familias.

Cuadro 4.19. Medias de rendimiento (ton/ha) y efectos de ACE (\hat{S}_{ij}) de cruzas simples formadas con familias de hermanos completos por localidad y a través de localidades evaluados en Guatemala y México, 1991.

Cruzas Simples ¹	L O C A L I D A D E S					COMBINADO
	ACE Cuyuta	La Máquina	San Jerónimo	Ursulo Galván		
1 x 2	5.328(5)	2.153(4)	6.982(6)	5.193(5)	4.9140(5)	
$\hat{S}_{1 \times 2}$	-0.5995	-0.9186	-0.5645	-0.9067	-0.4994	
1 x 3	6.650(2)	2.819(2)	7.650(3)	5.514(3)	5.6582(2)	
$\hat{S}_{1 \times 3}$	0.8458	0.4590	0.1272	0.2612	0.4257	
1 x 4	6.600(3)	3.027(1)	8.865(1)	5.782(2)	6.0685(2)	
$\hat{S}_{1 \times 4}$	-0.0502	0.1790	0.5675	-0.0617	0.1595	
2 x 3	4.621(6)	1.524(6)	7.079(5)	5.062(6)	4.5715(6)	
$\hat{S}_{2 \times 3}$	-0.7098	-0.9280	-0.0278	-0.9017	-0.9454	
2 x 4	7.209(1)	2.798(3)	8.188(2)	6.566(1)	6.1902(1)	
$\hat{S}_{2 \times 4}$	1.0322	0.4520	0.9065	0.6116	0.5971	
3 x 4	5.535(4)	1.797(5)	7.449(4)	5.505(4)	5.0715(4)	
$\hat{S}_{3 \times 4}$	-0.5420	-0.4974	-0.4088	-0.2027	-0.3910	

¹ = Los número de las cruzas se refieren a las siguientes FHC 1= 22-100, 2= 29-5, 3= 43-46 y 4 = 43-68.

Haciéndose necesario hacer más cruzas a nivel familiar para poder encontrar cruzas positivas aunque se puede apreciar que tienen rendimientos aceptables donde la cruz 1 x 2 (22-100 x 29-5) denota valores de \hat{S}_{ij} de

-0.4458 y rendimiento de 4.914 ton/ha y la otra cruza 3 x 4 (43-46 x 43-68) mostró valores de -0.3977 y 5.0715 ton/ha, pero la mejor cruza fue la 2 x 4 con valor de ACE de 0.6026 y rendimiento de 6.1902 ton/ha.

La otra cruza de volver a investigar debiera de ser la 2 x 3, ya que por rendimiento bajo de 4.5715 y efecto de \hat{S}_{ij} de -0.3454 ton/ha, en combinaciones futuras siguiendo estos patrones heteróticos puede llegar a disminuir los incrementos de rendimientos que se esperan que puedan dar estas combinaciones híbridas.

El grupo de cruzas formadas con líneas S_3 derivadas de las FHC 22-100 y 29-5 se pueden observar en el Cuadro 4.20, notándose que existen diferentes respuestas por localidad y combinado para las cruzas que conforman este grupo, resaltando el resultado de la cruza 501x505 (GB-33xGB-41) que obtuvo el rendimiento mayor y el mayor efecto de \hat{S}_{ij} en las tres localidades de 1990 y también en el combinado, siguiendo en el orden la cruza 502x504 (GB-35xGB-39).

El comportamiento para 1991 (Cuadro 4.21.) fue diferente ya que se invirtió un poco siendo la mejor cruza la 502x504 en cuanto a rendimiento y a \hat{S}_{ij} ocupando el segundo lugar la cruza 501x505; un hecho importante de mencionar es que la cruza 502x505 (GB-35xGB-41) es la cruza más estable ya que ocupó el tercer lugar durante los dos

años de evaluación respecto al orden de los resultados del combinado.

Cuadro 4.20. Medias de rendimiento (ton/ha) y efectos de y ACE (\hat{S}_{ij}) de cruzas simples formadas con líneas S_3 derivadas de 22-100 y 29-5, por localidad y a través de localidades, Guatemala 1990.

Cruzas Simples ¹	ACE	LOCALIDADES			COMBINADO
		La Máquina	San Jerónimo	Jutiapa	
501x504		6.4700(5)	8.5185(6)	5.8986(2)	6.9624(4)
\hat{S}_{1x4}	-0.3658	0.7259	0.1174	0.2904	
501x505		7.9000(1)	8.8451(4)	6.5762(1)	7.7738(1)
\hat{S}_{1x5}	1.2625	1.1474	0.4988	1.0861	
502x504		7.7100(2)	8.9258(3)	4.7353(4)	7.1237(2)
\hat{S}_{2x4}	1.0558	0.9562	-0.0272	0.5576	
502x505		6.2600(6)	9.2554(2)	5.4796(3)	6.9983(3)
\hat{S}_{2x5}	-0.1958	0.7809	0.9609	0.4165	
503x504		7.6550(3)	9.7431(1)	3.3026(5)	6.9002(5)
\hat{S}_{3x4}	0.9208	1.5007	0.2917	0.8186	
503x505		7.0800(4)	8.8019(5)	2.9494(6)	6.2771(6)
\hat{S}_{3x5}	0.5442	0.6545	-0.4778	0.1798	

¹ = Los número de las cruzas se refiere a las siguientes líneas 501, 502 y 503 derivadas de 22-100; 504 y 505 derivadas de 29-5.

() = El número dentro del paréntesis se refiere al orden de magnitud.

Al observar los resultados de las estimaciones de \hat{S}_{ij} (Cuadros 4.20. y 4.21.), para la variable rendimiento del mismo patrón heterótico, se puede notar el cambio que existe, en las medias de rendimiento y sus efectos ACE, se

han podido encontrar cruzas específicas con rendimientos muy superiores a la crusa de la familia, tan es así, que para 1990 (Cuadro 4.20.), las dos mejores cruzas muestran valores de \hat{S}_{ij} positivos de la siguiente magnitud 0.9496 y 0.4616 y rendimientos de 7.7738 y 7.1237 ton/ha respectivamente siendo estas cruzas 501 x 505 (GB - 33 x GB - 41) y 502 x 504 (GB - 35 x GB - 39).

En 1991 estas mismas cruzas fueron las mejores, solo que en orden invertido ya que el primer lugar fue 502 x 504 seguida de 501 x 505 con valores \hat{S}_{ij} positivos de 0.6477 y 0.0999 con medias de rendimiento a nivel combinado de 6.5548 y 6.3933 ton/ha respectivamente.

Vasal et al., (1992a y 1992b) han reportado estimaciones de ACE (\hat{S}_{ij}) positivas y significativas, para cruzas entre poblaciones como 22x32 y 32x29, encontrando valores más bajos cuando involucraron la población 43. Pero las líneas derivadas de FHC de la población 29, tuvieron un comportamiento aceptable, en combinaciones con cuatro probadores cristalinos y dentados.

Con los resultados obtenidos queda claro, la ventaja de poder llevar los híbridos no convencionales a convencionales, porque al observar los resultados de las cruzas en S_3 éstas presentan valores en rango de 6.2771 a 7.7738 ton/ha para 1990 y de 5.3203 a 6.5548 mientras que la crusa de familias mostró un rendimiento de 4.9140

Cuadro 4.21. Medias de rendimiento (ton/ha) y efectos de ACE (\hat{S}_{ij}) de cruzas simples formadas con líneas S₃ derivadas de familias de hermanos completos de 22-100 y 29-5 por localidad y a través de localidades Guatemala y México, 1991.

Cruzas ¹ Simples	L O C A L I D A D E S					COMBINADO
	ACE Cuyuta	La Máquina	San Jerónimo	Ursulo Galván		
501x504	6.5890(5)	3.8250(2)	6.5300(7)	5.7940(5)	5.6845(5)	
\hat{S}_{1x4}	-0.1468	-0.0049	-1.2917	0.1496	-0.9299	
501x505	6.7170(4)	3.8560(1)	8.0480(3)	6.9520(1)	6.3933(2)	
\hat{S}_{1x5}	-0.9750	0.0579	-0.1807	0.8978	0.0999	
502x504	7.1530(1)	3.5390(3)	9.3850(1)	6.1420(2)	6.5548(1)	
\hat{S}_{2x4}	0.9140	0.1415	1.5908	0.5446	0.6477	
502x505	6.9500(2)	3.5290(4)	8.1350(3)	5.7590(6)	6.0933(3)	
\hat{S}_{2x5}	-0.2452	0.1621	-0.0662	-0.2482	-0.0994	
503x504	6.7200(3)	3.0620(6)	7.9680(5)	5.5850(7)	5.8338(4)	
\hat{S}_{3x4}	0.2205	0.3705	0.1538	0.0809	0.2069	
503x505	6.4700(6)	3.1600(5)	7.2990(6)	5.8120(4)	5.6800(6)	
\hat{S}_{3x5}	-0.3857	0.4991	-0.6995	-0.1025	-0.1722	
506x507	5.2710(7)	1.8350(7)	8.2000(2)	5.9750(3)	5.3203(7)	
\hat{S}_{6x7}	-1.1201	-0.9369	-0.0898	0.0759	-0.9664	

¹ = Los número de las cruzas se refiere a las siguientes líneas 501= GB-33, 502= GB-35, 503= GB-37, derivadas de 22-100; 504= GB-39 y 505= GB-41 derivadas de 29-5; 506= 43-462-3-2 y 507= 43-681-1-3 derivadas de 43-46 y 43-68.

() = El número dentro del paréntesis se refiere al orden de magnitud.

ton/ha, lo cual es un indicador de lo redituable de haber invertido tiempo y capital, al derivar líneas de las FHC heteróticas, lo que puede repercutir en el incremento de

producción por unidad de área.

Márquez (1988), dice que cuando se consideran varias plantas S_0 , que para este caso fueron las FHC, como punto de partida para la obtención de otras tantas líneas, las diferencias que existan entre ellas en cada generación, se deberán al número de pares de loci en repulsión que cada una tenga.

Uno de los propósitos de este estudio, es encontrar nuevos cruces híbridos específicos, formados con líneas S_0 que puedan tener nuevas frecuencias génicas, donde a través de la homocigosis, es posible encontrarlas, para lo cual se procedió a estimar los efectos \hat{S}_{ij} , para el grupo de cruces simples formadas con líneas en S_0 , que fueron derivadas de las líneas S_0 , (que provienen de las FHC 22-100 y 29-5), estos resultados. estan resumidos en el Cuadro 4.22 para la variable rendimiento.

Para los efectos de \hat{S}_{ij} del año 1990, (Cuadro 4.22.) del total de cruces entre líneas de diferente progenitor, se puede dar importancia a un grupo de 15 cruces, que presentan rendimientos aceptables y efectos de \hat{S}_{ij} positivos, tanto a nivel individual como en el combinado (Cuadros 3.A., 4.A. y 4.22.), denotándose el progreso de los genotipos producto de la endogamia, ya que por medio de las autofecundaciones se pueden eliminar genes indeseables o deletereos que se encuentran enmascarados y

que contribuyen a que cierto carácter se manifieste.

Cuadro 4.22. Medias de rendimiento (ton/ha) y efectos de ACE (\hat{S}_{ij}) de las mejores cruzas simples formadas con líneas S_0 derivadas de FHC 22-100 y 29-5, por localidad y a través de localidades, Guatemala y México 1990-91.

Cruzas ¹ Simples	ACE	Combinado 1990	Cruzas simples	ACE	Combinado 1991
509x517	$\hat{S}_{0 \times 17}$	7.5863(6) 2.0095	509x521	$\hat{S}_{0 \times 21}$	6.1320(15) -0.0681
509x518	$\hat{S}_{0 \times 18}$	7.9070(2) 1.4791	509x522	$\hat{S}_{0 \times 22}$	6.4540(3) -0.0510
509x520	$\hat{S}_{0 \times 20}$	7.0043(15) 1.0774	510x518	$\hat{S}_{10 \times 18}$	6.5640(2) 0.2067
509x521	$\hat{S}_{0 \times 21}$	7.8890(3) 2.3558	511x518	$\hat{S}_{11 \times 18}$	6.3655(5) -0.0945
509x522	$\hat{S}_{0 \times 22}$	7.3020(11) 1.2920	511x520	$\hat{S}_{11 \times 20}$	6.1265(12) 0.1918
510x518	$\hat{S}_{10 \times 18}$	7.7827(4) 0.9991	511x521	$\hat{S}_{11 \times 21}$	6.2625(9) -0.1164
510x520	$\hat{S}_{10 \times 20}$	7.7793(5) 1.5027	511x522	$\hat{S}_{11 \times 22}$	6.1930(13) -0.2590
510x522	$\hat{S}_{10 \times 22}$	7.5810(7) 1.2214	512x517	$\hat{S}_{12 \times 17}$	6.2683(8) -0.0490
511x518	$\hat{S}_{11 \times 18}$	7.5707(8) 1.2896	512x518	$\hat{S}_{12 \times 18}$	6.8913(1) 0.5501
511x522	$\hat{S}_{11 \times 22}$	7.1147(13) 1.3686	512x522	$\hat{S}_{12 \times 22}$	6.3075(7) -0.0787
512x518	$\hat{S}_{12 \times 18}$	8.1273(1) 1.4828	514x518	$\hat{S}_{14 \times 18}$	6.2055(11) 0.1198
513x522	$\hat{S}_{13 \times 22}$	7.3137(10) 1.2626	514x522	$\hat{S}_{14 \times 22}$	6.4198(4) 0.2880
514x518	$\hat{S}_{14 \times 18}$	7.5567(9) 1.5619	515x518	$\hat{S}_{15 \times 18}$	6.2313(9) 0.2055
515x518	$\hat{S}_{15 \times 18}$	7.0057(14) 1.0341	516x518	$\hat{S}_{16 \times 18}$	6.3230(6) 0.3681
516x522	$\hat{S}_{16 \times 22}$	7.2233(12) 1.7510	516x522	$\hat{S}_{16 \times 22}$	6.0988(14) 0.0988
514x522	$\hat{S}_{14 \times 22}$	6.8293(22) 1.2586	508x517	$\hat{S}_{8 \times 17}$	5.8978(22) -0.9840
514x520	$\hat{S}_{14 \times 20}$	6.8240(23) 1.9962	509x518	$\hat{S}_{9 \times 18}$	5.8843(23) -0.0404

Cuadro 4.27.....Continuación.

515x517		5.3283(44)	513x521		5.1125(43)
	$\hat{S}_{15 \times 17}$	0.2139		$\hat{S}_{13 \times 21}$	-0.1894
513x518		5.1280(45)	513x520		2.3428(44)
	$\hat{S}_{13 \times 18}$	-1.9470		$\hat{S}_{13 \times 20}$	-2.6997

i = Los números de las cruzas se refiere a los progenitores: líneas de 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515 y 516 derivadas de 22-100; 517, 518, 520, 521 y 522 derivadas de 29-5.

() = El número dentro del paréntesis se refiere al orden de magnitud.

Entonces bajos estos supuestos puede esperarse que al llevar a niveles altos de endocría puede servir solo para identificar genes que se encuentran enmascarados que en generaciones intermedias éstos no se manifiestan y que pueden estar influyendo sobre el rendimiento, así como la fiel repetibilidad de los híbridos convencionales.

Bajo ésta inferencia se puede decir que las mejores cruzas mostraron valores altos de \hat{S}_{ij} fueron las cruzas 512 x 518, 509 x 518 y 509 x 521 con valores de ACE de 1.4828, 1.4731 y 2.3858 con rendimientos de 8.1273, 7.9073 y 7.8890 ton/ha respectivamente en 1990.

Para 1991 las mejores cruzas fueron la 512 x 518, 510 x 518 y 509 x 522 con efectos de ACE de 0.5501, 0.2067 y -0.0510 y rendimientos de 6.8913, 6.5640 y 6.4540 ton/ha respectivamente, que al comprar estos rendimientos con el rendimiento de la craza familiar que fué de 4.9140 ton/ha, se nota una diferencia grande, como para sustituir el híbrido no convencional por el convencional.

Haciendo un resumen de los resultados de los dos años de estudio para este grupo de cruzas, puede decirse, que las mejores de cada ciclo, únicamente 11 cruzas (55 por ciento), coinciden tanto en rendimiento como por su efecto de \hat{S}_{ij} , un ejemplo de esto es la craza 512x518, que ocupó el primer lugar en los dos años de estudio, tanto para rendimiento como para \hat{S}_{ij} , entendiéndose que esta craza muestra la mayor estabilidad, respecto al resto del material genético, otras cruzas que mostraron ubicaciones similares en los dos ciclos de evaluación, éstas fueron: 510x518, 511x522, 514x518 y 516x522, con valores similares en cada ciclo, con respecto a rendimiento.

Un punto de importancia, es que la craza con progenitores en S_9 , que ocupó el segundo y primer lugar en 1990 y 1991 respectivamente fué la craza 502 x 504, cruzandose líneas hasta S_6 con dichos progenitores, identificando líneas como la 511, 512 y 513 (derivada de 502) y 517, 518 y 520 (derivada de 504) de las cuales se formó la craza 512 x 518, la que obtuvo el mayor rendimiento en los dos años de estudio con progenitores en S_6 , demostrando esta craza tanto en S_9 como en S_6 tener la mejor homeostasis del grupo de cruzas ya que presentan buena adaptabilidad y rendimientos aceptables en los ambientes de estudio, lo que Allard y Bradshaw (1964) lo llaman buenos amortiguadores del efecto ambiental.

Con relación a qué tipos de progenitores son los que puedan derivar las mejores cruzas específicas, existen muchas opiniones y algunos autores indican que una cruza tendrá valores altos de ACE, si las líneas progenitoras tienen valores altos de ACG (Baker, 1978; Coutiño, 1982 y García, 1987).

En este estudio para 1990 las mejores cruzas específicas en S_3 sus progenitores presentaron valores positivos y negativos, pero en las seis mejores cruzas en S_6 , tres tienen progenitores con valores de ACG positivos y dos con valores negativos y positivos y una cruza con valores negativos; mientras que en 1991, la cruza de familia tiene progenitores con efectos de \hat{g}_i positivo y negativo, las mejores cruzas en S_3 , sus progenitores denotan valores de ACG positivos en dos cruzas y una cruza efectos de \hat{g}_i negativo y positivo, al apreciar las cruzas en S_6 de las seis mejores cruzas, cuatro muestran progenitores con ACG positivas y dos cruzas con valores negativos y positivos.

Lo anterior expuesto coincide con lo que encontró Morfin (1987) que las mejores combinaciones específicas para rendimiento fueron formadas con progenitores que mostraron tanto altos como bajos efectos de ACG.

Cuadro 4.23. Medias de rendimiento (ton/ha) y efectos de ACE (Sij) de cruzas simples formadas con líneas S₆ derivadas de FHC 43-46 y 43-68, por localidad y a través de localidades. Guatemala 1990.

Cruzas Simples ¹	ACE	L O C A L I D A D E S			
		La Máquina	San Jerónimo	Jutiapa	COMBINADO
523x526		7.255(3)	9.6291(5)	4.7054(3)	7.1965(4)
$\hat{S}_{23 \times 26}$	2.043		2.9188	2.3976	2.4534
523x527		7.325(2)	10.4495(4)	4.2930(6)	7.3558(2)
$\hat{S}_{23 \times 27}$	2.5492		2.5930	1.8976	2.9264
523x528		6.375(8)	8.8584(8)	2.9848(8)	6.0727(9)
$\hat{S}_{23 \times 28}$	0.9692		1.5479	0.4096	0.9792
524x526		6.600(7)	9.4050(7)	3.0957(7)	6.3669(8)
$\hat{S}_{24 \times 26}$	1.5505		2.8430	0.2424	1.5452
524x527		6.055(9)	10.6680(3)	5.0178(1)	7.2469(3)
$\hat{S}_{24 \times 27}$	1.4418		2.9592	2.0170	2.1392
524x528		7.825(1)	8.3374(9)	4.7194(2)	6.9606(6)
$\hat{S}_{24 \times 28}$	2.5818		1.1746	1.6828	1.8129
525x526		6.950(5)	9.6062(6)	4.5384(5)	7.0315(5)
$\hat{S}_{25 \times 26}$	1.348		1.8995	1.6828	1.6919
525x527		6.800(6)	11.0215(2)	2.7645(9)	6.8620(7)
$\hat{S}_{25 \times 27}$	1.6942		2.1021	-0.0279	1.2959
525x528		7.085(4)	11.0494(1)	4.6042(4)	7.5795(1)
$\hat{S}_{25 \times 28}$	1.2892		2.6760	1.7760	1.9196

¹ = Los número de las cruzas se refiere a los progenitores siguientes: 523, 524 y 525 derivadas de 43-46₂₋₉₋₂ y 526, 527 y 528 derivadas de 43-68₁₋₁₋₃.

() = El número dentro del paréntesis se refiere al orden de magnitud.

Cuadro 4.24. Medias de rendimiento (ton/ha) y efectos de ACE (S_{ij}) de cruzas simples formadas con líneas S₆ derivadas de FHC 43-46 y 43 68 por localidad y a través de localidades, Guatemala y México, 1991.

Cruzas ACE Simples ¹	L O C A L I D A D E S					COMBINADO
	Cuyuta	La Máquina	San Jerónimo	Ursulo Galván		
523x526	6.360(5)	3.344(5)	8.923(4)	6.103(2)	6.1825(4)	
\hat{S}_{23x26}	-0.4317	0.0824	0.4184	-0.2366	-0.3160	
523x527	6.614(4)	3.362(4)	9.422(3)	5.737(4)	6.2838(3)	
\hat{S}_{23x27}	-0.0644	-0.0101	0.1508	-0.5666	-0.1672	
523x528	6.002(7)	2.486(9)	7.714(8)	5.339(6)	5.3853(9)	
\hat{S}_{23x28}	-0.7870	-0.5667	-1.2193	-0.4126	-0.7690	
524x526	5.959(8)	3.182(6)	7.697(9)	6.456(1)	5.8235(6)	
\hat{S}_{24x26}	-0.8493	-0.1030	-1.4771	0.1585	-0.5933	
524x527	5.123(9)	3.616(2)	8.163(6)	5.786(3)	5.6720(8)	
\hat{S}_{24x27}	-1.5720	0.2205	-0.8576	-0.4755	-0.6979	
524x528	6.349(6)	3.391(3)	8.289(5)	5.576(5)	5.9013(5)	
\hat{S}_{24x28}	-0.4566	0.3149	-0.3967	-0.1935	-0.0541	
525x526	7.528(1)	2.837(8)	9.968(1)	5.115(8)	6.3620(2)	
\hat{S}_{25x26}	0.2652	-0.6400	0.4282	-1.0179	-0.2691	
525x527	7.267(2)	3.852(1)	9.721(2)	5.156(7)	6.4990(1)	
\hat{S}_{25x27}	0.1175	0.2645	0.3947	-0.9409	-0.0786	
525x528	7.085(3)	2.986(7)	8.077(7)	4.967(9)	5.7788(7)	
\hat{S}_{25x28}	-0.1751	-0.2821	-0.9715	-0.5779	-0.5021	

1 = Los número de las cruzas se refiere a los progenitores siguientes: 523, 524 y 525 derivadas de 43-462-3-2 y 526, 527 y 528 derivadas de 43-681-1-3.

() = El número dentro del paréntesis se refiere al orden de magnitud.

Los resultados del patrón heterótico 43-46x43-68, se presentan en los Cuadros 4.23. y 4.24. para los dos años de estudio, notándose que para 1990, a nivel combinado las cruzas presentan valores de \hat{S}_{ij} positivos, donde las mejores cruzas fueron 525x528, 523x527 y 524x527 con efectos de ACE de 1.9136, 2.3264 y 2.1392 y rendimientos de 7.5795, 7.3558 y 7.2469 ton/ha respectivamente.

Para 1991 los efectos de ACE todos son negativos pero con rendimientos aceptables notándose que las mejores cruzas fueron 525x527, 525x526 y 523x527 con \hat{S}_{ij} de -0.0786, -0.2631 y - 0.1672 y rendimientos de 6.499, 6.362 y 6.2838 ton/ha respectivamente.

La mejor crusa que presentó la mayor adaptabilidad y rendimiento en los dos años fue la 523 x 527. con rendimientos de 7.3558 y 6.2838 ton/ha para cada año de evaluación , notandose una clara diferencia en rendimiento respecto a la crusa de familias que mostró un rendimiento de 5.8817 ton/ha.

Comparaciones Ortogonales

Uno de los supuestos, que el fitomejorador se plantea, es cuanta homocigosis es necesaria, para estabilizar fenotípicamente las características que se observan: al respecto Márquez (1988), indica que escepto para rendimiento, no hubo cambios significativos despues de

la generación S₄. Este mismo autor indica que en México, las líneas de los híbridos de uso generalmente son S₂ a S₄; una vez seleccionadas, su mantenimiento es por cruzas fraternales, pero a la vez pregunta que si el grado de homocigosis influye sobre el rendimiento de los híbridos.

Y con el fin de respaldar los resultados obtenidos de las cruzas específicas y poder probar la eficiencia del método convencional de hibridación, se realizaron contrastes ortogonales para comparar las cruzas de familias vs cruzas en S₃, cruzas de familias vs S₆, y cruzas en S₃ vs S₆ en los dos patrones heteróticos.

Para la realización de los contrastes, se agruparon todos los resultados de cada nivel de endogamia y posteriormente se promediaron, haciendo las siguientes comparaciones: FHC vs S₃, FHC vs S₆ y S₃ vs S₆, distribuyendo el efecto del contraste (C_{ki}) de las cruzas de la siguiente manera: FHC (+1) cuando se comparó con S₃ (-1), FHC (+) con S₆ (-1) y S₃ (+1) cuando se comparó con S₆ (-1). Las siguientes comparaciones, se hicieron para determinar si existía algún cambio, al llevar a los genotipos de un nivel de endogamia a otro.

En los Cuadro 4.25. y 4.26. se muestran los resultados de los contrastes del patrón heterótico 43-46 x 43-68 se puede notar que cuando se comparó las cruzas de FHC vs S₃ y FHC vs S₆ no existen significancias al uno y

cinco por ciento a nivel individual encontrándose significancias a otros niveles en el orden de 40 a 25 por ciento. A nivel combinado se pueden observar diferencias altamente significativas en los contrastes FHC vs S₆ y S₃ vs S₆ para 1990 (Cuadro 4.25.).

Cuadro 4.25. Contrastes para diferentes niveles de endogamia para la variable rendimiento siguiendo el patrón heterótico 43-46x43-68 evaluados en tres localidades, Guatemala 1990.

Locs	C O N T R A S T E S						
		S ₃				S ₆	
	Ef	Fc	Prob	Ef	Fc	Prob	
1) FHC	-0.52	1.30	0.37	-0.73	2.49	0.26	
S ₃				+0.20	0.46	0.19	
2) FHC	-0.43	2.01	0.29	-0.41	1.85	0.31	
S ₃				+0.001	0.30	NS	
3) FHC	+0.33	1.11	0.40	-0.42	1.84	0.31	
S ₃				-0.75	5.81	0.14	
4) FHC	-0.19	0.79	NS	-0.66	9.34	0.01	
S ₃				-0.46	4.69	0.05	

Media ton/ha	1)	2)	3)	4)			
FHC	2.6171	6.0950	8.9329	5.8817			
S ₃	3.6665	6.9550	8.2734	6.2983			
S ₆	4.0704	6.9189	9.7806	6.9233			

Locs = Localidades, 1) = Jutiapa, 2) La Máquina, 3) San Jerónimo y 4) = Combinado

FHC = cruza de familias de hermanos completos.

S₃ = cruza simple con líneas en S₃ y S₆ cruza simple en S₆.

Ef = efectos de las comparaciones (C_{ki}), Fc = F calculada

Prob = Nivel de probabilidad.

Cuadro 4.26. Contrastes para diferentes niveles de endogamia para la variable rendimiento siguiendo el patrón heterótico 43-46x43-68 evaluados en tres localidades, Guatemala y México 1991.

Locs	C O N T R A S T E S							
	Ef	S ₃	Fc	Prob	Ef	S ₆	Fc	Prob
1) FHC	+0.048	0.03		NS	-0.452	2.94		0.23
S ₃					-0.50	3.59		0.20
2) FHC	-0.378	0.88		NS	-0.816	4.12		0.18
S ₃					-0.438	1.19		0.39
3) FHC	-0.118	0.16		NS	+0.43	2.11		0.28
S ₃					-0.311	1.10		0.40
4) FHC	-0.631	17.30	0.05		-0.240	2.51		0.25
S ₃					+0.391	6.64		0.12
5) FHC	-0.270	3.10	0.10		-0.485	10.00		0.06
S ₃					-0.215	1.96		0.18

Media ton/ha	1)	2)	3)	4)	5)
FHC	5.5806	1.8646	7.7642	5.0751	5.0711
S ₃	5.4850	2.6210	8.0011	6.3372	5.6111
S ₆	6.4855	3.4975	8.6237	5.5554	6.0405

Locs = Localidades, 1) = Cuyuta, 2) La Máquina, 3) San Jerónimo, 4) = Ursulo Galván y 5) = Combinado.

FHC = cruzas de familias de hermanos completos.

S₃ = cruzas simples con líneas en S₃ y S₆ cruzas simples en S₆.

Ef = efectos de las comparaciones (C_{ki}), Fc = F calculada
 Prob = Nivel de probabilidad.

Esta misma tendencia, se observa para el año 1991, cuando se hicieron los mismos contraste con relación al año de 1990 (Cuadro 4.26.) siendo positivo el efecto para las cruzas de familias de hermanos completos, en las localidades de Cuyuta y San Jerónimo, notándose también que los efectos fueron favorable para las cruzas con progenitores en S₆. A nivel de combinado la comparación de

los efectos son positivos para las cruzas en S₆ y S₃, cuando se compararon con las cruzas FHC siendo el nivel de significancia muy alto cuando se compararon las cruzas de FHC vs S₃ y FHC vs S₆, para el contraste de S₃ vs S₆ la comparación favoreció para las cruzas con progenitores en S₆ lo cual era lógico esperar este tipo de resultados.

En general no existió diferencias significativas al uno y cinco por ciento al haber realizado los contrastes, pero a otro nivel de significancia si existe, cuando se comparó las cruzas de FHC vs S₃ y FHC vs S₆ del orden de 10 y 6 por ciento y del 18 por ciento cuando se comparó las cruzas en S₃ vs S₆ respectivamente en forma combinada.

Para el patrón 22-100 x 29-5 los contrastes tienen un comportamiento similar que el patrón 43-46 x 43-68 donde hubo significancia al uno por ciento en los dos ciclos de evaluación cuando se comparó las cruzas FHC vrs S₃ y S₆ apreciándose también que no hay significancia entre el contraste S₃ vs S₆ (Cuadro 4.27).

Los niveles de significancia que presentan cada contraste a nivel individual son muy bajos, mientras que a nivel de combinado estas significancias son muy altos (α 0.01, 0.05, 0.1 y 0.06) tomándose como aceptables, ya que lo que interesaba notar si había algún cambio por llevar a diferentes grados de endocría y estos resultados nos demuestran que, si hay efectos positivos al llevar de un

nivel a otros de endogamia.

Cuadro 4.27. Contrastes para diferentes niveles de endogamia para la variable rendimiento siguiendo el patrón heterótico 22-100x29-5 evaluados en tres localidades, Guatemala 1990.

Locs	C O N T R A S T E S						
		S ₃			S ₆		
	Ef	Fc	Prob	Ef	Fc	Prob	
1) FHC	-1.594	20.89	0.04	-1.445	17.18	0.05	
S ₃				+0.14	0.35	0.18	
2) FHC	-0.745	6.10	0.13	-0.389	1.67	0.32	
S ₃				+0.356	1.39	0.36	
3) FHC	-0.578	5.47	0.14	-0.867	12.33	0.07	
S ₃				-0.289	1.37	0.36	
4) FHC	-0.972	19.42	0.01	-0.901	16.66	0.01	
S ₃				+0.071	1.10	NS	

Media ton/ha	1)	2)	3)	4)			
FHC	1.6300	5.6700	7.8600	5.0533			
S ₃	4.8200	7.1600	9.0200	7.0000			
S ₆	4.5300	6.4500	9.5900	6.8567			

Locs = Localidades, 1) = Jutiapa, 2) La Máquina, 3) San Jerónimo y 4) = Combinado

FHC = cruzas de familias de hermanos completos.

S₃ = cruzas simples con líneas en S₃ y S₆ cruzas simples en S₆.

Ef = efectos de las comparaciones (C_{ki}), Fc = F calculada
 Prob= Nivel de probabilidad.

Con estos resultados, se viene a confirmar, que los cambios que se han tenido, en el proceso de endogamia, al poder tener cruzas convencionales superiores a los no convencionales, al uno por ciento de significancia. Pero no se observa un cambio notable de pasar las cruzas con progenitores en S₃ a cruzas en S₆.

Cuadro 4.28. Contrastes para diferentes niveles de endogamia para la variable rendimiento siguiendo el patrón heterótico 22-100x29-5 evaluados en tres localidades, Guatemala y México 1991.

Locs	C O N T R A S T E S					
	Ef	S ₃	Fc	Prob	S ₆	Prob
1) FHC S ₃	-0.710	6.49	0.12	-0.693	6.20	0.13
				+0.016	0.00	NS
2) FHC S ₃	-0.942	4.56	0.17	-0.666	2.28	0.27
				+0.276	0.39	NS
3) FHC S ₃	-0.536	3.84	0.19	-0.536	3.84	0.19
				0.000	0.00	NS
4) FHC S ₃	-0.200	0.94	NS	-0.009	0.00	NS
				+0.209	1.03	0.42
5) FHC S ₃	-0.597	16.24	0.01	-0.471	10.13	0.01
				+0.125	0.72	NS

Media ton/ha	1)	2)	3)	4)	5)
FHC	5.3700	1.6900	6.8900	5.7600	4.9275
S ₃	6.7900	3.5700	7.9600	6.1800	6.1250
S ₆	6.7600	3.0200	7.9600	5.7800	5.8800

Locs = Localidades, 1) = Cuyuta, 2) La Máquina, 3) San Jerónimo, 4) = Ursulo Galván y 5) = Combinado.
 FHC = cruzas de familias de hermanos completos.
 S₃ = cruzas simples con líneas en S₃ y S₆ cruzas simples en S₆.
 Ef = efectos de las comparaciones (Cki), Fc = F calculada
 Prob= Nivel de probabilidad.

Con estos resultados puede inferirse que hay un claro incremento de rendimiento de pasar el híbrido no convencional a convencional, siendo estos cambios notables. producto de haber encontrado nuevas combinaciones genéticas. con relación de llevar las líneas de S₃ a S₆ los incrementos son mínimos indicando que al parecer en este estudio las líneas en S₃ adquirieron su individualidad y

tal vez la fijación de la frecuencia génica ya que no se observan cambios aceptables en las cruzas en S₆. Lo anterior coincide con lo que indican Allard (1980), Jugenheimer (1984) y Márquez (1988) y otros; que las líneas adquieren su individualidad muy temprano en el proceso de endocria y que permanecen estables de ahí en adelante.

Por ciento de Heterosis

Con el propósito de poder llegar a identificar que cruzas simples con progenitores en S₃ y S₆, fueron superiores a las cruzas de familias siguiendo el mismo patrón heterótico, se estimó el por ciento de heterosis de las cruzas simples en líneas en S₃ y S₆ para los dos años de evaluación tomando como base del rendimiento de las cruzas de familias de hermanos completos, ya que estas fueron seleccionadas en 1976, en ensayos de progenie por tener buena ACG y buen comportamiento per-se (Córdova, 1984).

En el Cuadro 4.29. se muestran los por cientos de heterosis de las cruzas simples formadas con líneas en S₃, bajo el patrón de 22-100 x 29-5, para los dos años de evaluación, notándose que las cruzas de líneas en S₃, denotan valores mayores en cuanto a la heterosis respecto a la craza de familias siendo las mejores para 1990: 501x505, 502x504 y 502x505 teniendo valores de heterosis de 130, 141 y 138 por ciento respectivamente. Para 1991 estas mismas

cruzas obtuvieron valores de heterosis de 130, 133 y 124 por ciento, estos incrementos pueden tomarse como aceptables por ser cruzas simples que sus parentales vienen de diferentes poblaciones.

Cuadro 4.29. Medias de rendimiento (ton/ha) y por ciento de heterosis para las cruzas simples de líneas en S₃ derivadas de FHC 22-100 y 29-5 evaluadas en tres y cuatro localidades en 1990 y 1991 en Guatemala y México.

Cruzas ¹ Simples	1990		1991	
	Rendimiento ton/ha.	% Heterosis con relación FHC	Rendimiento ton/ha.	% heterosis con relación FHC
501 x 504	6.9624	140	5.6845	115
501 x 505	7.7738	154	6.3933	130
502 x 504	7.1237	141	6.5548	124
502 x 505	6.9983	138	6.0933	133
503 x 504	6.9002	137	5.6853	118
503 x 505	6.2771	124	5.3203	115
22-100 x 29-5 (FHC)	5.0533	100	4.9275	100

¹ = Los números de las cruzas pertenecen a líneas en S₃ siendo éstas las siguientes 501 (GB-33), 502 (GB-35) y 503 (GB-37) derivadas de la FHC 22-100 y, 504 (GB-49) y 505 (GB-41) derivadas de la FHC 29-5.

Para las cruzas en S₆ (Cuadro 4.30.) estos cambios se hacen más notables ya que las mejores cruzas fueron 512x518, 509x518, 509x521 y 510x518 con por cientos de heterosis de 161, 156, 155 y 155. Para 1991 las mejores cruzas fueron la 512x518, 510x518, 509x522 y 514x522 que mostraron heterosis de 140, 133, 131 y 130 por ciento.

Cuadro 4.30 Medias de rendimiento (ton/ha) y por ciento de heterosis para las mejores cruzas simples de líneas en S₆ derivadas de FHC 22-100 y 29-5 evaluadas a través de localidades en 1990 y 1991 en Guatemala y México.

Cruzas ¹ Simples	1990		1991	
	Rendimiento ton/ha.	% Heterosis con relación FHC	Rendimiento ton/ha.	% heterosis con relación FHC
509 x 517	7.5863	150	5.9803	121
509 x 518	7.9070	156	5.5863	113
509 x 520	7.0043	138	5.8843	119
509 x 521	7.8890	156	6.1320	124
509 x 522	7.3020	144	6.4540	131
510 x 518	7.7827	154	6.5640	133
510 x 520	7.7793	154	5.6203	114
510 x 522	7.5810	150	5.7878	117
511 x 517	6.5147	129	6.0505	123
511 x 518	7.5707	150	6.3655	129
511 x 520	6.9657	138	6.1265	124
511 x 521	6.4603	128	6.2625	127
511 x 522	7.1147	141	6.1930	126
512 x 518	8.1273	161	6.8913	140
512 x 520	6.4930	128	6.0880	124
512 x 521	6.5063	129	6.0505	123
512 x 522	6.9480	137	6.3075	128
513 x 522	7.3137	145	5.8563	119
514 x 518	7.5567	150	6.2055	126
514 x 522	6.8293	135	6.4198	130
515 x 518	7.0057	139	6.2313	126
516 x 522	7.2233	143	6.0988	124
508 x 521	5.4290	107	5.5933	114
513 x 520	6.6927	132	2.3428	48
22-100 x 29-5 (FHC)	5.0533	100	4.9275	100

¹ = Los números de las cruzas se refieren a las cruzas en S₆ derivadas de FHC de 508 a 516 derivadas de 22-100 y de 517 a 522 líneas derivadas de 29-5.

La heterosis que mostraron las cruzas de líneas en S₆ siguiendo el patrón de cruzas de 22-100 x 29-5 tienen un comportamiento similar a las cruzas en S₉ teniendo valores de heterosis altos respecto a la crusa de FHC, lo cual era de esperar este tipo de resultados, por la concentración de homocigosis que tienen las líneas, que al cruzarse éstas

manifestaron mayor incremento en cuanto a rendimiento por la cantidad de loci en estado heterocigoto, que es una de las bases para que se pueda dar la heterosis.

Un hecho importante de hacer notar, es que las mejores cruzas en S₆, obtuvieron por cientos de heterosis mayores que las cruzas en S₃ en los dos ciclos de estudio, también es importante denotar que la craza en S₃ 502x504 mostró la mejor adaptabilidad, y por consiguiente la mejor heterosis en los dos años de evaluación, dando origen a los progenitores que formaron la craza en S₆, 512x518), la que obtuvo el mejor rendimiento y por lógica la mayor heterosis en los dos años de estudio, con valores de 161 y 140 por ciento.

Siendo esto satisfactorio ya que es el resultado que se esperaba por haber encontrado nuevas frecuencias génicas, producto de la selección por endogamia en las familias de hermanos completos.

En el patrón heterótico 43-46x43-68, los resultados de heterosis se aprecian en el Cuadro 4.31. aunque aquí los porcentajes no son tan notables, lo cual era de esperar ya que los progenitores que se utilizaron para formar las cruzas vienen de una misma población, la mejor craza fue la 523x527 mostrando valores altos en los dos años respecto a la craza de familia con por ciento de heterosis de 125 y 124 con rendimiento de 7.3558 y 6.2538 ton/ha, haciendo

énfasis en la diferencia que existe de esta cruce con relación a la cruce en S₉ que mostró rendimientos de 6.2983 y 5.6111 ton/ha en los años de estudio siendo en este caso un cambio bastante alto.

Cuadro 4.31. Medias de rendimiento (ton/ha) y por ciento de heterosis de cruces simples con líneas en S₆ derivadas de FHC 43-46 y 43-6 evaluadas en tres y cuatro localidades en 1990 y 1991 en Guatemala y México.

Cruces ¹ Simples	1990		1991	
	Rendimiento ton/ha.	% Heterosis con relación FHC	Rendimiento ton/ha.	% heterosis con relación FHC
523 x 526	7.1965	122	6.1825	122
523 x 527	7.3558	125	6.2538	124
523 x 528	6.0727	103	5.3853	106
524 x 526	6.3669	108	5.8235	115
524 x 527	7.2469	123	5.6720	112
524 x 528	6.9606	118	5.9013	116
525 x 526	7.0315	120	6.3620	125
525 x 527	6.8620	117	6.4990	128
525 x 528	7.5795	129	5.7788	114
43-46 ₂₋₉₋₂ x 43-68 ₁₋₁₋₉	6.2983	107	5.6111	111
43-46 x 43-68 (FHC)	5.8833	100	5.0711	100

¹ = Los números de las cruces pertenecen a las siguientes líneas en S₆, 523 a 525 derivadas de FHC 43-46 y 526 a 528 derivadas de 43-68.

Respecto a las características agronómicas se puede notar que para 1990 (Cuadro 4.32.) días a floración femenina en algunas cruzas en S₆ se redujo hasta tres días y en otras aumentó dos días con relación a la cruza de familia, las cruza en S₃ presentaron valores menores hasta de cuatro días, altura de planta y de mazorcas se nota incrementos de 16 hasta 34 cms en cruza en S₆ y de 14 cms en cruza S₃. En cuanto a por ciento de mala cobertura de mazorca y mazorcas podridas se puede notar un cambio notable ya que estas características se redujeron hasta en un 100 por ciento en algunas cruza en S₆ y S₃, respecto a la cruza de FHC en donde la cruza 512 x 518 presentó 10 por ciento para estas dos características y la cruza en S₃ mostró uno y cuatro por ciento mientras que la cruza de familia tiene valores de 21 y 17 por ciento. Estos mismos cambios se notaron par 1991 (Cuadro 4.33.) para el mismo patrón heterótico de 22-100 x 29-5.

Al observar las cruza del patrón 43-46 x 43-68 (Cuadro 4.34.) aunque en menor escala se notan cambios con relación a las cruza en S₆ ya que son cruza intrafamiliales, la hterosis tiende a ser menor donde los incrementos fueron para días a floración hasta de tres días, para altura de planta y mazorca de 16 y 15 cms, por ciento de mala cabertura de mazorca y mazorcas podridas se redujo en un cuatro y tres por ciento respecto a la cruza de familia, notandose para 1991 (Cuadro 4.35.) similares incrementos y reducciones en por ciento de mala

cobertura de mazorca y mazorcas podridas.

Cuadro 4.32. Características agronómicas de cruzas en diferente grado de endogamia siguiendo en patrón heterótico 22-100 x 29-5 media de tres localidades, Guatemala 1990.

Cruzas ¹ simples	Rend ton/ha	Días flor	Altura(cms) planta	Mazca	% Mala cob	% Mazca podrida	Mazca/ planta mazca
S ₆							
512x518	8.1273	59	221	122	10	10	0.953
509x518	7.9070	58	231	128	14	10	0.968
509x521	7.8821	62	231	133	7	11	0.963
510x518	7.7827	60	232	122	20	14	0.915
510x520	7.7793	60	225	136	6	12	0.973
509x517	7.5863	60	219	127	10	8	0.947
510x522	7.5810	61	220	124	7	16	0.923
511x518	7.5707	60	220	112	4	8	0.928
514x518	7.5563	62	232	132	12	12	0.885
513x522	7.3137	60	226	125	13	7	0.947
509x522	7.3020	62	223	124	4	7	0.963
515x518	7.0057	64	227	123	15	13	0.852
511x517	6.5147	61	225	127	8	10	0.945
S ₃							
501x505	7.7738	60	222	123	1	4	0.995
502x504	7.1237	59	222	121	2	9	0.953
502x505	6.9983	60	220	118	2	8	0.973
501x504	6.9624	58	217	128	6	10	1.002
503x504	6.9002	61	223	134	8	9	0.868
503x505	6.2771	64	212	125	7	9	0.793
S ₀							
22-100x29-5	5.0533	62	208	120	21	17	0.862

¹= Los números de las cruzas pertenecen a las siguientes líneas en S₃ y S₆: 501 a 503 y 508 a 516 derivadas de 22-100, 504, 505 y 517 a 522 derivadas de 29-5.

Cuadro 4.33. Características agronómicas de cruzas en diferente grado de endogamia siguiendo en patrón heterótico 22-100 x 29-5 media de cuatro localidades, Guatemala y México 1991.

Cruzas ¹ simples	Rend ton/ha	Dias flor	Altura(cms) planta	% Mala mazca	% Mazca cob.	Mazca/ podrida planta mazca	Mazca/ planta mazca
S6							
512x518	6.8913	56	232	123	12	8	0.9559
510x518	6.5640	56	249	129	19	13	1.0226
509x522	6.4540	58	245	131	3	11	0.9652
511x518	6.3655	57	242	123	10	13	0.9037
516x518	6.3230	60	246	130	16	19	0.8785
512x522	6.3075	57	224	124	12	13	0.8990
512x517	6.2683	56	236	126	18	13	0.8794
511x521	6.2625	56	240	124	2	11	0.9633
515x518	6.2313	59	244	138	11	25	0.8575
514x518	6.2055	60	246	132	13	14	0.9472
509x521	6.1320	57	242	126	24	7	0.9037
509x518	5.9285	58	245	128	22	13	0.9450
S3							
502x504	6.5548	56	239	126	5	11	0.9110
501x505	6.3933	56	247	129	5	7	1.0090
502x505	6.0933	56	237	125	6	7	0.9598
503x504	5.6853	59	232	130	11	12	0.8730
501x504	5.6845	56	235	124	13	14	0.9832
503x505	5.3203	60	238	135	5	7	0.9603
S0							
22-100x29-5	4.9275	59	218	113	28	28	0.8012

¹= Los números de las cruzas pertenecen a las siguientes líneas en S3 y S6: 501 a 503 y 508 a 516 derivadas de 22-100, 504, 505 y 517 a 522 derivadas de 29-5.

Un aspecto importante es que las cruzas que mostraron los mejores rendimientos en los dos años de estudio en los dos patrones heteróticos tienen valores menores en cuanto a por ciento de mala cobertura de mazorca y mazorcas podridas donde la cruz 512 x 518 tiene valores

del 10 por ciento y la cruza de FHC con 21 y 17 por ciento (1990) para 1991 estos valores fueron de 12 y 8 por ciento y la cruza FHC con 28 por ciento y la otra cruza 523 x 527 denota valores de 5 y 8 por ciento en 1990, y 4 y 5 por ciento en 1991 y la cruza de familia se aprecian valores de 5 y 10 por ciento para 1990, y de 5 y 10 por ciento para 1991.

Estos cambios en reducción de estas características indeseables se puede decir que es producto de la eliminación de genes indeseables que por medio de la selección visual fueron eliminados demostrándose que puede ser factible aplicar el método de selección visual en la selección de líneas que pasaran a otros niveles de endogamia cuando se trata de herencia que está gobernada por genes que fenotípicamente se pueden identificar fácilmente.

Cuadro 4.34. Características agronómicas de cruzas en diferente grado de endogamia siguiendo en patrón heterótico 43-46 x 43-68 media de tres localidades, Guatemala 1990.

Cruzas ¹ simples	Rend ton/ha	Días flor	Altura(cms) planta	Mazca cob.	% Mala cob.	% Mazca podrida	Mazca/ planta mazca
S ₆							
525x528	7.5795	62	224	129	2	8	1.082
523x527	7.3558	64	216	121	5	8	0.952
524x527	7.2419	63	196	107	15	17	1.032
523x526	7.1965	64	216	117	3	7	0.955
525x526	7.0315	63	220	128	2	8	0.985
524x528	6.9606	62	214	121	13	13	0.945
525x527	6.8620	64	215	126	3	9	1.005
524x526	6.3669	63	198	109	12	16	0.947
523x528	6.0727	64	218	121	8	13	0.900
S ₉							
----- 43-46 ₂₋₉₋₂ x 43-68 ₁₋₁₋₉	6.2983	64	221	126	9	11	0.980
S ₀							
----- 43-46x43-68	5.8833	62	208	114	6	10	0.790

¹= Los números de las cruzas pertenecen a las siguientes líneas en S₆: 523 a 525 derivadas de 43-46 y 526 a 528 derivadas de 43-68.

Cuadro 4.35. Características agronómicas de cruzas en diferente grado de endogamia siguiendo en patrón heterótico 43-46 x 43-68 media de cuatro localidades, Guatemala y México 1991.

Cruzas ¹ simples	Rend ton/ha	Dias flor	Altura(cms) planta	Mazca cob.	% Mala cob.	% Mazca podrida	Mazca/ planta mazca
S ₆							
525x527	6.4990	58	244	134	2	5	1.0512
525x526	6.3620	59	234	130	5	8	1.0075
523x527	6.2538	58	247	131	4	5	0.9862
523x526	6.1825	59	240	127	4	5	0.9625
524x528	5.9013	58	231	123	4	6	0.9887
524x526	5.8235	58	225	127	4	10	0.9462
525x528	5.7788	58	246	139	2	8	1.0087
524x527	5.6720	58	227	120	9	8	0.9350
523x528	5.3853	59	245	133	9	10	0.8900
S ₉							
43-46 ₂₋₃₋₂ x 43-68 ₁₋₁₋₃	5.6111	60	238	128	3	4	0.9562
S ₀							
43-46x43-68	5.0711	59	228	126	5	10	0.9100

¹= Los números de las cruzas pertenecen a las siguientes líneas en S₆: 523 a 525 derivadas de 43-46 y 526 a 528 derivadas de 43-68.

- Se lograron identificar progenitores que presentaron estimaciones de ACG altos y que esta característica fue transmitida a su descendencia de progenitores S₀ a S₆.
- A nivel de cruzas específicas se encontraron cruzas que mostraron efectos de ACE positivos y rendimientos aceptables, teniendo como parentales estas cruzas progenitores con efectos de ACG positivos.
- Se logró identificar en este estudio que las líneas adquirieron su individualidad y fijación de frecuencias génicas en la tercera generación de endogamia, ya que si existe un cambio de rendimiento de convertir híbridos no convencionales a convencionales, pero casi no hay un cambio al pasar las cruzas con progenitores en S₃ a cruzas con progenitores en S₆.
- Los cambios de heterosis demuestran que se han encontrado nuevas constituciones genéticas, que se identificaron en los híbridos por convertirlos de no convencionales a convencionales. con incrementos del 160 y 139 por ciento en cruzas entre líneas en S₆ del patrón heterótico 22-100 x 29-5 (1970 y 1991) producto de ser craza inter poblacional y de 128 por ciento para las cruzas intrapoblacional que siguieron el patrón 43-46 x 43-68 en los dos años de evaluación.

- Para cada patrón heterótico se identificó una cruza en So que mostró la mayor adaptabilidad y mejor rendimiento denotando la mayor homeostasis de todas los híbridos evaluados, con rendimientos de 8.1273 y 6.8913 ton/ha para la cruza 512 x 518 (1990 y 1991) y de 7.5795 y 6.2830 ton/ha para la cruza 523 x 527 en los dos años de estudio.
- En cuanto a las características agronómicas se nota una reducción del por ciento de mazorcas podridas y mala cobertura de mazorca en los híbridos convencionales con relación a los no convencionales, y las otras características como altura de planta y mazorca, y días a floración femenina éstas se incrementaron un poco por el mayor vigor que presentaron los híbridos convencionales.

Guatemala y en Ursulo Galván en el estado de Veracruz, México en la región del trópico húmedo entre los cero a mil metros sobre el nivel del mar.

El material genético utilizado consistió en una serie de líneas en diferente grado de endogamia derivadas de las familias 100, 29, 46 y 68 que provienen de las poblaciones 22, 29 y 43, siguiendo los patrones heteróticos 22-100 x 29-5 y 43-46 x 43-68, para llegar a identificar cruza específicas con progenitores en S₆ con rendimientos superiores a la cruza de familias, para tal caso en 1990 se realizaron cruza dentro y entre líneas, lo cual permitió realizar un dialélico formado con híbridos agrupados de acuerdo a su nivel de endogamia y analizado por el método cuatro de Griffing bajo un modelo fijo, para determinar que varianza es la que más contribuye a la varianza de cruza, para 1991 únicamente se realizaron cruza entre familias manteniendo el patrón heterótico, los análisis generales se realizaron por el diseño de látice simple de 11 x 11 y 13 x 13 para los dos años de estudio.

Los objetivos que se plantearon fueron los siguientes: determinar si ha habido cambios en las frecuencias génicas de las cruza simples formadas con líneas S₀, S₃ y S₆, reflejadas en sus efectos de ACG y ACE; comparar las diferencias en rendimiento de los híbridos simples formados en base a líneas S₀, S₃ y S₆; y determinar si hay cambios en heterosis, debido al proceso de endogamia

en los híbridos convencionales.

En base a los resultados obtenidos se puede concluir que:

- a) En todos los análisis generales tanto a nivel individual como a través de localidades existió diferencias altamente significativas para todas las variables.
- b) Los cuadrados medios de ACE fueron superiores que los de ACG para la variable rendimiento tanto a nivel individual como en el combinado en las cruzas con progenitores. Se determinándose que los mayores efectos que se observaron en los híbridos se debieron a efectos no aditivos.
- c) Se identificaron progenitores, que presentaron estimaciones de ACG positivos y negativos y que estos fueron transmitidos a su descendencia, mostrando los híbridos convencionales estimaciones altas de ACE, exhibiendo sus parentales valores positivos y negativos de ACG.
- d) Los cambios de heterosis demuestran que se han encontrado nuevas constituciones genéticas, que se identificaron en los híbridos por convertirlos de no convencionales a convencionales, con incrementos del 150 y 139 por ciento en cruzas entre líneas en So del patrón heterótico 27-100 x 29-5 (1990 y 1991) producto

de ser cruza interpoblacional y de 128 por ciento para las cruza intrapoblacional que siguieron el patrón 43-46 x 43-68 en los dos años de evaluación.

- e) Para cada patrón heterótico se identificó una cruza en So que mostró la mayor adaptabilidad y mejor rendimiento denotando la mayor homeostasis de todas los híbridos evaluados, con rendimientos de 8.1273 y 6.8913 ton/ha para la cruza 512 x 518 (1990 y 1991) y de 7.5795 y 6.2830 ton/ha para la cruza 523 x 527 en los dos años de estudio.

7. LITERATURA CITADA

- ALLARD, R.W. 1980. Principios de la mejora genética de las plantas. Trad. al español por José L. Montoya. Ed. Omega, S.A. Barcelona, España. Cap. 22.
- ALLARD, R.W. and BRADSHAW, A.D. 1964. Implication of genotype environment interactions, in applied plant breeding. *Crop. Sci.* 4:503-508.
- BECK, D.L., S.K. VASAL and J. CROSSA. 1991. Heterosis and combining ability among subtropical and temperate maturity maize germplasm. *Crop. Sci.* 31:68-73.
- BEIL, G.M. and R.E. ATKINS. 1967. Estimates of general and specific combining ability in F_1 hybrids for grain yield and its components in grain sorghum (Sorghum vulgare). *Crop. Sci.* 7:225-228.
- BONNY, R.N., TATE and M. KER'OVA. 1965. Segregating populations of cow pea. *Crop. Sci.* 25:208-210.
- BRAUER, H.O. 1980. Fitogenética aplicada. Ed. Limusa. México. Cap. 18.
- CIMMYT. 1986. Hechos y tendencias mundiales relacionados con el maíz. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México. 50 p.
- 1990. World maize facts and trends, realizing the potential of maize in Sub-Saharan Africa. International Maize and Wheat Improvement Center. México. 71 p.
- CORDOVA, H.S. 1980. Heterosis del rendimiento y aptitud combinatoria de líneas y familias de hermanos completos de maíz (Zea mays L.). In. Reunion Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. (26., 1980, Guatemala). Memorias. Guatemala, Instituto

de Ciencia y Tecnología Agrícolas. v.2. p.irr.

_____ 1984. Formación de híbridos dobles y triples de maíz en base a familias de hermanos completos y sus implicaciones en la producción de semilla comercial. In. Congreso Nacional de Milho e Sorgo Maccio-Al. (15., 1984, Brasil). Brasil. 59 p.

_____ 1989. Estimación de parámetros de estabilidad para determinar la respuesta de híbridos de maíz (Zea mays L.) a ambientes contrastantes de Centro América, Panamá y México. Programa regional de maíz para Centroamérica, Panamá y El Caribe. p 2-17.

_____ 1990. Desarrollo y mejoramiento de germoplasma con resistencia a factores bióticos y abióticos y producción de semillas, estrategias y logros 1986 - 1991. Programa regional de maíz de CIMMYT para Centroamérica y El Caribe. Guatemala. 107 p.

COUTINO, E.B. 1982. Variabilidad genética en cruza dialélicas de maíz, formadas con poblaciones tropicales sobresalientes. Tesis. Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 141 p.

CROSSA, J., C.O. GARDNER y R.F. MUNM. 1987. Heterosis entre poblaciones de maíz de diferente grado de introgresión de germoplasma exótico. In. Reunion Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. (33., 1987, Guatemala). Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Simposio. pp 75-80.

_____, S.K. VASAL, and D.L. BECK. 1990. Combining ability estimates of CIMMYT's tropical late yellow maize germplasm. *Maydica* 35:275-278.

DARDON, M.A. 1980. Aptitud combinatoria general y específica de 10 poblaciones de maíz (Zea mays L.). Tesis. Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Coahuila, México. 66 p.

DE LEON C, H. 1987. Selección recurrente en familias de hermanos completos con pedigrí en maíz (Zea mays

- L.). Tesis. Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Coahuila, México. 66 p.
- EBERHART, S.A. and RUSSELL, W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 6:36-40.
- FALCONER, D.S. 1984. Introducción a la genética cuantitativa. Trad. del Inglés por Fidel Márquez Sánchez ed. Limusa. México. 430 p.
- GARCIA, G. J. 1987. Implicación del rendimiento per se y la aptitud combinatoria general de líneas autofecundadas de maíz (Zea mays L.) en la predicción de cruza simples de alto rendimiento. Tesis. Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 105 p.
- GRIFFING, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Austr. Journ. of Biol. Scien.* 9:463-493.
- GOWEN, J.W. 1952. Heterosis, a record of researches directed towards explaining and utilizing the vigor of hybrids. Iowa University Press. Ames Iowa. Cap 2.
- HALLAUER, A.R. 1975. Relation of gene action and type of tester in maize breeding procedures. *Proc. Corn Sorghum. Conf.* 30:150-165.
- HALLAUER, A.R. and J.B. MIRANDA, Fo. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press. Ames, Iowa. pp. 267-368.
- HAYMAN, B.I. 1954. The theory and analysis of diallel cross. *Genetics.* 39:789-809.
- ICTA. 1985. Informe técnico. Programa de Mejoramiento y producción de maíz. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Guatemala. p.irr.

JUGENHEIMER, R.W. 1984. Maíz, variedades mejoradas métodos de cultivo y producción de semilla. Trad. del Inglés por Piña García. ed Limusa. México. Cap. IV.

LARIOS B., L.A. 1987. Aptitud combinatoria general de líneas S₃, derivadas de familias progenitoras de un híbrido de maíz (Zea mays L.). Tesis. Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 52 p.

_____, H.S. CORDOVA Y N. SOTO. 1988. Actividades realizadas por el programa de maíz del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) durante 1986 y 1987. In. Reunion Bianual de Maiceros de la Zona Andina. (13., 1988. Chiclayo Perú). Perú. p. irr.

_____, H.S. CORDOVA, S. CASTELLANOS y J.L. QUEME. 1988. Aptitud combinatoria de líneas y respuestas correlacionadas para rendimiento de híbridos triples y dobles de maíz (Zea mays L.). In. Reunion Bianual de Maiceros de la Zona Andina. (13., 1988. Chiclayo Perú). Perú. p. irr.

_____, H.S. CORDOVA, S. CASTELLANOS y N. SOTO. 1990. Determinación de aptitud combinatoria general de líneas de maíz (Zea mays L.) de grano blanco, evaluados en tres localidades de Guatemala. 1989. In. Reunion Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el mejoramiento de Cultivos Alimenticios. (36., 1990, San Salvador). El Salvador. p. irr.

LE CLERG, L.E., W.H. LEONARD and G.C. ANDREW. 1968. Field plot technique. Burgess Publishing Company. Mineapolis, Minesota. pp 34-38.

LOPEZ, P.E. 1979. Comparisons among five different tester for the evaluation of unselected lines of maize (Zea mays L.) Ph. D. Dissertation. Iowa State University. 151 p.

MARQUEZ, S.F. 1988. Genotecnia vegetal. Tomo II. A.G.T. editor, S.A. México. pp. 1-343.

- MARTINEZ, G.A. 1975. Diseño y análisis de los experimentos de cruzas dialélicas. Chapingo, México. pp. 30-45.
- MORFIN, U.A. 1987. Heterosis, aptitud combinatoria y parámetros de estabilidad de cruzas simples entre líneas de maíz de diferente origen germoplásmico. Tesis. Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 125 p.
- OYERVIDES, G.M. 1979. Estimación de parámetros genéticos, heterosis e índices de selección en variedades tropicales de maíz adaptadas a Nayarit. Tesis. Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 118 p.
- POEHLMAN, J.M. 1979. Mejoramiento genético de las cosechas. Ed. Limusa. México. pp. 41-70, 263-298.
- POEY, F., H. CORDOVA, A. FUENTES y F. SCHEUCH. 1977. Conceptos teóricos que respaldan los programas de mejoramiento genético de maíz. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Guatemala. 96 p.
- REYES, C.P. 1978. Diseños de experimentos agrícolas. Ed. Trillas, México. pp. 285-309.
- ROJAS, R. and SPRAGUE, G.F. 1952. Ability combining in single crosses of maize. 12:133-135.
- SOTO, N., R. RODRIGUEZ, L. BRIZUELA y H. CORDOVA. 1989. Determinación de aptitud combinatoria general de líneas endogámicas y su efecto en la formación de nuevos híbridos trilineales de maíz (*Zea mays* L.). Proyecto Regional de Maíz de CIMMYT para Centroamerica, Panamá y El Caribe. pp. 43-49.
- SPRAGUE, G.F. and L.A. TATUM. 1942. General vs specific combining ability in single crosses of corn. J.A. Soc. Agron. 34:923-932.
- VASAL, S.K., D.L. BECK., J. CROSSA y N. VERGARA. 1987. Heterosis y aptitud combinatoria en germoplasma tropical de CIMMYT. In. Reunion Anual del

Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. (33., 1987, Guatemala). Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Guatemala. Simposio. pp. 75-80.

_____, S. PANDEY y J. CROSSA. 1988. Desarrollo de híbridos no convencionales de maíz. In. Reunion Bianual de Maiceros de la Zona Andina. (13., 1988. Chiclayo, Perú). Perú. Simposio. p. irr.

_____, G. SRINIVASAN, S. PANDEY, H.S. CORDOVA, G.C. HAN and F. GONZALEZ. 1992a. Heterotic pattern of ninety two white tropical CIMMYT maize lines. Maydica. 37:1-12.

_____, G. SRINIVASAN, F. GONZALEZ, G.C. HAN, S. PANDEY, D. BECK and J. CROSSA. 1992b. Heterosis and combining ability of CIMMYT's tropical late with maize gerplasm. Maydica. 37:217-223.

VELASQUEZ. R. 1978. Formación de híbridos simples en base a familias de hermanos completos, provenientes de diferentes poblaciones de maíz (Zea mays L.). Tesis. Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 84 p.

Cuadro 2.A. Resultados obtenidos del análisis de varianza látice simple para cinco variables de la evaluación de cruza simples en diferente grado de endogamia, Guatemala y México 1991.

F.V. gl	C U A D R A D O S M E D I O S				
	Dias a flor cm	Altura mazorca	Rendto ton/ha	Mazorcas por planta	% Mazorcas podridas
(1) Rep. 1	0.358	2369.896	6.393	0.073	0.004
B(R) 24	1.784	263.967	1.083	0.008	1.510
Trat 168	3.136**	180.436**	0.991**	0.019**	1.246 ^{NS}
E E 144	0.620	90.071	0.490	0.008	1.178

Efic. Rel.%	119	120	111	0.0	101
C. V. %	1.50	6.69	10.35	8.29	43.72
(2) Rep. 1	76.689	2291.124	31.007	0.092	13.670
B(R) 24	8.433**	442.807	1.608**	0.010**	0.787**
Trat 168	4.973**	187.174**	1.991**	0.013**	0.618**
E E 144	1.405	96.258	0.459	0.004	0.403

Efic. Rel.%	162	143	128	116	108
C. V. %	1.68	7.84	7.96	6.08	20.87
(3) Rep. 1	30.78	2958.58	72.24	1.14	32.49
B(R) 24	4.11**	199.44**	4.57**	0.09**	5.34**
Trat 168	4.046**	140.72**	1.03**	0.03**	3.72**
E E 144	1.16	93.49	0.36	0.02	1.79

Efic. Rel.%	128	110	258	142	121
C. V. %	2.03	7.44	19.24	19.37	28.71
(4) Rep. 1	107.93	253.99	3.78	0.004	0.008
B(R) 24	4.74**	258.19**	3.89**	0.014**	1.16**
Trat 168	4.323**	161.364**	1.041**	0.015**	1.314**
E E 144	1.202	77.545	0.487	0.009	0.906

Efic. Rel.%	134	122	190	103	101
C. V. %	1.96	7.15	11.89	10.39	29.23

** = significativo al 1 % NS = No Significativo

C.V. = Coeficiente de variación, Rep = repeticiones

B(R) = bloques dentro de repeticiones

Trat = tratamientos, E E = error experimental

Efic. Rel.% = eficiencia relativa sobre bloques al azar

C.V.% = coeficiente de variación

(1) = localidad cuyuta, (2) San Jerónimo, (3) La Maquina (Guatemala) y (4) Ursulo Galván (Ver. México).

Cuadro 1.A. Resultados obtenidos del análisis de varianza en látice simple para cuatro variables de la evaluación de cruza simples en diferente grado de endogamia, Guatemala 1990.

F.V.	gl	C U A D R A D O S		M E D I O S		
		Dias a flor	Altura mazorca cm	Rendto. ton/ha	Mazorcas por planta	
(1)	Rep	1	5.97	228.20	11.49	0.001
	B(R)	20	1.84	155.59	1.28	0.012
	Trat	120	9.36**	240.44**	6.06**	0.016**
	E E	100	1.35	68.45	0.74	0.009
Efic. Rel.%		102		114	106	102
C. V. %		2.15		6.44	15.55	10.18
(2)	Rep	1	12.96	5950.41	0.009	0.008
	B(R)	20	11.57	920.87	2.880	0.008
	Trat	120	12.26**	355.85**	12.910**	0.016**
	E E	100	2.29	122.56	0.900	0.008
Efic. Rel.%		157		198	128	0.00
C. V. %		2.19		10	12.18	8.66
(3)	Rep	1	175.36	2172.00	13.16	0.014
	B(R)	20	8.05	161.66	2.24	0.036
	Trat	120	294.44**	548.56**	5.57**	0.059**
	E E	100	4.11	107.15	0.84	0.019
Efic. Rel.%		110		104	119	108
C. V. %		3.26		9.37	26.01	19.26

** = significativo al 1 % ns = No Significativo

C.V.= Coeficiente de variación, Rep = repeticiones

B(R) = bloques dentro de repeticiones

Trat = tratamientos, E E = error experimental

Efic. Rel.% = eficiencia relativa sobre bloques al azar

C.V.% = coeficiente de variación

(1) = localidad La Máquina, (2) San Jerónimo y (3) Jutiapa

Cuadro 3.A. Medias de rendimiento (ton/ha), efectos de ACE (Sij) de cruzas simples formadas con líneas S₆ derivadas de FHC 22-100 y 29-5, por localidad, Guatemala, 1990.

Cruzas Simples	ACE	LOCALIDADES			
		La Máquina	San Jerónimo	Jutiapa	COMBINADO
508x517 [^]		6.695	6.338	4.214	5.7490
S _{8x17}		-0.2586	-0.0691	0.6624	
508x518 [^]		5.915	6.698	3.674	5.4290
S _{8x18}		-0.7755	-1.0542	-0.9128	
508x520 [^]		6.465	9.361	4.552	6.7927
S _{8x20}		2.6114	2.0598	0.9340	
508x521 [^]		5.915	6.698	3.674	5.4290
S _{8x21}		0.6995	-0.0287	-0.1897	
508x522 [^]		5.915	6.698	3.674	5.4290
S _{8x22}		-0.8831	-0.9570	-0.0845	
509x517 [^]		8.11	9.664	4.985	7.5863
S _{9x17}		2.0942	2.4618	1.4677	
509x518 [^]		7.675	9.525	6.521	7.9070
S _{9x18}		1.9223	0.9778	1.9684	
509x520 [^]		6.58	9.032	5.401	7.0043
S _{9x20}		3.6642	0.9958	1.2172	
509x521 [^]		6.975	11.366	5.276	5.8723
S _{9x21}		-3.3027	3.8442	1.4465	
509x522 [^]		7.315	10.581	4.01	7.302
S _{9x22}		1.4547	2.1909	0.2857	
510x517 [^]		7.14	9.424	4.331	6.9650
S _{10x17}		0.4131	1.7601	0.3982	
510x518 [^]		6.82	10.32	6.208	7.7827
S _{10x18}		0.9562	1.9110	1.2400	
510x520 [^]		6.63	11.352	5.356	7.7793
S _{10x20}		3.0031	2.7940	0.7568	
510x521 [^]		5.705	7.858	4.028	5.8637
S _{10x21}		0.7162	-0.1255	-0.2129	
510x522 [^]		6.645	10.712	5.386	7.5810
S _{10x22}		0.0735	1.8001	1.2469	
511x517 [^]		6.755	8.955	3.834	6.5147
S _{11x17}		1.0594	1.7790	0.9061	
511x518 [^]		7.385	9.649	5.678	6.5707
S _{11x18}		1.9524	1.1219	1.1149	
511x520 [^]		4.72	9.143	7.034	6.9657
S _{11x20}		2.1244	1.0669	2.8996	
511x521 [^]		4.95	8.625	4.881	4.8187
S _{11x21}		-3.0076	0.1950	1.0410	
511x522 [^]		5.445	10.546	5.353	7.1180
S _{11x22}		-0.0952	2.4490	1.6181	
512x517 [^]		6.025	7.508	5.44	6.3243
S _{12x17}		0.2710	-0.3116	1.4581	
512x518 [^]		7.25	11.965	5.167	8.1273
S _{12x18}		1.7591	2.8003	0.1499	

Cuadro 3.A.....continuación

512x520 [^]	6.905	9.336	5.028	5.0897
S _{12x20}	-1.7490	0.6229	0.9797	
512x521 [^]	4.895	9.101	5.523	6.5063
S _{12x21}	0.8791	0.9618	1.2290	
512x522 [^]	6.385	8.901	5.558	6.9480
S _{12x22}	0.7864	-0.1665	1.9692	
513x517 [^]	6.985	7.795	3.615	6.1317
S _{13x17}	0.8651	0.2295	0.9921	
513x518 [^]	5.01	7.195	3.179	5.1280
S _{13x18}	-0.8468	-1.7216	-1.1950	
513x520 [^]	0.975	8.585	5.468	5.0093
S _{13x20}	-2.0449	0.1194	1.5227	
513x521 [^]	6.21	8.734	4.551	6.4983
S _{13x21}	1.8282	0.8429	0.9601	
513x522 [^]	7.11	9.588	5.243	7.3137
S _{13x22}	1.1455	0.7686	1.7572	
514x517 [^]	6.82	8.961	2.96	6.2470
S _{14x17}	1.2260	1.9890	-0.0419	
514x518 [^]	6.82	10.423	5.427	7.5567
S _{14x18}	1.4891	2.0999	1.9905	
514x520 [^]	4.83	10.454	4.583	5.2890
S _{14x20}	-1.6640	2.5819	0.9152	
514x521 [^]	6.045	11.13	3.319	6.8313
S _{14x21}	2.1891	9.8924	0.0056	
514x522 [^]	6.735	10.576	3.177	6.8293
S _{14x22}	1.2964	2.9501	-0.0919	
515x517 [^]	5.87	7.936	2.179	5.3283
S _{15x17}	0.2348	0.7925	-0.4574	
515x518 [^]	6.585	10.58	3.852	7.0057
S _{15x18}	1.2128	2.0914	0.1804	
515x520 [^]	0.87	8.032	3.765	4.2223
S _{15x20}	-1.6652	-0.0557	0.4621	
515x521 [^]	5.985	10.294	4.493	6.924
S _{15x21}	2.0878	2.8909	1.5445	
515x522 [^]	6.625	10.384	2.069	6.3593
S _{15x22}	1.1452	1.9926	-0.7744	
516x517 [^]	5.94	10.07	1.675	5.8950
S _{16x17}	0.4331	9.9057	-1.2729	
516x518 [^]	5.67	9.269	5.766	6.9017
S _{16x18}	0.4262	1.1596	1.7895	
516x520 [^]	0.93	9.478	3.803	4.7370
S _{16x20}	-1.4769	1.8196	0.1892	
516x521 [^]	6.675	9.196	3.823	6.5647
S _{16x21}	2.9062	2.1120	0.5696	
516x522 [^]	6.635	10.862	4.173	7.2233
S _{16x22}	1.2835	2.8498	1.0187	

Cuadra 4.A. Medias de rendimiento, efectos de ACE (\hat{S}_{ij}) de cruzas simples formadas con líneas S₀ derivadas de familias de hermanos completos por localidad Guatemala y México 1991.

Cruzas Simples	ACE	L O C A L I D A D E S				COMBINADO
		Cuyuta	La Máquina	San Jerónimo	Ursulo Galván	
508x517	\hat{S}_{0x17}	7.451	2.642	7.435	5.493	5.7594
		0.3245	-0.3589	-1.6976	-0.2782	
508x518	\hat{S}_{0x18}	7.085	3.920	7.630	4.956	5.9006
		-0.0418	0.3203	-0.8858	-0.9286	
508x520	\hat{S}_{0x20}	6.836	2.586	8.651	5.104	5.7950
		0.0911	-0.5397	0.7229	-0.1299	
508x521	\hat{S}_{0x21}	7.368	2.227	8.217	4.561	5.5837
		0.6226	-1.1693	-0.2333	-0.9344	
508x522	\hat{S}_{0x22}	6.567	3.820	8.512	4.444	5.8230
		-0.7077	0.6197	-0.7971	-1.1389	
508x523	\hat{S}_{0x23}	7.225	3.441	9.172	6.380	6.5306
		0.3639	-0.0591	-0.0080	0.5291	
508x524	\hat{S}_{0x24}	6.439	4.133	10.009	6.387	6.7184
		-0.4387	0.6155	1.0796	0.5782	
508x525	\hat{S}_{0x25}	7.494	3.095	9.965	7.010	6.8611
		0.1618	-0.6145	0.6698	1.3658	
508x526	\hat{S}_{0x26}	7.631	3.582	9.318	5.613	6.5120
		0.9896	0.2005	0.0501	-0.4199	
508x527	\hat{S}_{0x27}	5.997	4.305	8.759	7.168	6.5709
		-1.1311	0.8130	-0.3554	1.1777	
508x528	\hat{S}_{0x28}	7.364	3.609	9.218	5.809	6.4866
		0.1253	0.4364	0.4415	0.3707	
509x517	\hat{S}_{0x17}	6.562	2.641	9.283	5.435	5.9223
		-0.6719	-0.4856	0.4529	-0.4691	
509x518	\hat{S}_{0x18}	6.426	2.915	7.926	5.078	5.5693
		-0.8082	-0.8104	-0.9368	-0.9995	
509x520	\hat{S}_{0x20}	6.409	3.532	8.054	5.582	5.8793
		-0.4493	0.2806	-0.2202	0.2212	
509x521	\hat{S}_{0x21}	6.986	3.256	8.417	5.869	6.1155
		0.1332	-0.2660	-0.9804	0.2407	
509x522	\hat{S}_{0x22}	7.605	3.121	9.211	5.879	6.4357
		0.2229	-0.2050	-0.3852	0.1692	
509x523	\hat{S}_{0x23}	6.666	4.101	9.300	6.188	6.5845
		-0.9025	0.4812	-0.2271	0.2042	
509x524	\hat{S}_{0x24}	7.430	3.285	9.181	6.040	6.5014
		0.4449	-0.3582	0.0295	0.0983	
509x525	\hat{S}_{0x25}	8.390	3.803	10.930	5.633	7.1949
		0.9504	-0.0322	0.2624	-0.1441	
509x526	\hat{S}_{0x26}	7.573	4.313	10.109	6.124	7.0360
		0.2242	0.8058	0.4940	-0.0952	
509x527	\hat{S}_{0x27}	7.187	4.046	9.245	6.530	6.7520
		-0.0485	0.4283	0.647	0.4068	
509x528	\hat{S}_{0x28}	7.680	3.730	9.048	6.029	6.6369
		0.3339	0.4317	-0.0756	0.4578	

Cuadro 4.A.....continuación

510x517 [^]	6.620	2.055	7.686	5.137	5.4183
S10X17	-0.3895	-0.8432	-1.4466	-0.6121	
510x518 [^]	7.590	4.158	7.986	6.522	6.5807
S10X18	0.5802	0.6610	-1.1199	0.6995	
510x5 [^]	6.338	3.234	8.312	4.597	5.5924
S10X20	-0.2899	0.2110	0.3849	-0.6088	
510x521 [^]	6.200	3.374	7.051	4.363	5.2602
S10X21	-0.4284	0.0804	-1.3999	-1.1109	
510x522 [^]	6.498	2.478	8.560	5.615	5.8029
S10X22	-0.6597	-0.6196	-0.6891	0.0542	
510x523 [^]	7.822	3.784	9.485	5.508	6.6636
S10X23	1.0779	0.3926	0.3050	-0.3208	
510x524 [^]	6.929	4.099	9.785	5.936	6.6988
S10X24	0.1683	0.6842	0.8556	0.1499	
510x525 [^]	7.142	3.403	8.806	6.541	6.5003
S10X25	-0.0732	-0.2038	-0.4892	0.9189	
510x526 [^]	7.232	3.143	8.384	6.040	6.2242
S10X26	0.1076	-0.1358	-0.8899	0.0958	
510x527 [^]	7.133	3.432	7.999	6.879	6.3735
S10X27	0.1219	0.0427	-1.1154	0.9108	
510x528 [^]	6.942	3.071	9.211	5.544	6.2051
S10X28	-0.1797	0.0010	0.4345	0.1278	
511x517 [^]	6.134	4.105	7.385	6.578	6.0576
S11X17	-0.7960	0.5500	-0.7247	0.0778	
511x518 [^]	6.586	4.482	7.872	6.522	6.3788
S11X18	-0.3442	0.3282	-0.2705	-0.0916	
511x520 [^]	6.939	3.275	8.256	6.036	6.1773
S11X20	0.3906	-0.4048	0.7022	0.0791	
511x521 [^]	6.237	4.088	7.841	6.884	6.2863
S11X21	-0.3119	0.1376	-0.9510	0.6596	
511x522 [^]	6.960	3.431	8.237	6.144	6.1720
S11X22	-0.1182	-0.3234	-0.6988	-0.1679	
511x523 [^]	5.533	3.912	8.722	6.968	6.3041
S11X23	-0.1316	-0.1362	-0.0848	0.3881	
511x524 [^]	7.240	3.667	8.162	5.916	6.2682
S11X24	0.558	-0.4046	-0.9941	-0.6218	
511x525 [^]	7.802	4.254	8.341	6.172	6.6628
S11X25	0.6663	-0.0096	-0.5809	-0.2015	
511x526 [^]	7.191	4.597	9.996	6.629	7.1217
S11X26	0.1461	0.6614	1.1004	-0.1269	
511x527 [^]	7.653	3.948	8.615	6.971	6.7769
S11X27	0.7214	-0.0981	-0.1261	0.02517	
511x528 [^]	7.296	3.647	9.353	6.124	6.5824
S11X28	0.2598	-0.0797	0.9498	-0.0499	
512x517 [^]	6.797	3.017	8.788	6.471	6.2339
S12X1	-0.0078	-0.2107	-0.1046	0.1270	
512x518 [^]	7.205	4.407	8.826	7.127	6.8573
S12X18	0.3999	0.5805	0.5509	0.6696	
512x520 [^]	7.028	3.604	8.355	5.365	6.0478
S12X20	0.6048	0.2515	0.6680	-0.4357	
512x521 [^]	6.056	3.018	8.805	6.323	6.0165
S12X21	-0.3677	-0.6051	0.5948	0.2548	

Cuadro 4.A.....continuación

512x522 [^]	6.967	3.736	8.552	5.975	6.3111
S12X22	0.0140	0.3089	-0.4570	-0.1807	
512x523 [^]	6.799	4.119	9.029	7.196	6.7620
S12X23	0.2596	0.9981	0.8995	0.7729	
512x524 [^]	6.582	3.452	8.186	6.341	6.0721
S12X24	0.0260	-0.2923	-0.5099	-0.0406	
512x525 [^]	5.641	3.813	7.869	5.489	5.6756
S12X25	-1.3695	-0.1299	-1.1861	-0.7280	
512x526 [^]	6.690	2.895	8.710	6.725	6.2297
S12X26	-0.2297	-0.7199	-0.9178	0.1259	
512x527 [^]	7.405	3.470	9.136	6.179	6.5214
S12X27	0.5986	-0.2488	0.2617	-0.9841	
512x528 [^]	7.024	4.324	7.989	6.035	6.3144
S12X28	0.1070	0.9246	-0.5474	0.0299	
513x518 [^]	4.582	3.877	7.504	5.014	5.2381
S13X18	-1.1975	0.0774	0.2994	-0.4494	
513x520 [^]	4.032	1.847	1.538	1.954	2.3251
S13X20	-1.3656	-1.4786	-5.0840	-2.8467	
513x521 [^]	4.028	3.922	7.195	5.305	5.0949
S13X21	-1.3701	0.3258	0.0498	0.2968	
513x522 [^]	6.051	3.310	8.417	5.647	5.8327
S13X22	0.1236	-0.0902	0.4730	0.4919	
513x523 [^]	6.358	4.146	7.990	5.068	5.8729
S13X23	0.8442	0.4520	0.1151	-0.9557	
513x524 [^]	6.552	3.849	8.839	5.157	6.1195
S13X24	1.0216	0.1916	1.2447	-0.2246	
513x525 [^]	6.274	4.245	7.751	6.450	6.1730
S13X25	0.2891	0.9356	-1.1661	1.2990	
513x526 [^]	6.539	3.570	8.557	6.413	6.2179
S13X26	0.6449	-0.0114	-0.9178	0.8199	
513x527 [^]	5.986	4.420	8.615	5.664	6.1604
S13X27	0.2052	0.7281	0.2617	0.1009	
513x528 [^]	6.791	2.777	8.621	6.261	6.1039
S13X28	0.8996	-0.5955	-0.5474	1.2499	
514x517 [^]	6.940	1.932	7.943	6.260	5.7587
S14X17	-0.0996	-0.2211	-0.9106	0.1049	
514x518 [^]	7.754	2.136	8.671	6.261	6.1953
S14X18	0.7141	-0.6159	0.9846	-0.0075	
514x520 [^]	7.130	2.595	7.579	6.457	5.9559
S14X20	0.4720	0.9171	-0.1187	0.8452	
514x521 [^]	6.561	2.874	7.803	5.933	5.8054
S14X21	-0.0975	0.9255	-0.4180	0.0597	
514x522 [^]	7.892	3.371	8.726	5.690	6.4206
S14X22	0.7042	1.0185	-0.2938	-0.2768	
514x523 [^]	6.796	2.323	8.968	6.631	6.1805
S14X23	0.0218	-0.3239	0.0173	0.9962	
514x524 [^]	6.910	2.819	8.778	7.078	6.3916
S14X24	0.1192	0.1499	0.0780	0.8859	
514x525 [^]	6.528	3.392	9.551	4.786	6.0555
S14X25	-0.7179	0.4909	0.4852	-1.2421	

Cuadro 4.A.....continuación

514x526 [^]	6.954	2.180	8.313	5.988	5.8976
S14X26	-0.2005	-0.3537	-0.7255	-0.4222	
514x527 [^]	6.760	2.424	8.906	6.894	6.2577
S14X27	-0.2812	-0.2202	0.0210	0.5198	
514x528 [^]	6.552	2.029	9.125	5.170	5.6862
S14X28	-0.5998	-0.2958	0.5778	-0.6522	
515x517 [^]	6.898	1.923	7.850	6.493	5.7990
S15X17	-0.1749	-0.0882	-0.3954	0.4046	
515x518 [^]	7.412	2.650	8.367	6.496	6.2413
S15X18	0.3988	0.0400	0.1488	0.2942	
515x520 [^]	6.676	2.499	7.081	4.340	5.1578
S15X20	-0.0153	0.3630	-0.5486	-1.2051	
515x521 [^]	6.298	2.099	7.931	5.850	5.5512
S15X21	-0.3938	-0.3076	-0.2218	0.0974	
515x522 [^]	6.870	2.803	8.622	5.878	6.0879
S15X22	-0.3511	0.5924	-0.9296	-0.0221	
515x523 [^]	6.411	2.923	8.258	6.085	5.9608
S15X23	-0.3965	0.4186	-0.6245	-0.0891	
515x524 [^]	6.887	2.475	8.965	5.858	6.0758
S15X24	0.0629	-0.0528	0.3991	-0.2680	
515x525 [^]	6.713	3.443	9.521	6.638	6.6087
S15X25	-0.5656	0.7292	0.5294	0.6766	
515x526 [^]	7.376	1.993	9.338	6.822	6.4073
S15X26	0.1082	-0.3938	0.3676	0.4785	
515x527 [^]	8.074	1.437	9.814	6.732	6.5441
S15X27	0.9995	-1.0659	0.9971	0.4245	
515x528 [^]	7.528	2.224	7.866	5.223	5.7776
S15X28	0.3429	0.0411	-0.6190	-0.5925	
516x517 [^]	6.490	2.837	7.069	6.244	5.7005
S16X17	-0.4061	0.6998	-0.9755	0.3076	
516x518 [^]	7.528	2.765	8.447	6.552	6.3186
S16X18	0.6916	-0.0910	0.3697	0.5022	
516x520 [^]	6.823	2.466	7.992	5.735	5.7905
S16X20	0.3085	0.1440	0.5093	0.3419	
516x521 [^]	5.531	2.673	7.826	5.937	5.5309
S16X21	-0.9840	0.0804	-0.1859	0.2764	
516x522 [^]	7.134	2.685	8.129	6.447	6.1363
S16X22	0.0897	0.2884	-0.6817	0.6989	
516x523 [^]	5.970	2.087	7.852	5.433	5.3710
S16X23	-0.6607	-0.6034	-0.8896	-0.5791	
516x524 [^]	7.608	2.637	9.253	6.729	6.5676
S16X24	0.9607	-0.0768	0.7621	0.7550	
516x525 [^]	6.500	3.772	8.077	5.420	5.9504
S16X25	-0.1473	0.8662	-0.7797	-0.3894	
516x526 [^]	7.294	2.143	9.722	6.106	6.3121
S16X26	0.2830	-0.4948	0.8926	-0.0855	
516x527 [^]	7.124	2.090	9.461	5.075	5.9340
S16X27	0.2263	-0.5983	0.7851	-1.0805	
516x528 [^]	7.196	2.365	8.235	5.065	5.7056
S16X28	0.1877	-0.0039	-0.1031	-0.5985	

Cuadro 4.A.....continuación

517x523	6.470	2.836	9.774	5.643	6.1773
517x523	-0.2068	-0.5382	1.1342	-0.4415	
517x525	6.910	3.116	9.069	5.729	6.2132
517x525	-0.2373	-0.4736	0.9141	-0.1488	
517x527	7.233	3.525	8.675	6.416	6.4655
517x527	0.2892	0.1529	0.1008	0.1921	
517x528	7.335	2.771	8.254	6.186	6.1422
517x528	0.2806	-0.2817	0.0177	0.5141	
518x523	7.220	3.735	9.398	6.443	6.7031
518x523	0.5429	0.2552	0.7254	0.2451	
518x524	5.816	2.953	6.941	4.812	5.1322
518x524	-0.8777	-0.5502	-1.4809	-1.9498	
518x525	7.924	3.729	9.372	6.915	6.9866
518x525	0.7758	0.0398	0.5849	0.9298	
518x526	6.944	3.384	8.864	6.697	6.4708
518x526	-0.1134	0.0168	0.1036	0.9297	
518x528	6.285	2.238	8.401	5.550	5.6057
518x528	0.7697	-0.9209	0.1919	-0.2959	
520x523	6.850	3.735	9.025	6.647	6.2295
520x523	0.5548	0.0977	0.9411	1.1058	
520x525	6.956	2.953	8.470	6.036	6.1908
520x525	0.1897	-0.0192	0.2709	0.5369	
520x526	6.535	3.729	8.247	5.852	5.9773
520x526	-0.1405	0.3898	0.0752	0.1954	
520x527	5.683	3.384	8.760	6.075	5.8078
520x527	-0.8792	-0.1097	0.7417	0.9944	
520x528	6.775	2.238	7.644	5.971	5.8968
520x528	0.1022	0.5357	-0.0964	0.8424	
521x523	6.689	3.513	9.778	5.477	6.3605
521x523	0.3933	0.2366	1.1708	-0.9317	
521x524	6.613	2.916	9.527	6.095	6.2826
521x524	0.3007	-0.3838	1.1705	0.9284	
521x525	7.031	3.432	8.136	5.490	6.0151
521x525	0.2642	-0.0598	-0.5869	-0.1120	
521x526	7.164	3.748	8.612	5.732	6.3416
521x526	0.4880	0.5842	-0.0890	-0.2521	
521x527	7.228	3.448	7.845	6.254	6.2187
521x527	0.6659	0.1737	-0.7983	0.3059	
521x528	7.528	3.092	8.540	5.131	6.0858
521x528	0.9659	0.1371	0.9964	-0.2651	
522x523	6.702	3.117	9.589	5.728	6.2972
522x523	0.1230	0.0366	0.1890	-0.1682	
522x524	7.066	3.025	8.935	5.709	6.1908
522x524	0.2244	-0.0788	-0.2209	-0.1451	
522x525	7.311	3.029	10.732	5.564	6.6723
522x525	0.0149	-0.2668	1.2109	-0.1255	
522x526	6.985	2.423	10.082	6.932	6.6566
522x526	0.2209	-0.5448	0.5882	0.8604	
522x527	7.276	2.116	9.248	5.255	6.0976
522x527	0.5840	-0.9623	-0.0923	-0.7806	
522x528	7.174	2.275	9.954	5.580	6.2246
522x528	0.0286	-0.4839	0.9516	0.0964	

Cuadro 4.A.....continuación

523x526 [^]	6.360	3.344	8.923	6.103	6.2026
S23X26-	0.4917	0.0824	0.4184	-0.2966	
523x527 [^]	6.614	3.362	9.422	5.737	6.3060
S23X27-	0.0644	-0.0101	0.1508	-0.5666	
523x528 [^]	6.002	2.486	7.714	5.339	5.4060
S23X28-	0.7870	-0.5667	-1.2199	-0.4126	
524x526 [^]	5.959	3.182	7.697	6.456	5.8425
S24X26-	0.8493	-0.109	-1.4771	0.1585	
524x527 [^]	5.123	3.616	8.163	5.786	5.6768
S24X27-	1.5720	0.2205	-0.8576	-0.4755	
524x528 [^]	6.349	3.391	8.289	5.576	5.9035
S24X28-	0.4566	0.3149	-0.9967	-0.1995	
525x526 [^]	7.528	2.837	9.968	5.115	6.3523
S25X26	0.2652	-0.6400	0.4282	-1.0179	
525x527 [^]	7.267	3.852	9.721	5.156	6.4895
S25X27	0.1175	0.2645	0.9947	-0.9409	
525x528 [^]	7.085	2.986	8.077	4.967	6.7630
S25X28-	0.1751	-0.2821	-0.9715	-0.5779	