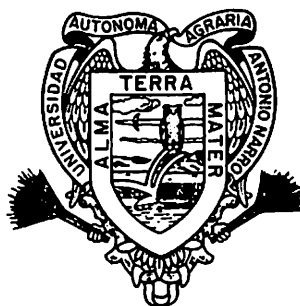


**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**DIVISION DE AGRONOMIA**



**APTITUD COMBINATORIA Y ESPECIFICA DE  
DIFERENTES POBLACIONES DE MAIZ  
( ZEA MAYS L.)**

**MARCO ANTONIO DARDON SANTIAGO**

**TESIS**

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

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA**

**1 9 8 0**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"

APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECIFICA DE DIEZ PO-  
BLACIONES DE MAIZ (ZEA MAYS L.)

MARCO ANTONIO DARDON SANTIAGO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

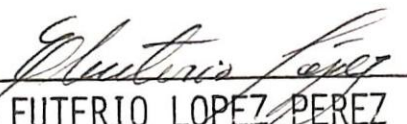
MAESTRO EN CIENCIAS  
ESPECIALIDAD FITOMEJORAMIENTO


1 9 8 0 .

ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR INDICADO, HA SIDO APROBADA POR EL MISMO Y - ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS  
ESPECIALIDAD FITOMEJORAMIENTO

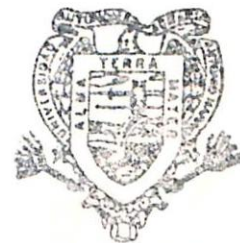
CONSEJO PARTICULAR

  
DR. ELEUTERIO LOPEZ PEREZ  
CONSEJERO

  
ING. M.C. HUGO S. CORDOVA ORELLANA  
ASESOR

  
DR. HANS RAJ CHAUDHARY

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"



BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, JULIO 1980

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

# DEDICATORIA

A mi esposa:

LEONOR ELENA

Por su paciencia, amor y  
abnegación.

A mis hijos:

GABRIEL ANTONIO  
LIZZETTE ALEJANDRA

Razón de mi superación.

A mis Padres:

MARCO ANTONIO  
ELENA YSABEL

Con cariño y agradecimien-  
to a sus esfuerzos.

A mi hermano

JORGE ANTULIO

Con cariño

A mis suegros:

GABRIEL  
y  
LEONOR

Por su constante apoyo.

A la memoria del DOCTOR MARIO CASTRO GIL.

# AGRADECIMIENTO

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), por haberme otorgado las facilidades para realizar mis estudios.

A la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID) por haber otorgado la beca para efectuar mis estudios.

Al Ing. M.C. Hugo S. Córdova, por su constante, incansable y desinteresado apoyo para mi superación profesional.

Al Dr. Eleuterio López Perez, por su acertada guía en la realización, interpretación y revisión de la presente tesis.

Al Dr. Hans R. Chaudhary, por sus brillantes sugerencias al presente trabajo.

Al Ing. M.C. Hugo S. Córdova Orellana por sus sugerencias y revisión del presente trabajo.

A los técnicos del programa de maíz del ICTA, especialmente al Ing. Hugo Córdova y P.A. Carlos N. Perez, por su valiosa ayuda en la planeación y ejecución de los trabajos de campo del presente trabajo.

Al Dr. Federico Poey, por las invalorable enseñanzas y consejos útiles para mi desenvolvimiento profesional.

A los Ings. Mario Martínez, Astolfo Fumagalli y M.C. -- Alejandro Fuentes, por su valioso apoyo para realizar mis estudios.

A mis compañeros de generación especialmente a los Ings. Danilo A. González Arauz y Mario Roberto Ozaeta Mazariegos, ambos factores importantes en la culminación de mis estudios.

A la Srita. Irene Ayala López por su incansable y desinteresada ayuda en el trabajo mecanográfico de la presente tesis y durante la realización de mis estudios,

Al Instituto Mexicano del Mafz por haber proporcionado las facilidades para efectuar los cálculos inherentes a este trabajo.

Al Ing. M.C. Victor Manuel Serrato Castrillón, por todas las facilidades otorgadas durante mi estancia en esta Universidad.

# CONTENIDO

	PÁG.
INDICE DE CUADROS	vii
INTRODUCCION . . . . .	1
REVISION DE LITERATURA . . . . .	3
MATERIALES Y METODOS . . . . .	13
RESULTADOS Y DISCUSION . . . . .	28
RESUMEN Y CONCLUSIONES . . . . .	58
BIBLIOGRAFIA . . . . .	61

## INDICE DE CUADROS

	PAG.
Cuadro 1. Descripción de las 10 poblaciones empleadas en el presente estudio	14
Cuadro 2. Detalle de las localidades donde se realizó el estudio.	15
Cuadro 3. Análisis de varianza para una variable medida en una localidad.	18
Cuadro 4. Análisis de varianza combinado, para bloques al azar con las particiones correspondientes.	21
Cuadro 5. Análisis de Varianza para ACG y ACE del -- Método 4 de Griffing, asumiendo el Modelo II.	25
Cuadro 6. Análisis de varianza individual de 54 tratamientos provenientes de 10 poblaciones - para 4 variables evaluadas en 4 localidades.	29
Cuadro 7. Media ( $\bar{X}$ ) y Coeficiente de variación (C.V.) individuales de 4 experimentos en 4 localidades	30
Cuadro 8. Análisis de varianza combinado de 54 tratamientos para 3 variables en 4 localidades - durante 1978.	31
Cuadro 9. Medias de altura de planta, altura de mazorca y Rendimiento para las 44 cruzas posibles. (con la prueba de Duncan para Rendimiento).	35



- Cuadro 10. Medias de rendimiento, altura de planta y altura de mazorca, para los 10 progenitores per se. 39
- Cuadro 11. Heterosis obtenida en %, de 44 cruzas  $F_{S1}'$ , a partir de 10 poblaciones de maíz, para la variable altura de planta. 40
- Cuadro 12. Heterosis obtenida en %, de 44 cruzas  $F_{S1}'$ , a partir de 10 poblaciones de maíz, para la variable altura de mazorca. 41
- Cuadro 13. Heterosis obtenida en %, de 44 cruzas  $F_{S1}$ , a partir de 10 poblaciones de maíz, para la variable rendimiento.
- Cuadro 14. Análisis de varianza combinado de cruzas dialélicas para 3 variables en 4 localidades. 45
- Cuadro 15. Estimación de los efectos de aptitud combinatoria general para los 10 progenitores en cada una de las 3 variables estimadas. 47
- Cuadro 16. Aptitud combinatoria específica de 44 cruzas provenientes de 10 poblaciones evaluadas en 4 localidades para las variables estudiadas. 49
- Cuadro 17. Componentes de varianza para ACG y la ACE, para 3 variables en 4 localidades.
- Cuadro 18. Estimaciones de varianza genética aditiva, no aditiva, genética total y varianza fenotípica para 3 variables a través de 3 localidades. 54

Cuadro 19. Heredabilidad promedio en sentido amplio -  
( $H^2$ ), en sentido estrecho ( $h^2$ ) y a travez  
de la regresión progenie-progenitor medio  
( $b_{\bar{o}p}$ ) de 10 poblaciones para 3 variables.

## I N T R O D U C C I O N

Para la formación de híbridos en maíz se hace necesario el uso de materiales con amplia diversidad genética. Muchos autores, además, han determinado que hay mejor manifestación de heterosis cuando estos se encuentran no emparentados entre si. Dichos materiales pueden ser poblaciones derivadas de diferentes programas de mejoramiento, los cuales han sido mejorados por diversos métodos.

Existen programas de mejoramiento en México (CIMMYT, UAAAN, INIA), en Guatemala (ICTA), en el Salvador (CENTA) y otros, de donde se han derivado poblaciones que representan un potencial de utilización genética, para la formación de híbridos, que aún no ha sido explorado.

La formación de híbridos conlleva pruebas de aptitud combinatoria general y específica de tal manera que si conocemos la aptitud combinatoria entre diversas poblaciones, es posible derivar y/o escoger los mejores materiales, en cuanto a potencial de rendimiento y características agronómicas superiores como: altura de planta y mazorca, y realizar con estos un programa completo de hibridación.

Se han realizado estudios a este respecto, Velazquez et al (1978), Córdova et al (1980) en Guatemala, reportan estimaciones de aptitud combinatoria general y específica, heterosis y tipos de acción génica involucrados en familias de hermanos completos de maíz.

Los objetivos del presente estudio son:

- 1º Seleccionar a las mejores poblaciones en base a su aptitud combinatoria general y específica.
- 2º Determinar el tipo de acción génica involucrada en la herencia de los caracteres: altura de planta, -- altura de mazorca y rendimiento, para que sirva como criterio de selección en posteriores proyectos de - mejoramiento.

## REVISION DE LITERATURA

Cruzas Dialélicas. Este es un procedimiento ampliamente usado en investigación agrícola, está constituido por todas las cruzas simples que pueden lograrse a partir de una serie de materiales progenitores básicos y está basado principalmente en los conceptos de aptitud combinatoria, su utilización estriba principalmente en estimar los componentes de varianza genética.

Sprague y Tatum (1942) introdujeron los conceptos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) de una serie de cruzas para cuantificar los componentes de varianza; definiéndolos como: "el comportamiento promedio o general de una línea en una serie de cruzas", para la ACG y "el comportamiento de combinaciones específicas de líneas en relación al comportamiento de las líneas que la forman", para la ACE.

Las cruzas dialélicas han sido ampliamente estudiadas, Hayman (1954), Jinks (1954), Kempthorne (1956) y existiendo distintas formas de enfocar dicho concepto Griffing (1956) define cruzas dialélicas como: "un sistema en donde un grupo de líneas es seleccionado y se realizan todas las cruzas posibles entre las líneas de dicho grupo". Griffing (1956) presenta 4 métodos experimentales de análisis según sean incluidos los progenitores y/o las cruzas recíprocas: 1) Progenitores,  $F'_{S_1}$  y cruzas recíprocas, 2) progenitores y  $F'_{S_1}$  -

sin recíprocas, 3)  $F'_{S_1}$  y cruzas recíprocas y 4) únicamente  $F'_{S_1}$  son incluidas.

Esta técnica ha sido utilizada por muchos investigadores para determinar las componentes de varianza de muchos materiales, en diversos programas de mejoramiento.

Arévalo et al (1974) en cebada, determinó que el diallelo produce índices más eficientes y que al determinar el tipo de acción génica se identifican los genotipos más sobresalientes que pueden utilizarse en futuros programas de mejoramiento genético y el método más eficiente para la selección de un carácter dado.

El conocimiento de la ACG y ACE es importante en los programas de mejoramiento ya que en base a ellos podemos encontrar las componentes de varianza y así conocer la varianza genética total, para así determinar la varianza genética aditiva y no aditiva; al conocer éstas podemos encontrar la heredabilidad de cada uno de los materiales en estudio.

Investigadores como Gardner (1964) han determinado que la varianza genética aditiva es la más importante en poblaciones poco mejoradas o no mejoradas.

Yap y Harvey (1971) concluyeron en sus trabajos en cebada que la acción génica aditiva es más importante que la

sin recíprocas, 3)  $F'_{S_1}$  y cruzas recíprocas y 4) únicamente  $F'_{S_1}$  son incluidas.

Esta técnica ha sido utilizada por muchos investigadores para determinar las componentes de varianza de muchos materiales, en diversos programas de mejoramiento.

Arévalo et al (1974) en cebada, determinó que el dialelo produce índices más eficientes y que al determinar el tipo de acción génica se identifican los genotipos más sobresalientes que pueden utilizarse en futuros programas de mejoramiento genético y el método más eficiente para la selección de un carácter dado.

El conocimiento de la ACG y ACE es importante en los programas de mejoramiento ya que en base a ellos podemos encontrar las componentes de varianza y así conocer la varianza genética total, para así determinar la varianza genética aditiva y no aditiva; al conocer éstas podemos encontrar la heredabilidad de cada uno de los materiales en estudio.

Investigadores como Gardner (1964) han determinado que la varianza genética aditiva es la más importante en poblaciones poco mejoradas o no mejoradas.

Yap y Harvey (1971) concluyeron en sus trabajos en cebada que la acción génica aditiva es más importante que la

no aditiva, para la variable rendimiento. Oyervides (1979) llegó a resultados similares trabajando con maíz para los caracteres: hileras por mazorca, granos por hilera, altura de planta, altura de mazorca y días a floración.

Según las poblaciones van siendo mejoradas per se, para rendimiento, la varianza genética aditiva va disminuyendo. Hallauer y Sears (1969) trabajando en selección masal para rendimiento encontraron que la varianza genética aditiva era menor en poblaciones mejoradas que en poblaciones, sin mejorar, pero con probabilidad de encontrar cruzas superiores en la población mejorada.

Rojas y Sprague (1962) al comparar la ACG y ACE en variedades de maíz encontraron que en las variedades mejoradas para rendimiento la ACE tuvo mayor importancia que la ACG.

Rivera (1977) encontró que para rendimiento, en maíces provenientes de cruzas de materiales mejorados la varianza genética total se debía en gran parte a la varianza no aditiva.

Kempthorne y Curnow (1961) al analizar líneas de una muestra aleatoria de una población proporcionaron las siguientes relaciones.

$$\overline{VACG}^2 = \text{Cov. M.H.}$$



$$\sqrt{ACE}^2 = \text{Cov. (H.C.)} - 2 \text{ Cov. (M.H.)}$$

Considerando que una población tiene estructura de - - apareamiento aleatorio, no presenta endogamia ( $F = 0$ ) y no - hay ligamiento factorial, se afirma que:

$$\text{Cov. M.H.} = \frac{1}{4} \sigma_a^2 + \dots$$

$$\text{Cov. H.C.} = \frac{1}{2} \sigma_a^2 + \frac{1}{4} \sigma_d^2 + \dots$$

de esto se puede decir que:

$$ACG^2 = \frac{1}{4} \sigma_a^2$$

y

$$ACE = \frac{1}{4} \sigma_d^2$$

donde:

Cov. M.H. = Covarianza de medios hermanos.

Cov. H.C. = Covarianza de hermanos completos.

$\sigma_a^2$  = Varianza aditiva.

$\sigma_d^2$  = Varianza dominancia (no aditiva).

$\sqrt{ACG}^2$  = Varianza debida a la aptitud combinatoria general.

$\sqrt{ACE}^2$  = Varianza debida a la aptitud combinatoria específica.

F = Coeficiente de endogamia.

Córdova et al (1980) trabajando con hermanos completos y líneas desarrolladas con endogamia lenta, concluyen que - las familias de hermanos completos mostraron valores más altos de aptitud combinatoria general que las líneas con endogamia lenta.

#### HETEROSIS.

El fenómeno de heterosis ha sido ampliamente estudiado desde tiempos muy antiguos y se ha utilizado principalmente para la formación de híbridos. La heterosis o vigor híbrido ha sido definida por muchos autores; en general puede -- decirse que es la diferencia entre la progenie y sus progenitores con respecto a cierta característica.

Las bases genéticas de la heterosis tienen su origen - en las teorías de Dominancia (Davenport 1908, Bruce 1910, Keeble y Pellew 1910) y Sobredominancia (Shull 1908, East - 1908), que son resumidas por Stanfield(1969) de la siguiente forma:

- 1º Dominancia. El vigor híbrido es el resultado de la acción e interacción de los factores - dominantes.
- 2º Sobredominancia. El vigor híbrido es debido a condiciones de heterocigosidad per se, estas van poco influenciadas por el ambiente.

Lonquist (1964) concluye que la heterosis resultante al cruzarse 2 variedades depende de la varianza aditiva y -- la varianza no aditiva, de esto si se utiliza la varianza " genética aditiva que existe en cada población se mejorará - su rendimiento individual y el de sus cruzas.

Entre más diferentes sean los progenitores y su grado de parentesco sea mas bajo, el rendimiento de los híbridos será mas alto.

Muchos investigadores han desarrollado trabajos en donde se demuestra que la heterosis es mayor entre individuos no emparentados, como lo reportan los trabajos presentados por Beal (1877), que obtuvo de 10 a 50% de heterosis trabajando con maíz. Pudiéndose mencionar, así mismo a Johnson y Hayes (1949), Bucio (1954), Méndez (1962 y Rivera (1977), quienes obtuvieron valores heterocigóticos en cruzas intervarietales con respecto a la media de los progenitores. - Griffing y Lindstrom (1954) observaron que la ACE es alta - en cruzas de materiales de germoplasma divergente y se redujo conforme los materiales se hacían similares. Sánchez (1972) concluye que el cruzamiento entre variedades de diferentes razas exhibe una mayor heterosis que si se efectuaran cruzamientos entre una misma raza. Castro (1964) trabajando con diferentes razas de maíz en México encontró valores de heterosis hasta de un 40%. Moll et al (1962) experimentando con variedades provenientes de tres regiones: -

Puerto Rico, Sureste y Medio Oeste de los Estados Unidos haciendo los cruzamientos posibles y evaluándolos, encontraron que la mayor heterosis fue expresada en las cruzas de Puerto Rico por las variedades del Sureste de los Estados Unidos, y la menor heterosis fue entre las variedades de Puerto Rico, concluyendo que la mayor heterosis se expresa entre variedades de mayor diversidad genética. Velásquez (1978) trabajando con 12 progenitores provenientes de 4 poblaciones de maíz, en México, concluyó que se tienen mejores posibilidades de encontrar cruzas rendidoras cuando provienen de progenitores de diferente origen genético, en el mismo trabajo concluyó también que el promedio de heterosis obtenido en base al promedio de los progenitores fue: 11.5% mayor en las cruzas interpoblacionales con respecto a las intrapoblacionales.

Moll et al (1965) en un experimento donde evaluaban cruzas de variedades de maíz que correspondían a 7 divergencias, obtuvieron resultados que indicaban que la heterosis aumentó en cierta forma con las divergencias, pero que en cruzas con una divergencia alta tenían una heterosis baja. Concluyendo que el grado de heterosis es proporcional a las divergencias genéticas de los padres endogámicos pero hasta cierto límite.

Córdova et al (1980) en cruzas simples, triples y poblaciones de maíz, en Guatemala, no encontraron expresión de

heterosis para el caracter altura de planta, pero si para --  
rendimiento.

Córdova et al (1980), concluyen que en familias de her-  
manos completos seleccionadas previamente los valores altos  
de heterosis estimados (50%) sugieren que la selección pre-  
via realizada ha sido efectiva en aprovechar el factor no -  
aditivo (de dominancia) en adición a los efectos aditivos --  
acumulados.

#### FORMACION DE HIBRIDOS (Hibridación).

La formación de híbridos está ampliamente relacionado  
con la manifestación de los efectos heteróticos en el cruce-  
miento de dos materiales de la misma especie, siendo este --  
uno de los métodos mas utilizados para la obtención de mate-  
riales mas rendidores en maíz.

La formación de híbridos en maíz fue iniciada aproxima-  
damente en 1847, en Illinois, cuando una variedad local se -  
sembró en un campo que se había sembrado con la variedad - -  
Gordon Hopkins, originando la variedad Reid Yellow Dent - -  
(Poehlman 1965).

Beal (1877) en Michigan, realizó un experimento donde -  
desespigó una variedad y la polinizó con otra variedad de un  
surco adyacente obteniendo un aumento de producción en la -  
variedad híbrida formada.

En trabajos presentados por algunos autores (Lonnquist y Williams 1967, Moll y Stuber 1971, Hallauer 1967 y 1973 y Betancourt, 1973), se ha llegado a demostrar, que al formar híbridos en base a poblaciones originales el resultado es - mas bajo que si se efectuara con poblaciones mejoradas, esto es debido a la mayor frecuencia de genes favorables en dichas poblaciones mejoradas.

El rendimiento es controlado por muchos genes los cuales contribuyen en forma individual en una pequeña parte, y los cambios en la expresión se rigen por cambios en las frecuencias génicas para la manifestación del caracter, esto se logra mediante el uso de métodos de selección recurrente, -- (Sprague y Eberhart 1977).

#### HEREDABILIDAD.

Es importante conocer la proporción de la varianza genética que será transmitida de un individuo a su progenie - para determinar el parecido entre ellos y conocer la perpetuidad de cierto caracter en varias generaciones de individuos.

La heredabilidad ha sido definida como: "la proporción de la varianza genética con respecto a la varianza total".

Falconer (1967) define la heredabilidad como la regresión del valor reproductivo sobre el valor fenotípico y la

estima por medio de información proporcionada por parientes, utilizando los métodos de regresión progenie-progenitor y - correlación entre medios hermanos y hermanos completos.

Dudley y Moll (1969) definen dos maneras para interpretar la heredabilidad ( $H^2$ ).

En sentido amplio:  $H^2$  es la relación de la varianza genética ( $\sigma_g^2$ ) y la varianza fenotípica ( $\sigma_p^2$ ).

$$H^2 = \sigma_g^2 / \sigma_p^2$$

En sentido estrecho:  $h^2$  es la relación de la varianza genética aditiva ( $a^2$ ) y la varianza fenotípica ( $\sigma_p^2$ ).

$$h^2 = \sigma_a^2 / \sigma_p^2$$

Agudelo (1974) comparó los métodos para estimación de heredabilidad por componentes de varianza y regresión progenie-progenitor, encontrando grandes diferencias cuando se calcula por ambos métodos, concluyendo que la regresión progenie-progenitor es ideal cuando se selecciona en base a valores individuales, mientras que si seleccionamos en base a valores de familias se emplea el basado en componentes de varianza.

## MATERIALES Y METODOS

El material genético que sirvió de base para este estudio fueron 10 poblaciones de maíz de grano blanco, de las cuales 7 se originaron del programa de maíz del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT); 1 del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria (CENTA) de el Salvador y 2 del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) de Guatemala. Características de estas poblaciones se describen en el Cuadro 1.

En el ciclo 1978 A, en el Centro Experimental Cuyuta en Guatemala, se sembraron las 10 poblaciones en pequeños lotes para obtener 45 cruzas posibles entre ellas. En la cosecha se obtuvieron solamente 44. Las 44 cruzas mas los 10 progenitores y 10 testigos se evaluaron en un diseño de látice de 8 x 8 con 4 repeticiones en cada una de las cuatro localidades. (Cuadro 2).

Se sembraron 4 surcos de 5 metros de largo con 22 plantas por surco y 50 cm. entre matas (2 plantas), tomando como parcela útil los 2 surcos centrales. Para las localidades 1 y 2 la distancia entre surcos fue de 75 cm. para una población de 53,333 plantas por hectárea y para las localidades 3 y 4 la distancia entre surcos fue de 90 cm., para una población de 44,444 plantas por hectárea.



CUADRO 1. DESCRIPCION DE LAS 10 POBLACIONES EMPLEADAS EN EL PRESENTE TRABAJO.

POBLACION	O R I G E N	DIAS A FLOR	ALTURA DE PLANTA	ALTURA DE MAZORCA	IDENTIFICACION
Centa M 1B	Salvador	57	242	133	Salvador
ICTA B-1	Guatemala	57	229	126	Guatemala
Compueto 2	Guatemala	58	232	120	Guatemala
Across 7421	Tuxpeño	57	231	123	CIMMYT
Across 7422	Mezcla Tropical Blanca	57	228	124	CIMMYT
Across 7423	Blanco Cristalino 1	56	228	123	CIMMYT
Across 7529	Tuxpeño Caribe	56	230	127	CIMMYT
Across 7530	Blanco Cristalino 2	57	238	129	CIMMYT
Across 7532	Eto Blanco	57	224	121	CIMMYT
Across 7543	La Posta	58	239	148	CIMMYT

CUADRO 2. DETALLE DE LOCALIDADES DONDE SE REALIZO EL ESTUDIO

LOCALIDAD	LUGAR	INSTITUCION	ALTURA s.n.m.	p.p.	TEMP. MAX.	TEMP. MIN.	TEMP. MED.	
1	La Máquina	Guatemala	ICTA	100 mts.	1350 mm.	32.5°C	21.5°C.	27°C.
2	Jutiapa	Guatemala	ICTA	950 mts.	750 mm.	34°	20°	27°C.
3	Comayagua	Honduras	Min. Agr. y Gan.	600 mts.	628.7mm.	34°	16°	27°C.
4	La Huerta	Jal.-Méx.	Northrup King	220 mts.	1200 mm.	29°	24°	27°C.

La fertilización aplicada fue la recomendada para cada una de las localidades en estudio.

En cada uno de los experimentos se tomaron datos de los siguientes caracteres:

Días a floración. Este dato se midió a la floración femenina y se tomó cuando el 50% de las plantas de cada parcela tenían los estigmas emergidos.

Altura de planta y mazorca. Estos datos se tomaron midiendo la altura de la planta desde la base hasta la última hoja y desde la base de la planta hasta la base de la mazorca, respectivamente.

Número de plantas cosechadas. Para esto se contaron todas las plantas existentes a la cosecha.

Rendimiento por parcela. Fue el peso total de todas las mazorcas cosechadas por parcela útil. Luego fue ajustado a toneladas por hectárea de grano al 15% de humedad mediante la fórmula:

$$\text{Peso Ton/Ha.} = \frac{100 - hc}{100 - hd} \times K_{\text{ton/Ha.}} \times K_{\% \text{ Desgrane}} \times K_{\text{plantas}}$$

donde:

hc = Humedad de cosecha.

hd = Humedad deseada -(15% en nuestro caso).

$K_{\text{Ton/Ha}}$  = Constante para ajustar a toneladas por hectárea.

$K\%$  = Constante para ajustar a rendimiento en grano.

$K_{\text{planta}}$  = Constante para ajustar por plantas faltantes.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.

Análisis de Varianza. Las 44 cruzas y sus 10 progenitores fueron analizados en cada localidad para las variables: altura de planta, altura de mazorca y rendimiento, conforme a un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones en base - al modelo:

$$Y_{ij} = \mu + B_j + T_i + E_{ij}$$

donde:

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

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

$Y_{ij}$  = Valor de la  $i$ -ésima observación en la  $j$ -ésima repetición.

$\mu$  = Efecto de la media general,

$B_j$  = Efecto de la  $j$ -ésima repetición.

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento (Progenitor o cruza).

$E_{ij}$  = Efecto del error.

Para este modelo se consideró,

$$B \sim N(0, B^2)$$

$$T \sim N(0, T^2)$$

La prueba de significancia de la diferencia entre tratamientos fue determinada bajo la siguiente prueba de F.

$$F = M_2/M_3 \text{ con } (t-1) \text{ y } (b-1)(t-1), \text{ grados de libertad - asociados con } M_2 \text{ y } M_3, \text{ respectivamente.}$$

El cuadro de análisis de varianza para este modelo se presenta en el Cuadro 3.

CUADRO 3. ANALISIS DE VARIANZA PARA UNA VARIABLE MEDIDA EN UNA LOCALIDAD

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	E.C.M.
Bloques	$b - 1$	$S_1$	$M_1$	
Tratamientos	$t - 1$	$S_2$	$M_2$	$\sqrt{e}^2 + r \sqrt{T}^2$
Error	$(b-1)(t-1)$	$S_3$	$M_3$	$\sqrt{e}^2$
Total	$tb - 1$	$S_4$		

Análisis Combinado. En base a los totales de cada tratamiento en todas las localidades, se realizó un análisis de varianza combinado, en base a un diseño de bloques al azar para una serie de experimentos repetidos, según el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j(k) + L_k + (LT)_{ik} + E_{ijk}$$

donde:

$i = 1, 2, \dots$   $t =$  (progenitor o cruza)

$j = 1, 2, \dots$   $r =$  repetición

$k = 1, 2, \dots$   $l =$  localidad.

$Y_{ijk}$  = Valor de la observación  $Y$  del  $i$ -ésimo tratamiento - en la  $j$ -ésima repetición en la  $k$ -ésima localidad.

$\mu$  = Media General

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento (progenitor o cruza).

$B_j(k)$  = Efecto de la  $j$ -ésima repetición dentro de la  $k$ -ésima localidad.

$L_k$  = Efecto de la  $k$ -ésima localidad.

$(LT)_{ik}$  = Efecto de la  $ik$ -ésima observación asociado con la - interacción por localidad.

$E_{ijk}$  = Error

Para este modelo se consideró.

$$T \sim N(0, \sigma_T^2)$$

$$B \sim N(0, \sigma_B^2)$$

$$L \sim N(0, \sigma_L^2)$$

La prueba de significancia de la diferencia entre tratamientos, localidades y su interacción se determinó con las siguientes pruebas de  $F$ .

$F_{trat.} = M_t/M_{t1}$  con  $(t-1)$  y  $(t-1)(l-1)$  grados de libertad asociados con  $M_t$  y  $M_{t1}$ , respectivamente.

$F_{loc.} = M_t/M_{t1}$  con  $(l-1)$  y  $(t-1)(l-1)$  grados de libertad asociados en  $M_l$  y  $M_{t1}$  respectivamente y

$F_{t1 \times l} = M_{t1}/M_e$   $(t-1)(l-1)$  y  $l(t-1)(r-1)$  grados de libertad asociados con  $M_{t1}$  y  $M_e$ , respectivamente.

Para la prueba de significancia de las diferencias entre curzas, progenitores y cruzas contra progenitores, se determinó con las siguientes pruebas de F.

$F_{cruzas} = M_l/M_{c1}$  con  $c-1$  y  $(c-1)(l-1)$  grados de libertad asociados con  $M_c$  y  $M_{c1}$ , respectivamente.

$F_{progenitores} = M_p/M_{p1}$  con  $(p-1)$  y  $(p-1)(l-1)$  grados de libertad asociados con  $M_p$  y  $M_{p1}$ , respectivamente.

$F_{cruzas \text{ vs. } prog.} = M_{cvp}/M_{cvp1}$  con  $l$  y  $l(l-1)$  grados de libertad asociados con  $M_{cvp}$  y  $M_{cvp1}$ , respectivamente.

El cuadro de análisis de varianza para el modelo anterior se presenta en el Cuadro 4.

CUADRO 4. ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO, PARA BLOQUES AL AZAR CON LAS  
PARTICIONES CORRESPONDIENTES.

FUENTES DE VARIACION	G.L	S.C.	C.M.
Localidades	1-1	SC <sub>1</sub>	M <sub>l</sub>
r/Localidades	(r-1)l	SC <sub>2</sub>	M <sub>r/l</sub>
Tratamientos	t-1	SC <sub>3</sub>	M <sub>t</sub>
Cruzas	c-1	SC <sub>3-1</sub>	M <sub>c</sub>
Progenitores	p-1	SC <sub>3-2</sub>	M <sub>p</sub>
Cruzas Vs Prog.	1	SC <sub>3-3</sub>	M <sub>cvp</sub> <sup>1)</sup>
Tratamiento x Localidad	(t-1)(l-1)	SC <sub>4</sub>	M <sub>tl</sub>
Cruzas x Localidad	(c-1)(l-1)	SC <sub>4-1</sub>	M <sub>cl</sub>
Progenitor x Localidad	(p-1)(l-1)	SC <sub>4-2</sub>	M <sub>pl</sub>
Cruzas Vs. Prog. x Loc.	1(l-1)	SC <sub>5</sub>	M <sub>cvp1</sub> <sup>2)</sup>
Error	l(t-1)(r-1)	M <sub>e</sub>	
Total	rtl-1		

1) cvp = Cruzas contra progenitores.

2) cvp1 = Cruzas contra progenitores por localidad.



### Comparación Múltiple de Medias.

Se aplicó la comparación múltiple de medias al 5% de probabilidad, para las variables de rendimiento según la fórmula:

$$t_{\alpha(n-1)gl} / \frac{\sqrt{2CM_{t1}}}{r1}$$

donde:

- t = en tablas = probabilidad de T tabulada.
- CM = cuadrado medio del error ( $CM_{t1}$ )
- l = # localidades
- r = # repeticiones
- $\alpha$  = nivel de significancia
- gl = grado de libertad del error

HETEROSIS. Según el rendimiento de las 44 cruzas evaluadas se determinó la heterosis en base al promedio de sus progenitores comparado con los resultados reales de cada craza y en base a su mejor progenitor (Heterobeltiosis). Esto puede representarse de la siguiente manera:

$P_1$  = mejor progenitor

$P_2$  = 2º progenitor

Con respecto al promedio de los progenitores.

$$V_e = \frac{P_1 + P_2}{2} \qquad \text{Heterosis} = \frac{V_o}{V_e} \times 100$$

Con respecto al mejor progenitor (heterobeliosis).

$$P_1 = V_e \quad \text{heterosis} = \frac{V_o}{V_e} \times 100$$

donde:

$V_o$  = Valor observado.

$V_e$  = Valor esperado

#### ANALISIS DIALELICO.

En base a las medias a través de todas las localidades de las variables: rendimiento, altura de planta y altura de mazorca, se realizó un análisis de cruza dialélicas asumiendo modelo II<sup>(1)</sup> y el método 4 de Griffing (1956) en el cual se ensayan todas las cruza directas únicamente a partir de los 10 progenitores, el modelo es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ijkl}$$

donde:

$j = 1, 2, 3, 4, \dots, p$  progenitores

$k = 1, 2, \dots, r$  repeticiones

$l = 1, 2, \dots, 1$  localidades

---

(1) Todas las variables se consideraron como efectos aleatorios exceptuando la  $\mu$ .

$Y_{ij}$  = Valor fenotípico observado del carácter en estudio para la crucea (i,j).

$\mu$  = Media poblacional

$g_i$  = Efecto de aptitud combinatoria general del progenitor i.

$g_j$  = Efecto de aptitud combinatoria general del progenitor j.

$s_{ij}$  = Efecto de aptitud combinatoria específica de la crucea ij asumiendo  $s_{ij} = s_{ji}$

$e_{ijkl}$  = Efecto del error experimental de ijkl-ésima observación.

La prueba de significancia de las diferencias entre las  $ACG_s$  y las  $ACE_s$  se determinó mediante las siguientes pruebas de F.

$F_g = M_g/M_s$  con (p-1) y  $p(p-3)/2$  grados de libertad asociados con  $M_g$  y  $M_s$  respectivamente.

$F_s = M_s/M_e$  con  $p(p-3)/2$  y  $(c-1)(l-1)$  grados de libertad asociados con  $M_s$  y  $M_e$  respectivamente.

En el Cuadro 5 se presenta el análisis de varianza del método 4 de Griffing utilizado.

Los efectos  $\hat{\mu}$ ,  $\hat{g}_i$  y  $\hat{s}_{ij}$  se calculan según las siguientes fórmulas:

$$\mu = \frac{2X_{...}}{p(p-1)}$$

$$\hat{g}_i = \frac{1}{p(p-2)} (pX_{i..} - 2X_{...})$$

$$s_{ij} = X_{ij} - \frac{1}{p-2} (X_{i..} + X_{.j.}) + \frac{2}{(p-1)(p-2)} X_{...}$$

$X_{...}$  = Gran total,

$X_{i..}$  = suma de las cruzas donde interviene el progenitor  $i$ .

$p$  = número de progenitores

CUADRO 5. ANALISIS DE VARIANZA PARA ACG Y ACE DEL METODO 4 DE GRIFFING, ASUMIENDO UN MODELO II.

F. DE V.	G.L.	S.C.	C.M.	E.C.M.
ACG	$p - 1$	$S_g$	$M_g$	$\sigma_e^2 + r1 \sigma_s^2 + r1(p-2) \sigma_d^2$
ACE	$p(p-1)/2$	$S_s$	$M_s$	$\sigma_e^2 + r1 \sigma_s^2 +$
ERROR	$(1-1)(c-1)$	$S_e$	$M_e^*$	$\sigma_e^2$

donde:

$$S_g = \frac{\sum X_i^2}{p-2} - \frac{4 X_{...}^2}{p(p-2)}$$

$$S_s = \sum_{i>j} \sum X_{ij}^2 - \frac{\sum X_i^2}{p-2} + \frac{2 X_{...}^2}{(p-1)(p-2)}$$

\* $M_e = M_{cx1}$

### Estimación de componentes de variación.

Con la esperanza matemática de los cuadrados medios se obtuvieron los estimadores de la Aptitud Combinatoria General, la Aptitud Combinatoria Específica y del Error; de esto se procedió a estimar la  $\sigma_a^2$ ,  $\sigma_d^2$  y  $\sigma_e^2$ , según las siguientes expresiones:

$$\overline{\text{ACG}}^2 = \frac{1}{4} \sigma_a^2 \quad \text{si } F = 0$$

$$\overline{\text{ACE}}^2 = \frac{1}{4} \sigma_d^2 \quad \text{si } F = 0$$

$$\sigma_e^2 = \hat{\sigma}^2 \text{ ambiente}$$

donde:

$$\overline{\text{ACG}}^2 = \text{Varianza para Aptitud Combinatoria General.}$$

$$\overline{\text{ACE}}^2 = \text{Varianza para Aptitud Combinatoria Específica.}$$

$$\sigma_e^2 = \text{Varianza para el error (ambiental).}$$

$$\sigma_d^2 = \text{Varianza de Dominancia}$$

$$\sigma_a^2 = \text{Varianza Aditiva}$$

En base a estos componentes fue posible estimar la  $\hat{\sigma}_p^2$  según la fórmula:

$$\hat{\sigma}_p^2 = \frac{\sigma_e^2}{r1} + \frac{\sigma_{ge}^2}{1} + \hat{\sigma}_g^2$$

y la heredabilidad para las variables estudiadas se estimó - en sentido amplio y sentido estrecho según las fórmulas:

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_p^2} \quad \text{para sentido estrecho}$$

$$H^2 = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_p^2} \quad \text{para sentido amplio}$$

Esta se estimó también efectuando una regresión progenie progenitor-medio según la fórmula:

$$b_{\bar{o}p} = \frac{\text{Cov. } o\bar{p}}{\sigma_p^2}$$

donde:

$b_{\bar{o}p}$  = Coeficiente de regresión progenie-progenitor medio.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 6 se presentan los análisis de varianza -- efectuados en cada localidad para las variables, días a flor, altura de planta, altura de mazorca y rendimiento. De estos análisis se encontró que todos los genotipos en estudio mostraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), para todas las variables, en todas las localidades. Sin embargo, para días a flor, los genotipos presentaron diferencias altamente significativas únicamente en la localidad 3. Las diferencias altamente significativas para las diferentes variables se explica en base a la gran heterogeneidad genética de los materiales en estudio, o sea, cruza simple y progenitores de diferente origen genético. En el Cuadro 7 se -- presentan los coeficientes de variación y la media general -- obtenidas en cada experimento.

El coeficiente de variación resultó relativamente bajo para todas las variables, en todas las localidades, excepto en la localidad 3, en donde el experimento presentó un coeficiente de variación de 32,43% para la variable rendimiento. Esto era de esperarse ya que la media general para rendimiento en dicha localidad fue muy baja con respecto a las otras localidades. La media general para la variable días a flor fue muy diferente en La Huerta Mex. con respecto a las otras localidades, siendo los materiales más tardíos en dicha localidad y más precoces en La Máquina (Guatemala), esto se ex-

CUADRO 6. ANALISIS DE VARIANZA INDIVIDUAL DE 54 TRATAMIENTOS PROVENIENTES DE 10 PO-  
BLACIONES PARA 4 VARIABLES EVALUADAS EN 4 LOCALIDADES.

LOCALIDAD	FUENTE DE VARIACION	G.L.	CUADRADOS MEDIOS				RENDIMIENTO
			DIAS A FLOR	ALTURA PLANTA	ALTURA MAZORCA		
LA MAQUINA (GUATEMALA)	Repeticiones	3	25.86**	487.00**	370.83 NS	0.63 NS	
	Tratamientos	53	8.89 NS	664.15**	446.64**	1.71**	
	Error	159	6.37	327.56	218.28	0.69	
JUTIAPA (GUATEMALA)	Repeticiones	3	12.85**	1,677.83**	462.25*	25.65**	
	Tratamientos	53	3.80 NS	631.62	452.19**	1.36**	
	Error	159	1.52	185.67	143.99	0.50	
COMAYAGUA (HONDURAS)	Repeticiones	3	3.70 NS	1,147.33**	1,016.00**	12.86**	
	Tratamientos	53	22.60**	1,006.25**	516.55	3.72**	
	Error	159	21.30	391.20	264.83	1.58	
LA HUERTA (JAL.-MEX.)	Repeticiones	3	20.83**	57.67**	172.00 NS	0.08 NS	
	Tratamientos	53	1.30 NS	759.83**	515.66**	0.93**	
	Error	159	1.26	273.91	233.39	0.031	

NS = No Significativo.

\*\* Significativo al 1% de probabilidad.

\* Significativo al 5% de probabilidad.



CUADRO 7. MEDIA ( $\bar{X}$ ) Y COEFICIENTE DE VARIACION (C.V.) INDIVIDUALES DE 4 EXPERIMENTOS PARA 4 VARIABLES.

LOCALIDAD	DIAS A FLOR	ALTURA PLANTA (cm)	ALTURA MAZORCA (cm)	RENDIMIENTO Ton./Ha.
	M E D I A S			
LA MAQUINA	52.84	232.01	127.70	5.50
JUTIAPA	61.58	222.80	116.13	5.97
COMAYAGUA	57.88	233.26	140.81	3.88
LA HUERTA	89.32	250.69	136.06	5.56
	COEFICIENTES DE VARIACION*			
LA MAQUINA	4.77	7.8	11.56	15.10
JUTIAPA	2.0	6.11	10.33	11.89
COMAYAGUA	7.97	8.47	11.55	32.43
LA HUERTA	1.25	6.60	11.22	10.0

\* en %.

plica por efectos de fotoperiodismo entre las diferentes localidades. Para la variable altura de planta, dicha media general en La Huerta (México) presenta valores altos con -- respecto a las otras localidades. Para la variable altura de mazorca los valores fueron similares para las 4 localidades. Para ambas variables los valores de la media general mas bajos se presentaron en la localidad de Jutiapa.

El análisis de varianza combinado sobre todas las localidades se presenta en el Cuadro 8, para las variables altura de planta, altura de mazorca y rendimiento. Se presentan también la media general para cada variable y su respectivo coeficiente de variación.

En el Cuadro 8 se observa que para las tres variables en estudio los tratamientos muestran ser altamente significativos ( $P \leq 0.01$ ), esto se atribuye a la diversidad genética que presentan los genotipos contrastantes involucrados en el estudio (cruzas y poblaciones). Las localidades mostraron también ser altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), esto se explica debido a que las localidades estaban localizadas en diferentes lugares geográficos \*<sup>1</sup>, por lo que existen -- grandes diferencias ambientales entre ellas. En lo que respecta a la interacción de tratamientos x localidades en el Cuadro de Análisis de Varianza (Cuadro 8), se observa que -- en cada una de las variables dió diferente resultado. En -

\*<sup>1</sup> (Guatemala, Honduras y México)

FUENTE DE VARIACION	G.L.	ALTURA DE PLANTA	ALTURA DE MAZORCA	RENDIMIENTO
Localidades	3	29281.51**	25273.71**	184.68**
r/localidades	12	282.55**	505.29*	9.80**
Tratamientos	53	1867.01**	1194.91**	4.50**
Progenitores	9	495.92N.S.	1088.22**	1.40N.S.
Cruzas	43	2164.84**	1216.16**	4.75**
ACG	9	3364.18N.S.	2,942.71**	5.06N.S.
ACE	34	1847.36**	745.90**	4.67**
Prog x cruzas	1	1400.25N.S.	1240.97N.S.	21.45**
Tratam. x loc.	159	398.29*	245.38N.S.	1.07**
Progen x loc.	27	391.66N.S.	199.30N.S.	0.90N.S.
Cruzas x loc	129	390.39*	253.43N.S.	1.13**
Prog vs cruza x localidad	3	797.71N.S.	313.91N.S.	0.37N.S.
Error	636	294,55	215,11	0.7698
C.V.		7.28	11.23	16.78
$\bar{X}$		234.69	130.17	5.23

N.S. = no significativo.      \*\* = significativo al 1% de probabilidad      \* = significativo al 5% de probabilidad.

la variable altura de planta ésta interacción mostró ser significativa al 5%. Para rendimiento dicha interacción fue altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ). Esto nos indica que los tratamientos (cruzas y progenitores) se comportaron diferente en cada una de las localidades, como se puede observar en el Cuadro 7, en donde las medias para altura de planta son diferentes entre sí, lo cual es más notable para la variable rendimiento.

Los coeficientes de variación observados para cada experimento de cada variable fueron relativamente bajos, por lo que se puede decir que en promedio dichos experimentos fueron bien conducidos.

Se realizó una partición de la suma de cuadrados de tratamientos en progenitores, cruzas y la comparación de ambos, con el objeto de observar el grado de significancia de cada uno de ellos. Los análisis relacionados a esta partición se presentan en el Cuadro 8, para cada una de las variables. Los progenitores mostraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para la variable altura de mazorca. Para las variables altura de planta y rendimiento, dichos progenitores no mostraron significancia alguna, por lo que estos progenitores son estadísticamente iguales para tales variables. Por otra parte se puede observar que las cruzas mostraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), para las 3 variables en estudio; esto es debido a que están

formadas por materiales de diferente origen genético, por lo tanto presentan heterosis en mayor o menor grado, lo que los hace diferentes entre si.

La comparación progenitores contra cruzas mostró ser altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) para la variable rendimiento (Cuadro 8), indicando por lo tanto, que para dicha variable en base al promedio de todas las cruzas y los progenitores existe heterosis ya sea positiva o negativa. Para las variables altura de planta y altura de mazorca, dicha comparación mostró no ser significativa, es decir la heterosis en estas variables no es significativa.

Comparación Múltiple de Medias. Las medias totales de rendimiento, altura de planta y altura de mazorca para cada uno de los tratamientos son presentados en el Cuadro 9, así como la prueba de rango múltiple de Duncan para rendimiento. En base a dicha prueba se observa que las cruzas formadas por las poblaciones Across 7421 x Across 7530, Compuesto 2 x Across 7530 no presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre si, presentando los rendimientos mas altos, siendo la crusa con rendimiento superior la formada por las poblaciones Across 7421 x Across 7530. La crusa que mostró mas bajos rendimientos fue la formada por las poblaciones ICTA B-1 x Across 7421. Puede notarse que la crusa con mayor rendimiento es la que presenta mayor altura de planta con valores de 7.3963 ton/ha. y 268 cm. respectivamente; y

-CUADRO 9. MEDIAS DE ALTURA DE PLANTA, ALTURA DE MAZORCA Y RENDIMIENTO, PARA LAS 44 CRUZAS POSIBLES. (CON LA PRUEBA DE DUNDAN PARA RENDIMIENTO)

Nº	CRUZA	G E N E A L O G I A	ALTURA DE PLANTA	ALTURA DE MAZORCA	RENDI- MIENTO Ton/Ha.	PRUEBA DE DUNCAN
27	4 x 8	ACROSS 7421 x ACROSS 7530	268 (22)	149.37	7.3963	a
21	3 x 8	COMPUESTO 2 x ACROSS 7530	235 (12)	128.75	7.0000	ab
8	1 x 9	CENTA M1B x ACROSS 7532	253 (20)	137.50	6.1225	bc
2	1 x 3	CENTA M1B x COMPUESTO 2	231 ( 9)	132.81	5.8944	cd
43	8 x 10	ACROSS 7530 x ACROSS 7543	254 (21)	145.93	5.8338	cd
34	5 x 10	ACROSS 7522 x ACROSS 7543	249 (19)	144.60	5.6963	cd
6	1 x 7	CENTA M1B x ACROSS 7529	243 (17)	138.12	5.6831	cd
23	3 x 10	COMPUESTO 2 x ACROSS 7543	238 (15)	139.68	5.5619	cd
3	1 x 4	CENTA M1B x ACROSS 7421	230 ( 8)	126.87	5.5306	cd
4	1 x 5	CENTA M1B x ACROSS 7522	243 (17)	127.50	4.4288	cd
38	6 x 10	ACROSS 7522 x ACROSS 7543	246 (18)	139.06	5.5181	cd
35	6 x 7	ACROSS 7523 x ACROSS 7529	225 ( 5)	125.31	5.4969	cd
1	1 x 2	CENTA M1B x ICTA B-1	234 (11)	133.75	5.4444	cd
18	3 x 5	COMPUESTO 2 x ACROSS 7522	225 ( 5)	124.06	5.4350	cd
40	7 x 9	ACROSS 7529 x ACROSS 7532	233 (10)	133.43	5.4025	cd
32	5 x 8	ACROSS 7523 x ACROSS 7530	237 (14)	138.75	5.3956	cd
24	4 x 5	ACROSS 7421 x ACROSS 7522	238 ( 6)	127.19	5.3925	cd

CUADRO 9. CONTINUACION .....

N°	CRUZA	GENEALOGIA	ALTURA DE PLANTA	ALTURA DE MAZORCA	RENDIMIENTO Ton/Ha.	PRUEBA DE DUNCAN
22	3 x 9	COMPUESTO 2 x ACROSS 7532	229 ( 7)	120.62	5.3619	cd
16	2 x 9	ICTA B-1 x ACROSS 7532	273 (23)	150.93	5.3406	cd
14	2 x 7	ICTA B-1 x ACROSS 7529	222 ( 3)	125.94	5.2663	cd
30	5 x 6	ACROSS 7522 x ACROSS 7523	238 (15)	126.25	5.2056	cd
44	9 x 10	ACROSS 7532 x ACROSS 7543	240 (17)	141.81	5.1931	cd
42	8 x 9	ACROSS 7530 x ACROSS 7532	228 ( 6)	128.12	5.1788	cd
26	4 x 7	ACROSS 7421 x ACROSS 7529	231 ( 9)	121.25	5.1438	cd
12	2 x 5	ICTA B-1 x ACROSS 7522	224 ( 4)	125.00	5.1356	cd
7	1 x 8	CENTA M1B x ACROSS 7530	239 (16)	138.12	5.1319	cd
20	3 x 7	COMPUESTO 2 x ACROSS 7529	236 (13)	129.06	5.0706	cd
9	1 x 10	CENTA M1B x ACROSS 7543	230 ( 8)	146.87	5.0588	cd
41	7 x 10	ACROSS 7529 x ACROSS 7543	235 (12)	129.69	5.0463	cd
19	3 x 6	COMPUESTO 2 x ACROSS 7523	238 ( 6)	124.68	5.0069	cd
5	1 x 6	CENTA M1B x ACROSS 7523	236 (13)	129.06	4.9650	cd
29	4 x 10	ACROSS 7421 x ACROSS 7543	237 (14)	131.00	4.9538	cd
15	2 x 8	ICTA B-1 x ACROSS 7530	229 ( 7)	133.43	4.9494	cd
13	2 x 6	ICTA B1 x ACROSS 7523	238 ( 6)	127.50	4.9356	cd
39	7 x 8	ACROSS 7529 x ACROSS 7530	239 (16)	135.62	4.9156	cd
31	5 x 7	ACROSS 7522 x ACROSS 7529	242 (17)	129.06	4.9113	cd

CUADRO 9. CONTINUACION .....

Nº	CRUZA	GENEALOGIA	ALTURA DE PLANTA	ALTURA DE MAZORCA	RENDIMIENTO Ton/Ha.	PRUEBA DE DUNCAN
28	4 x 9	ACROSS 7421 x ACROSS 7532	242 (17)	129.06	4.9100	cd
10	2 x 3	ICTA B-1 x COMPUESTO 2	218 (1)	112.50	4.8931	cd
33	5 x 9	ACROSS 7522 x ACROSS 7532	231 (9)	112.00	4.8350	cd
25	4 x 6	ACROSS 7421 x ACROSS 7523	224 (4)	121.25	4.8231	cd
37	6 x 9	ACROSS 7523 x ACROSS 7532	230 (8)	126.87	4.7575	cd
36	6 x 8	ACROSS 7523 x ACROSS 7530	228 (6)	123.12	4.7238	cd
17	3 x 4	COMPUESTO 2 x ACROSS 7421	220 (2)	119.37	4.7063	cd
11	2 x 4	ICTA B-1 x ACROSS 7421	218 (1)	121.25	4.4769	d

El número entre paréntesis indica el orden de magnitud de los valores en la columna.

MDS = 0.3657



la cruza con menor rendimiento presenta los valores inferiores de altura de planta, 4.4769 ton/ha. y 218 cm. respectivamente. Esto confirma los resultados encontrados por Gama y Hallauer (1977) y López (1979) en que no necesariamente los padres mas rendidores producen híbridos mas rendidores, o sea que no existe correlación entre el rendimiento de un padre per se y el rendimiento de cruzas donde el intervenga.

En el Cuadro 10 se presentan las medias de rendimiento para cada uno de los progenitores. La población ICTA B-1 es la que obtuvo la media con los valores superiores; esto se explica debido a que dicha población ha sido mejorada por varios ciclos de selección en Guatemala, al igual que CENTA M1B en el Salvador; mientras que las demás poblaciones han sido sometidas a menos ciclos de selección.

### Heterosis

En base a los resultados obtenidos en los Cuadros 9 y 10 se procedió a estimar la heterosis individual de cada cruza con respecto a sus progenitores. Dichas estimaciones se presentan en los Cuadros 11, 12 y 13 para las variables: altura de planta, altura de mazorca y rendimiento, respectivamente.

Dichas estimaciones se realizaron en base a 2 criterios:

1) Con respecto a la media de los progenitores (parte supe-

CUADRO 10. MEDIAS DE RENDIMIENTO, ALTURA DE PLANTA Y ALTURA DE MAZORCA, PARA LOS 10 PROGENITORES per se

	POBLACION	RENDIMIENTO Ton/Ha.	ALTURA DE PLANTA	ALTURA DE MAZORCA
2	ICTA B-1	5.4069	229	125.62
1	CENTA M1B	5.1394	242	132.25
5	ACROSS 7522	5.1100	228	123.75
10	ACROSS 7543	4.9638	239	148.12
4	ACROSS 7421	4.9269	240	123.43
6	ACROSS 7523	4.8769	228	122.4
7	ACROSS 7529	4.8581	230	127.18
8	ACROSS 7530	4.8025	238	129.35
3	COMPUESTO 2	4.5956	232	120.00
9	ACROSS 7532	4.3350	224	120.93

CUADRO 11. HETEROSIS\* OBTENIDA EN %, DE 44 CRUZAS  $F_{Si}$  A PARTIR DE 10 POBLACIONES DE MAIZ, PARA LA VARIABLE ALTURA DE PLANTA.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	99.36	97.46	97.25	103.01	100.42	104.23	99.58	108.58	108.03
2	96.69	94.57	94.78	102.41	99.78	96.73	98.07	120.52	
3	95.45	93.96	95.03	97.82	99.13	102.16	100.00	100.43	101.60
4	95.04	90.83	91.67	99.34	97.60	100.21	114.28	101.10	100.85
5	100.41	102.18	96.98	95.00	104.38	105.67	101.71	102.21	106.64
6	97.52	99.56	98.27	93.33	104.38	98.75	97.85	101.77	105.35
7	100.41	96.52	101.72	96.25	105.21	97.82	102.14	102.64	110.87
8	98.76	96.22	98.74	111.67	99.58	100.42		98.70	106.49
9	104.55	119.21	98.71	95.83	101.31	101.30	95.80		103.67
10	102.89		99.58	98.75	104.18	102.93	108.79	106.28	100.42

Heterosis media con respecto a la media de los progenitores = 101.08% (Arriba de la Diagonal)

Heterosis media con respecto al mas alto progenitor = 99.80% (abajo de la Diagonal).

CUADRO 12. HETEROSIS\* OBTENIDA EN %, DE 44 CRUZAS  $F_{S1}$ , A PARTIR DE 10 POBLACIONES DE MAIZ, PARA LA VARIABLE ALTURA DE MAZORCA.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		103.47	105.13	99.22	99.61	100.78	106.15	105.34	108.66	119.51
2	101.32		91.86	97.19	100.00	102.81	99.60	104.31	122.27	
3	100.57	89.95		97.94	101.63	102.88	104.45	103.61	100.41	104.48
4	96.03	96.32	96.41		102.83	98.37	96.80	118.25	100.00	96.68
5	96.78	99.51	100.20	102.63		102.02	102.79	109.88	102.04	106.61
6	97.54	101.89	102.04	98.03	101.82		100.00	97.61	104.10	102.58
7	104.24	99.07	101.43	95.14	101.43	98.29		106.25	106.45	94.54
8	104.34	102.82	99.72	115.19	107.46	95.09	105.14		102.40	105.41
9	104.34	102.21	100.06	98.84	102.01	103.67	103.79	91.95		105.57
10	99.24		94.51	88.44	97.89	93.84	87.77	98.56	98.56	

\*Heterosis media con respecto a la media de los progenitores 103.24% (Arriba de la Diagonal)

Heterosis media con respecto al progenitor mas alto = 99.94% (Abajo de la Diagonal).

CUADRO 13. HETEROSIS\* OBTENIDA EN %, DE 44 CRUZAS  $F_{11}$ , A PARTIR DE 10 POBLACIONES DE MAIZ, PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		103.25	121.10	109.88	107.89	99.14	113.69	103.24	129.24	101.15
2	100.64		97.84	86.65	97.66	95.99	102.61	96.96	109.64	
3	114.69	90.50		98.84	112.00	105.71	107.27	148.97	120.08	116.37
4	107.61	82.80	95.52		107.45	98.39	105.14	152.04	106.02	100.17
5	107.58	94.98	106.36	105.53		104.24	98.54	108.86	102.38	113.09
6	96.60	91.28	102.67	97.89	101.87		112.93	96.60	102.29	112.15
7	110.58	96.40	104.37	104.40	96.11	112.71		101.77	117.53	102.76
8	99.85	91.54	145.75	150.12	105.59	96.86	101.18		113.35	119.47
9	119.13	98.77	116.67	99.66	94.62	97.55	111.21	107.84		111.69
10	98.43		112.04	99.80	111.47	111.18	101.66	117.53	104.62	

\* Heterosis media con respecto a la media de los progenitores = 108.50% (Arriba de la Diagonal)

Heterosis media con respecto al mas alto progenitor = 104.89% (Abajo de la Diagonal)

rior de la diagonal de cada cuadro) y 2) con respecto al mejor de los progenitores (parte inferior de la diagonal de cada cuadro). Con los resultados obtenidos para cada variable se estimó la heterosis media en ambos sentidos (con respecto a la media y con respecto al mejor de los progenitores).

La heterosis estimada con respecto a la media de los progenitores fue superior con respecto al mejor de los progenitores, lo cual era de esperarse para las tres variables consideradas (Cuadros 11, 12 y 13).

Para las variables altura de planta y altura de mazorca (Cuadros 11 y 12) se observa que la heterosis media al estimarse con respecto a la media de los progenitores presenta valores de 1.8% y de 3.24% respectivamente. Pero dicha heterosis es no significativa (Cuadro 8); esto era lo esperado debido a que tanto la altura de planta como la altura de mazorca son caracteres fijados a travez del proceso de mejoramiento, según lo concluido por Córdova y Poey (1978) la selección previa hacia planta baja fue efectiva en fijar los efectos aditivos que contribuyen a este caracter. Sin embargo, en algunas cruza existe heterosis en ambos sentidos (Cuadros 11 y 12).

Para la variable rendimiento (Cuadro 13) se manifiesta heterosis en ambos sentidos y en base al análisis de varianza (Cuadro 8) se observa que es altamente significativa - -

( $P \leq 0.01$ ), esto coincide con lo concluído por Beal (1877), Johnson y Hayes (1949), Bucio (1954), Méndez (1962), Rivera (1977), Cordova et al (1980) y Velazquez (1978), los -- cuales han encontrado rendimientos altos al efectuar cruza -- mientos entre poblaciones de diferente origen genético. -- Además el rendimiento es un caracter dominado por efectos de acción génica tanto de tipo aditivo como de tipo no aditivo y el fenómeno de heterosis se manifiesta por efectos de dominancia (no aditivos) y sobredominancia (Stanfield - 1969), además dicha heterosis es debida a los cambios en - frecuencia génica de las poblaciones en estudio.

En el Cuadro 13 se observa que para la variable rendimiento las cruzas Across 7421 x Across 7530, Compuesto 2 x Across 7530 y Centa M1B x Across 7532 presentan los valores superiores de heterosis, 52.04%, 48.97% y 29.24% respectivamente, con respecto a la media de los progenitores y 40.12%, 45.74 y 19.13% respectivamente, con respecto al mejor progenitor. Al efectuar la comparación de las cruzas con valores superiores de heterosis para la variable rendimiento (Cuadro 13), con las medias de rendimiento (Cuadro 10) se - observa que dichas cruzas coinciden con las que se obtuvieron los rendimientos superiores que presentan diferencias - altamente significativas. Lo cual era de esperarse ya que a mayor rendimiento de la crusa mayor heterosis positiva - de la misma; debido a la acumulación de genes favorables,

Aptitud Combinatoria. Los resultados del análisis de cruza dialélicas de las cruza provenientes de las 10 poblaciones para las 3 variables en estudio se presentan en el Cuadro 14.

CUADRO 14. ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO DE CRUZAS DIALE-LICAS PARA 3 VARIABLES EN 4 LOCALIDADES

FUENTES DE VARIACION	G.L.	CUADRADOS MEDIOS		
		ALTURA PLANTA	ALTURA MAZORCA	RENDIMIENTO
ACG	9	3364.18 NS	2942.71 **	5.062 NS
ACE	34	1847.36 **	745.90 **	4.67 **
Error	129	390.39	215.11	1.1256

\*\* Significativo al 1% de probabilidad.

NS No significativo.

Interpretación de ACG. En este caso al no resultar diferencias significativas para la ACG en altura de planta y rendimiento podemos por lo tanto decir que las 10 poblaciones en estudio cuando se cruzaron con el resto mostraron en promedio un igual comportamiento en su capacidad combinato-ria. Sin embargo, al estimar la ACG para cada una de las poblaciones (Cuadro 15), se observa que sí existe diferen-cia entre ellas, para la variable altura de planta y rendi-miento.



Por otro lado, la alta significancia de la aptitud combinatoria específica, nos dice que algunas poblaciones cuando se cruzaron produjeron progenies (cruzas) que fueron altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), mejor o peor que el valor que pudiera haber sido esperado en base a la aptitud combinatoria general de sus padres. Debido a que cada población tiene diferente frecuencia de genes que se ha acumulado durante el proceso de mejoramiento.

Sin embargo, aún cuando la ACE para las 3 variables resulta altamente significativa podemos ver (Cuadro 14) - que los efectos de tipo de acción génica aditiva fueron mas importantes al menos en altura de planta y altura de mazorca para causar las diferencias encontradas en nuestras cruzas (Cuadro 10), ya que el cuadrado medio para la ACG en ambas, altura de planta y altura de mazorca, fue casi el doble que el cuadrado medio para la ACE. Para el caso de rendimiento podemos ver que ambos cuadrados medios de ACG como de ACE son relativamente iguales, por lo tanto ambos efectos aditivos y no aditivos son importantes para explicar las diferencias genéticas de nuestras 44 cruzas bajo estudio.

En el Cuadro 15 se presentan los resultados de las estimaciones de los efectos de ACG para cada una de las poblaciones. Se observa que las poblaciones que obtuvieron valores superiores para cada altura de planta son: Across <

CUADRO 15. ESTIMACION DE LOS EFECTOS DE APTITUD COMBINATORIA GENERAL PARA LOS 10 PRO-  
GENITORES EN CADA UNA DE LAS 3 VARIABLES ESTIMADAS.

	ALTURA PLANTA	ALTURA MAZORCA	RENDIMIENTO	POBLACIONES
1	5.2569 ( 2 )	- 0.69644 ( 3 )	0.201023 ( 2 )	Centa M1B
2	- 2.9928 ( 6 )	- 5.55358 ( 6 )	- 0.274852 ( 9 )	ICTA B-1
3	- 7.4825 (10)	-10.9822 (10)	0.147348 ( 3 )	Compuesto 2
4	- 4.4763 ( 7 )	- 8.98216 ( 8 )	- 0.052253 ( 7 )	Across 7421
5	- 4.9254 ( 9 )	- 6.69644 ( 7 )	- 0.026952 ( 5 )	Across 7522
6	- 4.9050 ( 8 )	-10.41073 ( 9 )	- 0.289853 (10)	Across 7523
7	- 1.9763 ( 5 )	- 4.8393 ( 5 )	- 0.049777 ( 6 )	Across 7529
8	4.3137 ( 3 )	0.732131( 2 )	0.346735 ( 1 )	Across 7530
9	3.2975 ( 4 )	- 3.69644 ( 4 )	- 0.081177 ( 8 )	Across 7532
10	13.8902 ( 1 )	50.12516 ( 1 )	0.079758 ( 4 )	Across 7543

7543 y Centa M1B. En la variable altura de mazorca la población que obtuvo el valor más alto fue la población Across 7543. Para rendimiento se observan que las poblaciones - - Across 7530 y Centa M1B presentaron valores mas altos de ACG.

Basándonos en los resultados obtenidos en el Cuadro 15, inferimos, que las poblaciones que presentan valores superiores para ACG tales como: Across 7543 y Centa M1B para altura de planta, Across 7543 y Across 7530 para altura de mazorca y Across 7530 y Centa M1B para rendimiento, tienen mayor capacidad para combinar con otros materiales que el resto de las poblaciones. Esto nos indica, por lo tanto, que estas poblaciones pudieran usarse ya sea per se o combinarse con otras poblaciones para futuros programas de mejoramiento interpoblacional (formación de sintéticos, compuestos o nuevas variedades). Esto no sucede con aquellas poblaciones en los cuales los valores de ACG son bajos tales como: Compuesto 2 y Across 7522 para altura de planta, compuesto 2 y Across 7530 para altura de mazorca y Across 7523 e ICTA B-1 para la variable rendimiento.

Las estimaciones de ACE para cada una de las cruzas en cada una de las variables son presentados en el Cuadro 16.

Para la variable rendimiento (Cuadro 16) se aprecia - que las cruzas con valores superiores de ACE fueron las formadas por las poblaciones Across 7421 x Across 7530 y Com-

CUADRO 16. APTITUD COMBINATORIA ESPECIFICA DE 44 CRUZAS PROVENIENTES DE 10 POBLACIONES EVALUADAS EN 4 LOCALIDADES PARA LAS VARIABLES ESTUDIADAS.

CRUZA	G E N E A L O G I A	RENDIMIENTO	ALTURA DE PLANTA	ALTURA DE MAZORCA
1 x 2	CENTA M1B x ICTA B-1	0.212525 (12)	- 3.473267 (28)	0.250015 (18)
1 x 3	CENTA M1B x COMPUESTO 2	0.240326 ( 9)	- 2.413498 (21)	4.678589 ( 9)
1 x 4	CENTA M1B x ACROSS 7421	0.076127 (19)	- 6.049759 (33)	- 3.321411 (31)
1 x 5	CENTA M1B x ACROSS 7522	0.049026 (20)	2.156509 (15)	- 4.607132 (35)
1 x 6	CENTA M1B x ACROSS 7523	- 0.251873 (30)	- 0.310989 (19)	- 0.892853 (25)
1 x 7	CENTA M1B x ACROSS 7529	0.226152 (13)	3.950256 (12)	3.535721 (10)
1 x 8	CENTA M1B x ACROSS 7530	- 0.721561 (44)	- 6.399734 (34)	- 2.035706 (28)
1 x 9	CENTA M1B x ACROSS 7532	0.696951 ( 3)*	8.986511 ( 4)	2.392868 (13)
1 x 10	CENTA M1B x ACROSS 7543	- 0.527687 (40)	4.442123 (11)	6.999985 ( 3)
2 x 3	ICTA B1 x COMPUESTO 2	- 0.2851 (32)	- 6.663834 (35)	- 10.464272 (42)
2 x 4	ICTA B1 x ACROSS 7421	- 0.501699 (39)	- 10.610092 (43)	- 4.464272 (34)
2 x 5	ICTA B1 x ACROSS 7522	0.131701 (16)	- 7.723831 (38)	- 2.749992 (30)
2 x 6	ICTA B1 x ACROSS 7523	0.1946 (14)	- 0.181320 (18)	2.964294 (11)
2 x 7	ICTA B1 x ACROSS 7529	0.285226 ( 8)	- 8.740082 (42)	- 3.607132 (32)
2 x 8	ICTA B1 x ACROSS 7530	- 0.428187 (38)	7.840073 (39)	- 2.178558 (29)
2 x 9	ICTA B1 x ACROSS 7532	0.390925 ( 6)	37.236173 ( 1)*	20.250015 ( 1)*
3 x 4	COMPUESTO 2 x ACROSS 7421	- 0.694498 (43)	- 3.310333 (26)	- 1.035698 (27)
3 x 5	COMPUESTO 2 x ACROSS 7522	0.008902 (22)	- 2.294067 (20)	1.678581 (16)
3 x 6	COMPUESTO 2 x ACROSS 7523	- 0.156299 (27)	5.248444 ( 8)	5.392868 ( 5)

CRUZA G E N E A L O G I A R E N D I M I E N T O A L T U R A D E P L A N T A A L T U R A D E M A Z O R C A

3 x 7	COMPUESTO 2 x ACROSS 7529	- 0.332673 (34)	9.499680 (3)*	4.821442 (8)
3 x 8	COMPUESTO 2 x ACROSS 7530	1.200214 ( 2)*	2.589691 (13)	- 0.749985 (22)
3 x 9	COMPUESTO 2 x ACROSS 7532	- 0.009974 (23)	- 2.644058 (24)	- 4.321419 (33)
3 x 10	COMPUESTO 2 x ACROSS 7543	0.029088 (21)	0.876007 (17)	- 0.000015 (21)
4 x 5	ACROSS 7421 x ACROSS 7522	0.166002 (15)	- 2.990326 (23)	2.678581 (12)
4 x 6	ACROSS 7421 x ACROSS 7523	- 0.140498 (26)	- 2.447815 (22)	- 0.607132 (24)
4 x 7	ACROSS 7421 x ACROSS 7529	- 0.059873 (24)	1.493423 (14)	- 5.178558 (36)
4 x 8	ACROSS 7421 x ACROSS 7530	1.796115 ( 1)*	32.083435 ( 2)*	17.250015 ( 2)
4 x 9	ACROSS 7421 x ACROSS 7532	- 0.262273 (31)	- 4.090317 (31)	- 5.321419 (37)
4 x 10	ACROSS 7421 x ACROSS 7543	- 0.379411 (36)	- 3.690247 (29)	- 9.000015 (39)
5 x 6	ACROSS 7522 x ACROSS 7523	0.216702 (11)	7.938446 ( 6)	2.107147 (14)
5 x 7	ACROSS 7522 x ACROSS 7529	- 0.317673 (33)	8.449692 ( 5)	0.535721 (17)
5 x 8	ACROSS 7522 x ACROSS 7530	- 0.229886 (29)	- 2.840302 (25)	4.964294 ( 7)
5 x 9	ACROSS 7522 x ACROSS 7532	- 0.362573 (35)	- 7.134048 (36)	- 4.607132 (35)
5 x 10	ACROSS 7522 x ACROSS 7543	0.337788 ( 7)	4.826019 (10)	4.999985 ( 6)
6 x 7	ACROSS 7523 x ACROSS 7529	0.530827 ( 9)	- 3.697800 (30)	- 0.750000 (23)
6 x 8	ACROSS 7523 x ACROSS 7530	- 0.638785 (41)	- 7.177795 (35)	- 8.321426 (38)
6 x 9	ACROSS 7523 x ACROSS 7532	- 0.177173 (28)	- 4.291550 (32)	0.107147 (20)
6 x 10	ACROSS 7523 x ACROSS 7543	0.422488 ( 3)	5.808533 ( 7)	- 1.000015 (26)

CUADRO 16. CONTINUACION....

CRUZA	G E N E A L O G I A	RENDIMIENTO	ALTURA DE PLANTA	ALTURA DE MAZORCA
7 x 8	ACROSS 7529 x ACROSS 7530	- 0.687960 (42)	1.453445 (16)	0.107147 (19)
7 x 9	ACROSS 7529 x ACROSS 7532	0.227752 (10)	- 3.460297 (27)	0.535721 (17)
7 x 10	ACROSS 7529 x ACROSS 7543	0.127313 (17)	- 8.060226 (41)	- 10.000015 (41)
8 x 9	ACROSS 7530 x ACROSS 7532	0.392460 (37)	- 15.690292 (44)	- 9.035706 (40)
8 x 10	ACROSS 7530 x ACROSS 7543	0.101601 (18)	4.709778 ( 9)	5.999985 ( 4)
9 x 10	ACROSS 7532 x ACROSS 7543	0.111187 (25)	- 8.023972 (40)	1.999985 (15)

\* Cruzas con mayor ACE.

El número entre paréntesis indican el orden de magnitud de los valores en forma descendente.

puesto 2 x Across 7530, se hace notar que en ambas cruzas interviene la población Across 7530, la cual presenta los valores mas altos de ACG (Cuadro 15) lo que viene a confirmar lo anteriormente dicho, o sea que las poblaciones de mayor ACG tienen mayor capacidad combinatoria. Estas cruzas con mayor ACE coinciden con ser las que obtuvieron los mas altos valores de rendimiento promedio (Cuadro 10) y los valores más altos de heterosis (Cuadro 13).

Las poblaciones que presentan valores superiores de ACG (Across 7530, Centa M1B y Compuesto 2) son las que participan en los cruzamientos que obtuvieron los rendimientos mas altos (Cuadro 10), esto se esperaba debido a la habilidad de cada una para combinarse con otros materiales.

Para las variables altura de planta y altura de mazorca las cruzas con mejor ACE son: ICTA B1 x Across 7532 y Across 7421 x Across 7530, siendo las mismas en ambas variables, sin embargo, las poblaciones que forman estas cruzas no coinciden con ser las poblaciones con mas alta ACG. Esto se atribuye a que dichas características (altura de planta y altura de mazorca) dependen de un tipo de acción génica similar, es decir dependen de efectos aditivos y no de no aditivos que son los efectos representados por la ACE. Sin embargo, para la variable altura de planta dichas cruzas presentan valores de heterosis de 20.52% y 14.28%, respectivamente con respecto a la media de los progenitores y de 19.21% y 11.67% respectivamente, con respecto al progeni-

tor mas alto.

Para la variable altura de mazorca los valores de heterosis para dichas cruzas son: 22.75% y 18.75%, respectivamente con respecto a la media de los progenitores y de - - 20.21% y 15.19% respectivamente con respecto al progenitor mas alto. En ambas variables los valores de la media general no coinciden con ser los superiores para esas cruzas -- (Cuadro 10).

En el Cuadro 17 se presentan las estimaciones correspondientes para las componentes de varianza con el error - estandard de aptitud combinatoria general ( $\widehat{\sigma}_{ACG}^2$ ) y aptitud combinatoria especifica ( $\widehat{\sigma}_{ACE}^2$ ) para las tres variables en estudio.

CUADRO 17. COMPONENTES DE VARIANZA PARA LA ACG Y LA ACE, PARA 3 VARIABLES EN 4 LOCALIDADES.

VARIABLE	$\widehat{\sigma}_{ACG}^2$	$\widehat{\sigma}_{ACE}^2$	$\frac{\widehat{\sigma}_{ACE}^2}{\widehat{\sigma}_{ACG}^2}$
Alt. de planta	11.85 ± 12.86	91.06 ± 27.76	8 : 1
Altura de Mazorca	11.55 ± 10.90	33.17 ± 11.26	2 : 1
Rendimiento	0.0001 ± 0.02	0.22 ± 0.07	71 : 1



En el Cuadro 17 se observa que la  $\overline{\sigma_{ACE}^2}$  es mas alta - que la  $\overline{\sigma_{ACG}^2}$  principalmente para la variable rendimiento en donde la relación entre ellos es de 71:1,

En base a las estimaciones hechas en el Cuadro 17 podemos estimar los valores para la varianza aditiva ( $\sigma_a^2$ ) la varianza no aditiva ( $\sigma_d^2$ ), la varianza genética total ( $\sigma_g^2$ ) y la varianza fenotípica ( $\sigma_p^2$ ) para cada una de las variables, los cuales se presentan en el Cuadro 18.

CUADRO 18. ESTIMACIONES DE VARIANZA GENETICA ADITIVA, NO ADITIVA, GENETICA TOTAL Y VARIANZA FENOTIPICA PARA 3 VARIABLES A TRAVEZ DE 4 LOCALIDADES.

VARIABLE	$\sigma_a^2$	$\sigma_d^2$	$\sigma_g^2$	$\sigma_d^2 / \sigma_g^2$ *	$\sigma_p^2$
Altura planta	47.40	364.24	411.64	88	436.09
Altura Mazorca	70.21	132.70	202.91	61	218.75
Rendimiento	0.012	0.886	0.898	99	0.969

\* en %.

En el Cuadro 18, se observa que la varianza aditiva - es notablemente menor que la varianza no aditiva, principalmente para la variable rendimiento. Esto concuerda con lo concluido por Hallauer y Sears (1969), que para rendimiento en poblaciones mejoradas la varianza genética aditiva es - menor que la varianza genética no aditiva. Si se observa -

la relación que existe entre la  $\sigma_d^2$  y la  $\sigma_g^2$  es de 99%, - siempre para la variable rendimiento, lo que comprueba lo enmarcado por Rivera (1977) para rendimiento, en maíces mejorados la varianza genética total se debe a la varianza no aditiva.

Para la variable altura de planta, el comportamiento de las componentes de varianza es similar que para rendimiento solamente que en menor grado. Para la variable altura de mazorca dicha diferencia entre la  $\sigma_a^2$  y la  $\sigma_d^2$  es muy poca, más sin embargo prevalece que la  $\sigma_a^2$  sea menor que la  $\sigma_d^2$ .

Los resultados anteriores confirman que la varianza genética no aditiva en mi estudio es más importante que la varianza genética aditiva. En el caso específico de la variable altura de mazorca la poca diferencia observada (Cuadro 18) entre ambas varianzas ( $\sigma_a^2, \sigma_d^2$ ), nos indica que la importancia de la  $\sigma_d^2$  es relativa, no siendo tan notoria - como para las otras dos variables.

Heredabilidad. La heredabilidad promedio que exhiben las poblaciones en estudio se estimó: 1) En base a las componentes de varianza, en sentido amplio ( $H^2$ ) y en sentido estrecho ( $h^2$ ). 2) a través de la regresión progenie-progenitor medio ( $\hat{b}_{0p}$ ) dichas estimaciones se presentan en el Cuadro 19.

CUADRO 19. HEREDABILIDAD\* PROMEDIO<sub>2</sub> EN SENTIDO AMPLIO (  $H^2$  ) EN SENTIDO ESTRECHO (  $h$  ) A TRAVEZ DE LA REGRESION PROGENIE-PROGENITOR MEDIO (  $b_{\bar{0}p}$  ) DE 10 POBLACIONES PARA 3 VARIABLES.

V A R I A B L E	$h^2$	$H^2$	$\hat{b}_{\bar{0}p}$
Altura de Planta	10.87	94.40	93.47
Altura de Mazorca	32.09	92.76	96.00
Rendimiento	1.26	92.73	0

\* en %.

Para la variable altura de planta la heredabilidad estimada en sentido amplio (  $H^2$  ) y a travez de la regresión -progenie-progenitor medio fue similar, 94.4% y 93.47% respectivamente y al estimarse en sentido estrecho el valor de dicha estimación fue bajo (10.87%). Para la variable altura de mazorca, el comportamiento con respecto a la heredabilidad estimada en sentido amplio y a travez de la regresión progenie-progenitor medio fue similar al observado en la variable altura de planta y cuando se estimó en sentido estrecho este valor fue mucho mas alto que el observado en dicha variable. Esto se explica al valor estimado de la  $\sqrt{a^2}$ , en altura de mazorca dicho valor es relativamente más alto que en la variable altura de mazorca (Cuadro 18). Las

estimaciones de heredabilidad para la variable rendimiento (Cuadro 14), difieren mucho en los 3 sentidos, la heredabilidad en sentido amplio es de 92.73%, en sentido estrecho es de 1.26%. Esto es atribuible a que para este caso la varianza aditiva ( $\sigma_a^2$ ) es muy baja en relación a la varianza fenotípica y la varianza genética total es alta debido a la varianza no aditiva ( $\sigma_d^2$ ), lo que resalta la importancia de los efectos no aditivos. Sin embargo, la heredabilidad en sentido estrecho puede estar subestimada ya que el error estandar del componente ACG es mayor que el mismo componente (Cuadro 17). Por lo tanto, el valor de  $h^2$  (1.26%) debe considerarse con reservas. En la relación a la heredabilidad cuando se estima a travez de la regresión progenie progenitor para la misma variable, da un valor igual a 0 ó menor que 0, esto es debido a efectos ambientales que afectan la relación entre la progenie y el progenitor que se manifiesta de diferente manera en la crusa y los progenitores. Por lo tanto, esto comprueba lo expresado por Aqudelo (1975), al respecto que cuando se selecciona en base a familias, la estimación de la heredabilidad debe basarse en el cálculo de las componentes de varianza.

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

Con el propósito de seleccionar las mejores poblaciones en base a su aptitud combinatoria general y específica y determinar el tipo de acción génica de ellas para las variables altura de planta, altura de mazorca y rendimiento, se evaluaron 44 cruzas formadas a partir de 10 poblaciones de maíz de grano blanco, de diferente origen genético. Dichas poblaciones provienen de diferentes programas de mejoramiento.

Dicha evaluación (44 cruzas y 10 poblaciones) se realizó en el año de 1978 en 4 localidades.

Debido a la amplia diversidad genética entre las poblaciones y a las grandes diferencias ambientales entre las localidades, los tratamientos y las localidades presentaron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre ellos. La interacción tratamientos por localidades presentó diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para las variables altura de planta y rendimiento, por lo tanto, los genotipos en ambas variables observaron diferente comportamiento en las 4 localidades. Para la variable altura de mazorca la interacción fue no significativa, por lo tanto para esta variable todos los genotipos observaron igual comportamiento. Las cruzas mostraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para todas las variables. Los pro-

genitores, para las variables altura de planta y rendimiento no presentaron diferencias significativas, mientras que para la variable altura de mazorca, presentaron diferencias - altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre ellos. La comparación entre cruzas y progenitores mostró ser altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) únicamente para la variable rendimiento y no significativa para las otras variables, esto es debido a la heterosis existente para la variable rendimiento en las cruzas, por lo que indica que dicha heterosis presenta diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre todas las cruzas. En general la heterosis media estimada en cada una de las variables fue mayor al ser estimada en base a la media de los progenitores, que cuando se estimó en base al mejor progenitor.

En cuanto a aptitud combinatoria general se refiere - para la variable rendimiento las poblaciones Across 7530 y Centa M1B fueron quienes presentaron los valores superiores. Para la variable altura de planta fueron las poblaciones - Across 7543 y Centa M1B y para altura de mazorca la población Across 7543.

Para la variable rendimiento, las cruzas formadas por las poblaciones Across 7421 x Across 7530 y Compuesto 2 x Across 7530 tienen valores mas altos de ACE. Para las variables altura de planta y altura de mazorca, coincidieron las cruzas ICTA B-1 x Across 7532 y Across 7421 x Across -

7530 en ser las que mostraron valores mas altos de ACE.

En base a la estimación de los componentes de varianza para las tres variables, se observó que la varianza genética no aditiva fue mayor que la varianza genética aditiva, considerándose por ello, más importante la varianza no aditiva, la cual contribuye en un alto porcentaje a la varianza genética total para las tres variables.

La heredabilidad estimada en sentido amplio ( $H^2$ ) por medio de las componentes de varianza, mostró valores altos en todas las variables, por estar influenciado principalmente por efectos no aditivos, mientras que al estimarse en sentido estrecho ( $h^2$ ) dió valores relativamente bajos por estar influenciada dicha heredabilidad por efectos no aditivos únicamente.

Al estimarse la heredabilidad a travez de la regresión progenie-progenitor medio nos dió resultados similares que cuando se calculó en sentido amplio basándonos en las componentes de varianza; excepto para la variable rendimiento en la cual dicha estimación fue igual a 0, esto se debió a efectos ambientales ó de muestreo.

Por lo tanto, de este trabajo se puede concluir que las mejores poblaciones que pudieran usarse en futuros programas de mejoramiento son: Across 7530, Centa M1B y Compuesto 2,

en especial la población Across 7530 para mejoramiento inter-poblacional ya que presentó el efecto mayor de aptitud combinatoria general y formó parte de las cruzas con mayor aptitud combinatoria específica.

Se recomienda, así mismo, incrementar las poblaciones - Across 7421, Across 7530 y Compuesto 2, las cuales forman -- parte de las cruzas con mayor aptitud combinatoria específica para ser utilizadas para la formación de híbridos inter-poblacionales y recomendar su explotación comercial.



## B I B L I O G R A F I A

- Agudelo, L., C 1974. Estimación de heredabilidad por regresión progenie progenitor en una población de maíz -- (Zea mays L.) a tres densidades de siembra. Tesis - M.C. Colegio de Postgraduados ENA. Chapingo, México.
- Arévalo M.N., J. Molina, A. Martínez 1974. Estimación de los parámetros genéticos para once caracteres de cebada maltera (Hordeum vulgare L.) mediante el análisis de cruzas dialélicas. Agrociencia 16:97-109.
- Beal, W.J. 1877. Report of the professor of botany and horticulture. Annual Rep. Mich. Board Agric. p. 41 - 59.
- Betancourt V., A. 1973. Comparación del potencial genético entre variedades de maíz no seleccionadas y mejoradas por selección masal como fuentes de líneas de -- alta aptitud combinatoria general. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, ENA, Chapingo, México.
- Bruce, A.B. 1910. The mendelian theory of heredity and the augmentation of vigor. Science 32:627-268.
- Bucio A., L. 1954. Algunas observaciones del comportamiento de las  $F'_{S1}$  de las cruzas entre las razas de maíz descritas en México. Tesis Profesional ENA., Chapingo, México.
- Castro G., M. 1964. Rendimiento y heterosis en cruzas interraciales en México. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, ENA., Chapingo, México.
- Cordova, H.S. y F. Poey 1978. Formación de híbridos y sintéticos a partir de poblaciones de maíz (Zea mays L.) XXIV Reunión Anual del PCCMCA, San Salvador, El Salvador, C.A.

- Cordova, H.S., R.R. Velásquez, F.R. Poey y G. Soto 1980. -- Heterosis del rendimiento y aptitud combinatoria de líneas y familias de hermanos completos en maíz. - XXVI Reunión Anual del PCCMCA. Guatemala, Guatemala, C.A.
- Davenport, C.B. 1908. Degeneration, albinism and inbreeding. Science. 28: 454-455.
- Dudley, W. y R.H. Moll 1969. Interpretation and use of estimates of heritability and genetic variance in plant breeding. Crop. Sci. 9: 257-262.
- East, Edward M. 1908. Inbreeding in corn. Rept. Connecticut Agric. Expt. Sta. for 1907. Pp. 419-428.
- Falconer, R.S. 1967. Introducción a la genética cuantitativa. CECSA, México.
- Gamma, E.G. y A.R. Hallauer 1977, Relation between inbred - an hybrid traits in maize. Crop. Sci. Vol 5:703-707.
- Gardner C.O., 1964. Teoría genética estadística aplicable a las medias de variedades, sus cruces y poblaciones afines, Trad. Mario Gutiérrez. Fit. Lat. Vol. II -- 11-22.
- Griffing B. 1956 b. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Austr. Jour. Biol. Sci. 9: 463-491.
- Griffing, B. y E. W. Lindstrom 1954. A study of the combining abilities of corn inbreds having proportions of corn belt and non-corn germplasm. Agron, Jour. -- 46: 545-552.
- Hallauer, A.R. 1967. Development of single cross hybrids from two ear maize populations. Crop, Sci, 7: 192-195.

- Hallauer, A.R. 1973. Hybrid development and population improvement in maize by reciprocal full-sib selection. *Egypt J. Genet., Cytol.* 2: 84-101.
- Hallauer, A.R. y J.H. Sears 1969. Mass selection for yield in two varieties of maize. *Crop. Sci.* 9:47-50.
- Hayman, B.I. 1954. The theory and analysis of diallel tables. *Genetics.* 39: 789-809.
- Jinks, J.L. 1954. The analysis of heritable variation in a diallel cross of *N. rustica* varieties. *Genetics* -- 39: 767-788.
- Johnson, I.H. y H.K. Hayes 1949. The value in hybrid combination of inbred lines of corn selected from crosses by the pedigree method of breeding. *J. Amer. Soc. Agron.* 32: 479-485.
- Kempthorne, O. 1956 y R.N. Curnow 1961. The partial diallel cross. *Biometrics.* 17: 229-250.
- Kempthorne, O. 1956. The theory of the diallel cross, *Genetics* 41: 451-459.
- Lonnquist, J.H. 1964. Metodos de selección útiles para el mejoramiento dentro de poblaciones. Trad. Mario Gutiérrez. *Fit. Lat.* 2: 1-22.
- Lonnquist, J.H. y M.F. Williams 1967, Development of maize hybrids through selection among full-sib families. - *Crop. Sci.* 7:369-370.
- López P., E. 1979. Comparision among five diferent tester - for the evaluation of unselected lines of corn. Tesis de doctorado no publicada. Iowa State Univ, Ames Iowa.

- Mendez R., I. 1962. Heterosis en cruizas intervarietales de maíz con la raza Pepitilla. Tesis Profesional, ENA, Chapingo, México.
- Moll, R.H., y W.S. Salhuana y H.T. Robinson 1962. Heterosis and diversity in variety crosses of maize. *Crop. Sci.* 2: 197-198.
- Moll, R.H., J.H. Lonquist, F.J. Velez y E.C. Johnson 1965. The relationship of heterosis and genetic divergences in maize. *Genetics.* 52: 139-144.
- Moll, R. H. y C.N. Stuber 1971. Comparisons of response to alternative selection procedures initiated with two populations of maize (Zea mays L.). *Crop. Sci.* 11: 706-711.
- Oyervides, G.M. 1979. Estimación de parámetros genéticos, heterosis e índices de selección en variedades tropicales de maíz adaptados a Nayarit. Tesis M.C. Col. de Postgraduados. Chapingo, México.
- Poehlman, J.M. 1965. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Limusa, México., p. 267-298.
- Rivera, F.H. 1977. Efecto de la divergencia en la heterosis de cruizas intervarietales de maíz. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. ENA., Chapingo, México.
- Rojas, B.A. y G.F. Sprague 1952. A comparison of variance components in corn yield trials. III General and -- specific combining ability an their interaction with locations and years. *Agron. J.* 44: 462-466.
- Sánchez, M.R. 1972. Efectos de dosis de germoplasma exótico y de citoplasma tropical sobre el rendimiento en cruzamientos de germoplasma tropical x germoplasma de la mesa central en maíz (Zea mays L.). Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, ENA., Chapingo, México.

- Shull, G.H. 1908. The composition of a field of maize. --  
Rept. Amer. Breeders Assoc. 4: 296-301.
- Sprague G.F. y L. A. Tatum 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. J. Amer. Soc. Ag. 34:923-932.
- Sprague G.F. y S.A. Eberhart 1977. Corn Improvement. American Society of Agronomy Inc. Publisher Madison, - Wisconsin, U S A.
- Stanfield, D.W. 1969. Genética. Mc Graw Hill. Colombia p 245- 246.
- Velazquez M.R. 1978. Formación de híbridos simples en base a familias de hermanos completos provenientes de diferentes poblaciones de maíz (Zea mays L.). Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapinco, México.
- Yap, T.C. y B.L. Harvey 1971. Heterosis and combining ability of barley hybrid in densely and widely seeded conditions. Can J. Plant. Sci. 51:115-122.