

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISION DE AGRONOMIA



TIPO DE ACCION GENICA DEL CARACTER ALTURA
DE PLANTA DE CINCO FUENTES DIFERENTES DE MAIZ
(ZEA MAYZ L.)

DANILO AGUSTIN GONZALEZ ARAUZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN FITOMEJORAMIENTO**

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA

1980

ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCION 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 O.
ASESOR


DR. HANS RAJ CHAUDHARY
ASESOR



UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

BUENAVISTA, SALTILLO, COAH., JULIO 1980

DEDICATORIA

A mi esposa:

BLANCA RUTH

Con amor y agradecimiento a su
esfuerzo y abnegación.

A mis hijas:

RUTH MARISOL

KAREN JANISSA

Con cariño.

A mis padres:

SALVADOR GONZALEZ CLARA

MARIA ALICIA ARAUZ DE GONZALEZ

Gracias por su apoyo y gran cari-
ño.

A mis hermanos:

Rosario

Sonia

Fernando

Ana Luisa

Anibal

Con aprecio.

A la memoria del DOCTOR MARIO CASTRO GIL y que sus enseñanzas
broten en nuestro pensamiento.

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

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) de Guatemala, por haberme otorgado la beca que me permitió realizar mis estudios de maestría.

Al Instituto Mexicano del Maíz por haberme facilitado la elaboración de este trabajo.

Al Colegio de Postgrado de la UAAAN y sus maestros.

Al Dr. Eleuterio López Perez, por sus acertados consejos y orientaciones en la elaboración de esta tesis.

Al Ing. M.C. Hugo Salvador Córdova Orellana, por su especial interés y colaboración durante el desarrollo del trabajo y elaboración de esta tesis.

Al Dr. Hans Raj Chaudhary, por su ayuda en la revisión de esta tesis.

Al Ing. Carlos Crisóstomo Vergara por la confianza depositada en mí y su apoyo desinteresado que siempre me brindó.

A los técnicos y auxiliares del programa de maíz del ICTA en reconocimiento a su colaboración durante el desarrollo de esta investigación.

A mis compañeros y amigos que en alguna forma me brindaron su colaboración y ayuda, especialmente a los Ings. MARCO ANTONIO DARDON SANTIAGO y MARIO ROBERTO OZAETA.

A la Srita. Irene Ayala López por su amistad y ayuda que siempre me proporcionó y también al mecanografiar esta tesis.

C O N T E N I D O

	PÁG.
INDICE DE CUADROS	v
INDICE DE GRAFICAS	vii
I. I N T R O D U C C I O N	1
II. REVISION DE LITERATURA	4
2.1. Reducción de altura de planta	4
2.2. El uso de los dialélicos.....	8
2.3. Heterosis	11
2.4. Correlaciones entre caracteres	13
III. MATERIALES Y METODOS	16
3.1. Material genético	16
3.1.1. Descripción de los materiales	17
3.2. Formación del dialelo.....	18
3.3. Diseño y tamaño de parcela	18
3.4. Toma de datos	19
3.5. Análisis estadístico	20
a). Análisis de varianza generales	20
b). Análisis dialélico	23
c). Estimación de efectos de ACG y ACE....	25
3.6. Estimación de Correlaciones.....	28
3.7. Estimaciones de heterosis	28

	PÁG.
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	31
4.1. Análisis estadístico	31
a). Análisis de varianza generales y combi- nados de localidades.....	31
b). Comparación de medias	36
c). Heterosis	44
d). Análisis de aptitud combinatoria.....	49
e). Correlaciones entre caracteres	71
V. RESUMEN Y CONCLUSIONES	77
VI. RECOMENDACIONES	80
VII. B I B L I O G R A F I A	81

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁG.
1	Condiciones climatológicas de las localidades de prueba	16
2	Análisis de varianza combinados para estimar los efectos de los genotipos	22
3	Análisis de varianza del diseño dialélico..	24
4	Análisis de varianza combinado del dialélico	26
5	Cuadrados medios del análisis de varianza -- para los cuatro caracteres estudiados en cada una de las localidades	32,
6	Cuadrados medios del análisis de varianza - combinados para los mismos caracteres.....	33
7	Cuadrados medios del análisis de varianza -- combinado y partición de sumas de cuadrados para genotipos y genotipos por localidades de los caracteres estudiados.....	35
8	Prueba de Dúncan para altura de planta. ...	39
9	Prueba de Dúncan para altura de mazorca ...	40
10	Prueba de Dúncan para días a flor	41
11	Prueba de Dúncan para rendimiento	42
11(a)	Medias observadas de algunos genotipos para altura de planta y rendimiento.....	43
12	Porciento de heterosis en rendimiento en base a la media parental y al progenitor superior.....	45
13	Porciento de heterosis en altura de planta en base a la media parental y al progenitor superior	48
14	Cuadrados medios del análisis de varianza - combinado ACG, ACE y particiones de sumas de cuadrados del análisis dialélico para los caracteres estudiados.....	50

CUADRO		PÁG.
15	Efectos de aptitud combinatoria general...	53
15(a).	Media de altura de planta y rendimiento de los progenitores al combinarse con todos - los demás progenitores incluidos.....	56
16	Efectos de aptitud combinatoria específica para altura de planta	57
17	Varianzas de aptitud combinatoria general y específica de los progenitores para altura de planta y rendimiento.....	59
18	Cuadrados medios coeficientes de regresión y error estandard del análisis de regresión simple para altura de planta	61
19	Valores estimados para altura de planta en base al análisis de regresión	62
20	Efectos de aptitud combinatoria específica para rendimiento	70
21	Coefficientes de correlación y su error estandar para las variables entre si y con el rendimiento en los grupos estudiados...	72
22	Análisis de varianza de la regresión múltiple	74
23	Coefficientes de regresión múltiple.....	74
24	Efectos de aptitud combinatoria específica para altura de mazorca	75
25	Efectos de aptitud combinatoria específica para días a floración	76

INDICE DE GRAFICAS

GRÁFICA		PÁG.
1	Regresión lineal del progenitor 1 ($B_1 S_2$) y valores IX observados en altura de planta.	64
2	Regresión lineal del progenitor 2 ($Eto S_2$) y valores IX observados en altura de planta.	65
3	Regresión lineal del progenitor 3 ($Eto S_1$) y valores IX observados en altura de planta.	66
4	Regresión lineal del progenitor 4 ($Eto C_2$) y valores IX observados en altura de planta.	67
5	Regresión lineal del progenitor 5 (IPTT-21) y valores IX observados en altura de planta.	68
6	Regresión lineal del progenitor 7 (br-2) y valores IX observados en altura de planta.	69

I. INTRODUCCION

Conforme el cultivo de maíz se difunde por el mundo, su importancia como cereal alimenticio y de la industria aumenta aún en aquellos lugares en donde solo se cultiva casualmente; se considera de urgencia el aumento de esfuerzos para *asegurar que los agricultores tengan nuevas variedades mas -* rendidoras y de mayor calidad.

Ello ha motivado la creación de programas de mejoramiento tendientes a lograr ese objetivo mediante la modificación de muchos caracteres agronómicos de importancia que influyan en el resultado requerido.

Uno de ellos ha sido el caracter altura de planta en el cual el objetivo principal ha sido la reducción de la misma, ya que la mayoría de las variedades nativas, materia prima de los mejoradores, son muy altas.

Algunos informes dicen que en el trópico el maíz a pesar de crecer con buena humedad y fertilidad en el suelo, buen control de insectos y enfermedades, no alcanza buenos rendimientos debido a que son altos y tardíos susceptibles al acame e ineficientes en la conversión de fotosíntesis a grano (relación grano materia seca).

Con la selección masal, se ha logrado modificar al tipo de planta, precocidad y otros caracteres mencionando que el tiempo para producir cambios dependerá de la complejidad genética del carácter.

Como resultado de trabajos hechos con remolacha azucarrera se creó el método de mazorca por surco en maíz, el cual -- mostró que aquellas características de la planta que podían evaluarse con precisión y por observación visual, podían modificarse y dar buenos resultados. Mas tarde, con el uso de

la selección recurrente se ha tenido éxito en la disminución de altura de planta, de mazorca, y del ciclo de madurez de -- algunos maíces tropicales; los que aparentemente han aumentado también su rendimiento.

En épocas recientes muchos investigadores coinciden en -- buscar la reducción de la planta mediante el enfoque siguiente:

- Uso de enanos genéticos (br_1 , br_3 , br_2 , d_1 corto, pigmeo, etc.)
- Cruzas de tipos bajos con tipos altos recuperando recombinaciones bajas en generaciones segregantes y retrocruzando con el alto como recurrente.
- Selección recurrente continua de hermanos completos -- dentro de los tipos altos.

De las tres formas se producen maíces mas bajos. Los -- enanos genéticos son los que proporcionan el mayor contraste en la reducción, pero han tenido consecuencias que hacen dudar sobre cual debe ser el enfoque pues a medida que se reduce la altura de la planta, las hojas tienden a hacerse mas -- anchas y compactas formando un follaje muy denso, que dificulta la polinización.

En trabajos efectuados con maíz en Guatemala, se observó que algunos maíces bajos cuando se cruzaban con maíces mas -- altos originaban progenies de altura reducida mucho menor a la del progenitor alto. Se consideró por lo tanto importante -- estudiar el comportamiento genético de dichos materiales.

Para ello se consideraron como fuente de altura de planta baja 5 materiales y 3 como fuente de altura de planta alta (previamente identificados). Con los 8 progenitores se for-

mó un dialélico incompleto del cual fue posible obtener 27 --
cruzas F_1 directas, mas los 8 progenitores. Los 35 materia-
les así obtenidos se evaluaron en dos localidades durante --
1979 y con sus resultados se desea:

1. Determinar el tipo de acción génica, principalmente para altura de planta con inferencias al mismo material.
2. Seleccionar a los mejores materiales en base a su aptitud combinatoria general y específica para altura de planta.
3. Determinar el grado de asociación entre diferentes caracteres agronómicos deseables.

II. REVISION DE LITERATURA

1. Reducción de altura de planta.

El reducir la altura de la planta ha sido el objetivo de muchos investigadores, muchas metodologías han sido utilizadas y sugeridas, pero quizá fue la selección masal la primera en utilizarse.

Con la selección masal Poehlman (1965) dice que se ha logrado modificar al tipo de la planta, precocidad y otros caracteres, sugiriendo que el tiempo para producir cambios dependerá de la complejidad genética del carácter.

Thompson y Rawlins (1960) proponen utilizar la selección masal para altura de planta o de mazorca en forma indiferente porque los 2 caracteres estan altamente correlacionados y seleccionando cualquiera de ellos se llega al mismo resultado.

Rivera et al (1972) trabajando con selección masal para altura de mazorca, altura de planta, rendimiento y otros caracteres de planta y de mazorca en las variedades de maíz -- criollo de Ixtacalco y V-7 obtuvieron resultados similares a Thompson et al (1960) pero recomendaron que la selección para altura de mazorca se haga en base al índice de posición de la mazorca (altura de mazorca/altura de planta) y no en base a su altura absoluta; los índices que maximizaron el rendimiento fueron: 0.601 y 0.618 para criollo de Ixtacalco y V-7, respectivamente.

En 1967 en el CIMMYT (1970-71) se comenzó una selección directa para reducir la altura de planta y de la mazorca sobre un compuesto Tuxpeño. En la siguiente generación la altura de la planta se redujo en 16 cms. y la de mazorca en 27 cms.

Los maíces en el trópico tienden a crecer muy alto, son susceptibles al acame e ineficientes a la conversión de fo-

tosíntesis a grano, casi todos los esquemas de selección para aumentar rendimiento han producido plantas aún más altas y tardías, debido a respuestas indirectas indeseables obtenidas -- cuando se selecciona para un carácter.

El CIMMYT (1968-69) efectuando selecciones en el com -- puesto E (formado con 9 razas mexicanas) para rendimiento por planta, llegó a concluir que se espera un incremento en días a floración, altura de mazorca, altura de planta y número de macollos por planta.

Con estos resultados y con la idea de que quizá el exceso de crecimiento de los maíces tropicales pudiera ser modificado al reducir la altura de la planta, logrando que esa -- energía pudiera ser utilizada en la formación de grano fue -- utilizada la selección recurrente y los enanos genéticos buscando modificar la arquitectura de la planta hacia un tipo de porte bajo, de hojas erectas y que soporte altas densidades de población en un esfuerzo por romper los records de rendimiento.

En sus programas de mejoramiento el CIMMYT (1972) ha seguido 3 enfoques para reducir la altura de la planta: a) El uso de enanos genéticos (br_1 , br_3 , br_2 , d_1 corto, pigmeo, -- etc.), b) cruza de tipos bajos con tipos altos y c) selección recurrente continua de hermanos completos dentro de tipos altos. Los tres enfoques producen tipos mas bajos, los -- enanos genéticos proporcionan el contraste mas espectacular -- y la selección recurrente parece ser lo mas deseable, pues se reduce la altura de planta hasta valores comparables a los de br_2 , siendo el criterio de selección el comportamiento de la familia. Johnson y Fisher (1980) reportan resultados de 17 ciclos de selección recurrente para reducir altura de planta en la población tuxpeño 1, en los cuales muestran una reducción de altura de planta de 60% o 1.5 mts. respecto de la altura del ciclo 0. La evaluación en dos densidades de pobla-

ción de los ciclos de selección, mostró un incremento en el rendimiento como resultado de evaluar los materiales en su densidad óptima.

Campbell (1965) comenta que el gene braquítico 2 (br_2) es uno de los genes disponibles a mejoradores para reducir altura de planta y mazorca, el homocigoto recesivo muestra pronunciado acortamiento de entrenudos por debajo de la mazorca.

Anderson y Chow (1963) aseguran variaciones fenotípicas debidas a este gene pues a medida que la altura se reduce -- las hojas tienden a hacerse mas anchas compactas y a formar un follaje muy denso.

Galván (1977) encontró que la orientación de las hojas transversalmente al surco en dirección norte-sur no mejoró el aprovechamiento de la luz y que hojas muy anchas y espigas muy ramificadas fueron negativas en los híbridos superenanos br_2 utilizados; sin embargo la posición erecta de las hojas mejora el rendimiento superenano.

Campbell (1965) opina que la emisión de jilotes incompletos y mazorcas mal llenas no son objeciones sorprendentes -- pues los normales también la presentan y cuando hay sequía -- prolongada las hojas de los enanos resisten mas el enrollamiento que los híbridos normales. Estos resultados sugieren que otro efecto colateral negativo asociado con el carácter braquítico es la falta de coincidencia de la floración femenina y masculina.

Reyes (1978) en un lote aislado de producción de semilla de la variedad NLVG, encontró plantas enanas, que fueron consideradas como mutantes recesivos naturales producto de la evolución natural y la genotecnia. Mediante cruzamientos con el NLVG normal y procedimientos de retrocruza hacia normales

y mutantes y selección en segregantes, se logró la formación de una nueva variedad enana NLVS-IE de porte bajo, reducida altura de mazorca (1 mt. abajo del normal) y gran disminución en el porcentaje de acame y plantas quebradas.

Acosta y Crane (1972) evaluaron la efectividad de la selección para reducir la altura de mazorca y respuestas asociadas de 4 caracteres agronómicos; se realizó en 2 poblaciones de maíz Antigua 2D x (B₁₀ x B₁₄) y Eto x CBC que habían sido trabajados para selección altura de mazorca. En el estudio se sometieron a 2 ciclos mas al 20% de intensidad de selección. Se evaluaron en base a medias de top-crosses y poblaciones per-se. La altura de mazorca fue reducida cerca de 24% en cada subpoblación seleccionada durante los 4 ciclos comparado con el testigo, así mismo, la altura de planta se redujo a rangos menores que la original, observándose una baja en los rendimientos por cada ciclo adicional de selección.

Paterniani (1967) utilizando el método de mazorca por surco modificado, estableció que una primera selección entre familias fue efectiva para mejorar rendimiento. La 2a. selección, entre plantas dentro de familias no fue efectiva para reducir altura de mazorca, pero si mejoró la precocidad y resistencia a enfermedades.

Harville et al (1978) trabajaron con sintéticos de maíz que habían sido mejorados para reducir altura de mazorca - durante 12 ciclos de selección, separando dos grupos, uno de sintéticos precoces y otro de tardíos; los ciclos 1, 3, 4, 7, 8, 9 y 10 fueron cruzados por el método de dialélicos para estudiar su herencia de altura de mazorca y caracteres asociados la altura de mazorca se redujo en promedio de 3.2 cms. por ciclo en el sintético precoz y 2.98 cms. en el sintético tardío.

✓
2. El uso de los dialélicos.

Sprague y Tatum (1942) definen a la aptitud combinatoria general como el comportamiento promedio o general de una línea en una serie de cruzas; la aptitud combinatoria específica es el comportamiento de combinaciones específicas de líneas en relación al comportamiento promedio de las líneas que las forman.

Griffing (1956) llama experimentos dialélicos a aquellos que ensayan un cierto conjunto de cruzas dialélicas. Se eligen un grupo de "p" líneas progenitoras para realizar un máximo de p^2 cruzas posibles que se subdividen en tres grupos:

- a) (p) autofecundaciones.
- b) Grupo de $p(p-1)/2$ cruzas F_1 .
- c) $p(p-1)/2$ cruzas recíprocas de las F_1 .

El mismo autor propone el siguiente modelo lineal que representa las observaciones.

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

donde:

- μ = Efecto de la media general.
- 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 cruce ij .
- r_{ij} = Efecto de repeticiones de la cruce ij .
- e_{ij} = Error aleatorio inherente.

Además, el mismo autor establece 4 métodos de análisis para cruzas dialélicas dependiendo de los genotipos que se --

incluyan.

- 1) Progenitores, cruzas directas y recíprocas.
- 2) Progenitores y cruzas directas.
- 3) Solo cruzas directas y recíprocas.
- 4) Cruzas directas.

Cada método tiene su análisis, que está basado en un modelo aleatorio o fijo para estimaciones de esperanzas de cuadrados medios, fórmulas para calcular efectos de habilidad -- combinatoria general (ACG) y específica (ACE), así como para la varianza de dichos efectos.

El uso de los diseños dialélicos se ha extendido a muchos cultivos con diferentes aplicaciones y variables resultados; de algunos efectuados con cebada se concluye que una gran parte de la variación genética total para rendimiento y otros caracteres agronómicos está asociada con la ACG indicando que la acción génica aditiva es mas importante que la no aditiva (Yap y Harvey 1971, Escobar et al 1972, Ahmad 1968 y Moll y Robinson 1967) en maíz.

Arévalo y Molina (1974) trabajando con 8 variedades de cebada maltera y sus cruzas dialélicas estimó las varianzas y covarianzas tanto genotípicas como fenotípicas relativas a 11 caracteres agronómicos para construir índices de selección para rendimiento de grano, encontrando que los índices formados de la información proveniente del dialélico fueron mas eficientes. Mencionan que cuando se determina el tipo de acción génica que controla a los caracteres que se estudian, es posible identificar aquellos genotipos que pueden servir de base a un programa de mejoramiento genético así como el método mas eficiente para la selección de un caracter dado.

Estrada y Angeles (1975) trabajando con 160 híbridos F_1 de sorgo, probados en 4 localidades y obtenidos de 8 progeni-

tores femeninos y 20 masculinos, estimaron la ACG y ACE de cada progenitor determinando que la ACG fue de mayor valor que la ACE para los caracteres rendimiento de grano y días a floración.

Hallauer y Martinson (1975) utilizando un análisis dialélicos de 72 híbridos y sus recíprocos, con 9 líneas de citoplasma normal (Nrfrf) y estéril (TRFRF) en su resistencia a la infección con Bypolaris maydis (Nisikado Shoemaker race T), obtuvo estimaciones de ACG y ACE, así como los efectos maternos y recíprocos encontrando significancia para los efectos maternos en todos los caracteres evaluados, excepto en número de plantas; además el análisis de varianza fué descompuesto tanto para efectos de citoplasma normal como para citoplasma-T en las fuentes de variación siguientes: ACG, ACE, maternal y recíproca, respectivamente.

Oyervides (1979) trabajó con once variedades de maíz y sus 55 cruzas directas posibles, con 2 híbridos comerciales como testigos (H-503 y H-507), en tres localidades de Nayarit. Utilizó el análisis dialélico para determinar el comportamiento genético de cada una de las variedades progenitoras y sus cruzas mediante la estimación de los efectos de ACG y ACE. Encontró que existía variabilidad genética aditiva entre los progenitores para rendimiento de mazorca, también en caracteres de hilera por mazorca, granos por hilera, longitud de mazorca, hojas arriba de la mazorca, altura de planta, altura de mazorca y floración.

Ante lo imposible de manejar un dialélico cuando el número de progenitores es muy alto, Kempthorne y Curnow (1961) sugieren un muestreo de las cruzas para designar a la técnica de la elección de las cruzas que deban ensayarse. Otros diseños parciales han sido introducidos por Fyfe y Gilbert (1963); también Martínez (1975) considera a los diseños dialélicos parciales con y sin efectos maternos; en el último

caso, cada progenitor se cruza con "s" de los "p" progenitores disponibles cumpliendo ciertas condiciones de simetría. Como no se ensayan todas las cruzas, se hace uso de los elementos de la matriz (n_{ij}) (Matriz de incidencia de las cruzas).

El modelo lineal puede escribirse así:

$$n_{ij} \bar{y}_{ij} = n_{ij} (\mu + g_i + g_j + s_{ij} + \bar{e}_{ij}),$$

$$1 < i, j < p$$

$n_{ij} = n_{ji} = 1$ si la cruza (ij) es ensayada o bien,

$n_{ij} = n_{ji} = 0$ si la cruza no se ensaya.

μ = Efecto medio general.

g_i = Efecto de ACG del progenitor i.

g_j = Efecto de ACG del progenitor j.

s_{ij} = ACE de la cruza (ij).

\bar{e}_{ij} = Promedio sobre todos los bloques de los elementos aleatorios del error.

3. Heterosis.

Shull (1952) atribuye el vigor híbrido a un estímulo fisiológico ocasionado por la fusión de dos gametos haploides genéticamente diferentes que originan un cigote heterocigote y un citoplasma desbalanceado.

Harberg (1953) define la heterosis como la diferencia entre la F_1 y el progenitor superior, y tanto la dominancia como

la sobredominancia pueden contribuir simultáneamente a la heterosis.

Similarmente Lonquist (1964) afirma que la heterosis que exhiben dos variedades al cruzarse dependen no solo de la porción aditiva de su varianza genética sino también de la no aditiva. La utilización efectiva de la varianza genética aditiva existente en cada población antes de ser usados en cruces, mejoraría su rendimiento individual y los de sus cruces, esto es evidente al observar los cruces, pues las variedades más rendidoras son también los progenitores de los cruces más rendidores.

Gardner (1964) dice que la heterosis se origina al cruzar dos variedades y está representada por el exceso del híbrido F_1 sobre la media de los dos progenitores, siendo una función del cuadrado de la diferencia en frecuencia de genes en las dos variedades y depende de algún grado de dominancia, de modo que no se necesita sobredominancia para que exista heterosis; la dominancia completa con diferentes conjuntos de genes favorables en los dos progenitores es adecuada.

Las bases genéticas de la heterosis fueron dadas originalmente en las teorías de dominancia (Davenport 1908, Bruce 1910, Keeble y Pellew 1910) y sobredominancia (Shull 1908, East 1908), que Stansfield (1969) presenta en forma resumida en los siguientes términos.

1. Dominancia que supone al vigor híbrido como resultado de la acción e interacción de factores dominantes de crecimiento o adaptabilidad.
2. Sobredominancia que atribuye el vigor a la condición de heterocigosidad per se, pues los individuos heterocigotes son menos susceptibles a influencias ambientales que los homocigotes.

Falconer (1970) considera a la heterosis como el fenómeno inverso a la degradación que acompaña a la consanguinidad, y la ocurrencia de una u otra depende de la dominancia, por lo que al realizar cruzamientos al azar entre variedades se tienen las mismas probabilidades de que el híbrido resultante -- sea superior o inferior al mejor progenitor; en general padres de alto rendimiento y caracteres contrastados producen los mayores rendimientos.

Allard (1960) también menciona que la heterosis puede expresarse de muchos modos (aparte del aumento de tamaño y productividad), así por ejemplo el número de nudos, de hojas y de vainas, puede ser mayor aunque el tamaño de la planta no lo sea, también los híbridos F_1 pueden ser mas precoces.

Griffing y Lindstrom (1954) obtuvieron una respuesta heterótica alta cuando en sus cruzas intervinieron materiales de germoplasma divergente y se redujo conforme los materiales -- cruzados eran mas similares.

Sin embargo aclaran Moll y colaboradores (1965) que el aumento con la divergencia ocurre en un rango restringido por lo que las cruzas extremadamente divergentes manifiestan una baja de la heterosis, siendo el grado de heterosis proporcional hasta cierto límite a la divergencia genética de los padres.

Sarria (1966) encontró una respuesta heterótica promedio de 96.0% en relación con el promedio de los padres y 85.0% - con relación al padre mas rendidor, siendo el cruce de Nariño 330 x Sicarigua el mas rendidor con 40.4% y 22.4% sobre el promedio de sus padres y padre mas rendidor respectivamente.

4. Correlaciones entre caracteres.

Robinson, Comstock y Harvey (1951) realizando cruzas biparentales de poblaciones F_2 de maíz, determinaron las corre-

laciones genotípicas y fenotípicas entre caracteres de altura de planta, mazorca, longitud de cobertura, escala de coberturas, mazorcas por planta, longitud de mazorca, diámetro de mazorca y rendimiento. Obtuvieron correlaciones bajas positivas o negativas para longitud de mazorca y diámetro de mazorca con cada uno del resto de caracteres, mientras que mazorcas por planta tuvo una correlación genética alta y positiva con el rendimiento.

Gorsline (1960) encontró correlaciones altas significativas entre rendimiento con número de días a flor y humedad de grano.

Sarria (1966) determinó que todas las variables independientes estudiadas (número de granos por mazorca, número de granos promedio por hilera, número de mazorca por planta, ancho de la hoja, número de hilera por mazorca y largo de la hoja), resultaron significativos al 1% con la variable dependiente que fué el rendimiento.

Calixto (1975) en el cultivo de trigo, correlacionó variables de altura de planta, amacollamiento, espigas por planta, espiguillas por espiga, longitud de espiga, N° de granos por espiga y otras; encontró que correlaciones fenotípicas entre pares de caracteres fueron debidas a causas genéticas pues cuando una correlación fenotípica fue significativa lo fue la genotípica.

Crossa (1977) obtuvo estimaciones de parámetro y correlaciones genéticas de una población de maíz evaluada en dos densidades de siembra (24,000 y 72,000 plantas/Ha.) por medio de un diseño 1 de Carolina del Norte. Determinó una alta varianza aditiva para todos los caracteres evaluados. Las correlaciones genéticas entre algunos pares de caracteres fueron positivas a baja densidad y negativas con alta densidad, aseverando que el cambio de signo y magnitud fue provocado por efecto de la estimación genotipo medio ambiente.

Carballo (1961) reportó altas correlaciones entre altura de planta y rendimiento en la variedad de maíz Rocamex V-520 C, poca correlación entre altura de mazorca y rendimiento ($r=0.31$) y una considerable correlación entre altura de planta y mazorca. También reporta correlaciones negativas para días a floración y el rendimiento.

Córdova (1975) estimó correlaciones entre rendimiento, - altura de planta y días a floración masculina, encontrando una asociación estrecha y positiva entre altura de planta y rendimiento y negativa entre rendimiento y días a floración.

III. MATERIALES Y METODOS

El presente estudio fue desarrollado en 2 áreas representativas de la Costa Sur de Guatemala, en donde el maíz es el cultivo principal de los agricultores pequeños y medianos. -- En el Cuadro 1 se resumen algunas condiciones climatológicas de las dos localidades.

CUADRO 1. CONDICIONES CLIMATOLOGICAS DE LAS 2 LOCALIDADES DE PRUEBA.

LOCALIDAD	TIPO DE SUELO	TEMPERATURA MEDIA ANUAL	PRECIPITACION (mm. ANUALES)	AÑO DE EXP.
1. Cuyuta	Franco	27° C.	1,350 mm	1979
2. La Máquina	Arcilloso	32° C.	1,450 mm.	1979

3.1 Material Genético

Origen

1. B ₁ S ₂	ICTA - Guatemala
2. Eto S ₂	ICTA - Guatemala
3. Eto S ₁	ICTA - Guatemala
4. Eto C ₂	ICTA - Guatemala
5. IPTT-21	CIMMYT- México
6. B-666	Dekalb,
7. br ₂	braquítico
8. H - 5	CENTA - El Salvador

El material genético del cuadro anterior, utilizado en esta investigación fue tomado del Programa de Mejoramiento de Maíz del ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas), que actualmente trabaja en estas zonas, para comprobar en forma detallada su comportamiento observado anteriormente.

3.1.1. Descripción del material.

B₁ S₂: Línea de maíz de planta baja, de grano blanco dentado derivada de la población ICTA-B1 de origen Tuxpeño con 2 generaciones de endogamia.

Eto S₂: Línea de maíz de planta baja de grano blanco cristalino de período vegetativo intermedio y derivada del ciclo 7 de selección recurrente para altura de planta de la variedad Eto Blanco con 2 generaciones de endogamia.

Eto S₁: Línea de maíz de planta baja de grano blanco cristalino de origen similar a Eto S₂ con una generación de Endogamia.

Eto C₂: Familia de medios hermanos de maíz derivada del ciclo 9 de selección recurrente para altura de planta baja de la población Eto Blanco de grano blanco cristalino.

IPTT-21: Familia de hermanos completos de maíz derivada de la población Tuxpeño 1 (IPTT-21) de baja altura y grano blanco dentado.

B-666: Híbrido doble de gran altura de planta con grano blanco dentado formado por 4 líneas endogámicas de genealogía cerrada y con bastante área foliar.

- br-2: Línea de maíz de baja altura de planta de grano blanco dentado derivada de la población ICTA braquítica, recesivo para dicho carácter.
- H - 5: Híbrido doble de maíz de gran altura de planta de grano blanco dentado formado con cuatro líneas endogámicas cuya fuente de germoplasma fué básicamente Tuxpeño y Salvadoreño, y que posee bastante área foliar.

3.2. Formación del dialélico.

Durante el ciclo agrícola de 1978, se efectuaron los cruzamientos posibles entre los 4 materiales de maíz; para ello se mezcló el polen proveniente de muchas plantas, de cada material con el cual se fertilizó a un número de plantas suficiente (alrededor de 50) del resto de los materiales. Al momento de cosechar se obtuvo el total de mazorcas de todas las cruzas (excepto una) desgranando la semilla con la cual se efectuaron los ensayos.

3.3. Diseño y tamaño de parcela.

Para la siembra de los experimentos se utilizó un diseño de látice triple 7 x 6. Los resultados se analizaron e interpretaron como diseños de bloques al azar, en el cual el total de tratamientos se integró con los 8 materiales genéticos, 27 de las 28 cruzas posibles y algunas variedades comerciales -- testigo (ICTA B-1 y ET0) con tres repeticiones y dos localidades.

El tamaño de la parcela fue diferente en cada localidad, para la localidad 1 se formó de 3 surcos de 5.5 mts. de largo x 0.75 mts. de ancho, tomando como parcela útil el surco central con 21 plantas totales. Para la localidad 2 incluyó 5 -

surcos a distancias similares cosechando una parcela útil de 3 surcos con 63 plantas totales.

3.4. Toma de datos.

Las lecturas de los datos agronómicos evaluados se hicieron sobre el total de plantas del surco central de la parcela útil. Los datos se tomaron en las siguientes características agronómicas:

Floración. La cual se tomó como el total de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de plantas estaban en período de antesis.

Altura de Planta. Medido desde la base de la planta hasta la hoja bandera en la base de la espiga.

Altura de Mazorca. Desde el suelo hasta la altura de inserción de la mazorca al tallo de la planta.

Acame. Expresado en número de plantas acamadas o caídas en la parcela útil.

Rendimiento de grano. Su valor se obtuvo pesando el total de grano de las mazorcas cosechadas; posteriormente se realizó un ajuste del peso al 15% de humedad mediante la fórmula siguiente:

$$PS = \frac{100 - H}{85} \times PC$$

en la que: PS = Peso seco al 15% de humedad.

PC = Peso de grano.

H = Humedad del grano.

En seguida se efectuó un ajuste debido al N° de plantas cosechadas en la parcela, a través de un análisis de varianza y según el modelo lineal de regresión siguiente.

$$Y = Y_i + b (X_i - \bar{X}) + E$$

donde:

Y = Valor corregido.

Y_i = Valor observado.

b = Coeficiente de regresión según la covarianza.

\bar{X} = Valor promedio para N° de plantas.

X_i = Valor observado del N° de plantas.

E = Error.

Finalmente todos los valores ajustados se expresaron en kilogramos por hectárea.

3.5. Análisis estadístico.

a). Análisis de varianza generales.

Para efectuar este análisis se tomó en cuenta solo los 8 progenitores y las 27 cruza logradas realizando para cada localidad un análisis, según el modelo propuesto para el diseño de bloques completos al azar cuyas observaciones se representan de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + j + E_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1 \dots r \text{ (repeticiones)} \\ j = 1 \dots t \text{ (tratamientos)} \end{array}$$

donde:

Y_{ij} = Valor fenotípico del carácter observado del j-ésimo

genotipo en la i -ésima repetición.

μ = Efecto de la media general.

β_i = Efecto verdadero de la i -ésima repetición.

T_j = Efecto del j -ésimo genotipo (progenitores y cruzas)

E_{ij} = Efecto de la unidad experimental en el i -ésimo bloque que esta sujeta al j -ésimo tratamiento y sigue una distribución normal.

Se efectuó una prueba de homogeneidad de varianzas desarrollada por Hartley que se refiere a: Si se tienen t estimadores de varianzas y se quiere probar la hipótesis H_0 :
 $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 \dots \dots \sigma_t^2 = \sigma^2$ el valor estadístico de prueba es:

$$F_{\max.} = \frac{S^2_{\max.}}{S^2_{\min.}},$$

de modo que si $F_{\max.}$ es mayor que $F(t, n)$ gl., se rechaza H_0 donde t es el número de estimadores de varianza que se comparan y n los grados de libertad de cada estimador.

Posteriormente se hizo un análisis combinado con la información de las 2 localidades para todos los caracteres excepto acame de acuerdo al modelo lineal siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + T_j + R_{ki} + (L)_{ij} + E_{ijk}$$

$i = 1 \dots \dots 1$ (localidades)

$j = 1 \dots \dots r$ (tratamientos)

$k = 1 \dots \dots r$ (repeticiones)

donde:

Y_{ijk} = Expresión fenotípica del j -ésimo genotipo en la i -ésima localidad y en la k -ésima repetición.

μ = Media general.

L_i = Efecto de la i -ésima localidad.

T_j = Efecto del j -ésimo genotipo.

R_{ki} = Efecto de la k -ésima repetición dentro de la i -ésima localidad.

$(L)_{ij}$ = interacción del j -ésimo genotipo en la i -ésima localidad.

E_{ijk} = Efecto aleatorio asociado a la (ijk) -ésima observación.

Con este método los T_j y las L_i se tomaron como efectos fijos, en cuyo desarrollo se utilizó el modelo I que origina el Cuadro 2, de análisis de varianza.

CUADRO 2. ANALISIS DE VARIANZA

F.V.	G.L.	CM.	E.C.M.
Localidades	$l-1$	CM_l	$\sigma_e^2 + rtK_l^2$
Repet./Loc.	$(r-1)$	CM_{r1}	$\sigma_e^2 + tK_{r1}^2$
Tratamientos	$t-1$	CM_t	$\sigma_e^2 + r1K_t^2$
L. x T.	$(t-1)(l-1)$	CM_{t1}	$\sigma_e^2 + rK_{t1}^2$
Error	$(t-1)(r-1)_1$	CM_e	σ_e^2
Total	$trl-1$		

K^2 = Efecto cuadrático de la sumatoria.

b). Análisis dialélico. Este análisis se efectuó con los valores de las cruza únicamente, bajo las suposiciones del método 4, Modelo I de Griffing (1956) que se representa así:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + \frac{1}{bc} \sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^a E_{ijkl}$$

$ij = 1 \dots p$ (progenitores)

$k = 1 \dots r$ (repeticiones)

$l = 1 \dots a$ (localidades)

donde:

Y_{ij} = Valor fenotípico del caracter observado de la ij -ésima cruza o progenitor en la k -ésima repetición de la i -ésima localidad.

μ = Media de la población.

g_i = Efecto de aptitud combinatoria general (ACG) del i -ésimo progenitor.

g_j = ACG del j -ésimo progenitor.

s_{ij} = Efectos de la aptitud combinatoria específica (ACE) del i -ésimo con el j -ésimo progenitor

E_{ijkl} = Efecto del error peculiar de la ij -ésima cruza en la k -ésima repetición en la l -ésima localidad.

Todos los efectos son considerados como efectos fijos; el modelo presenta las restricciones de que:

$$\sum_{i=1}^p g_i = 0, \quad \sum_{i \neq j} s_{ij} = 0 \text{ (para cada } j \text{)}$$

El desarrollo del modelo origina el Cuadro 3 de análisis de varianza.

CUADRO 3. ANALISIS DE VARIANZA DE UN DIALELICO POR EL METODO 4 DE GRIFFING, MODELO I.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	E.C.M.
ACG	p-1	S_g	M_g	$\sigma_e^2 + (p-2)\left(\frac{1}{p-1}\right) \sum_i g_i^2$
ACE	$p(p-3)/2$	S_s	M_s	$\sigma_e^2 + \left(\frac{2}{p(p-3)}\right) \sum_{i<j} \sum s_{ij}^2$
Error	M	S_e	M_e'	σ_e^2

donde:

$$S_g = \frac{1}{p-2} \sum X_{i\cdot}^2 - \frac{4}{p(p-2)} X_{\cdot\cdot}^2$$

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

Para este análisis:

$$M_e' = M_e/bc$$

c). Para la estimación de los efectos de ACG y ACE, de los diferentes caracteres estudiados se utilizaron las fórmulas siguientes:

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

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

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

Finalmente se expresaron todos los resultados en forma general, haciendo una partición de los grados de libertad como se muestra en el Cuadro 4.

Para probar la significancia de los cuadrados medios, se utilizó la prueba F bajo las hipótesis siguientes:

$$H_0: r1Kt^2 = 0; F = C.M.g/C.M.e$$

$$(p-2)\left(\frac{1}{p-1}\right) \sum g_i^2 = 0; F = C.M.ag/C.M.e$$

Así, todas las significancias fueron obtenidas dividiendo el respectivo cuadrado medio del efecto, entre el cuadrado medio del error.

También se calcularon varianzas de aptitud combinatoria general de altura de planta para cada progenitor cuyas fórmulas se pueden expresar en los términos siguientes:

CUADRO 4. ANALISIS DE VARIANZA GENERAL COMBINARO PARA 8 PROGENITORES Y 27 CRUZAS EVALUADOS EN DOS LOCALIDADES CONFORME AL DISEÑO DIALELICO, METODO 4 DE GRIFFING EN UN SORTEO DE BLOQUES AL AZAR.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	C.M.	E. C. M.
Localidades	1-1	CM _l	
Rep./Loc.	(r-1)1	CM _{r/1}	
Genotipos	g-1	CM _g	$\sigma_e^2 + r1k_t^2$
Progenitores	p-1	CM _p	$\sigma_e^2 + r1k_p^2$
Progr. Vrs. cruzas	1		
Cruzas	$(\frac{ps}{2} - 1) - 1$	CM _e	$\sigma_e^2 + r1k_c^2$
ACG	p-1	CM _{ag}	$\sigma_e^2 + (p-2)(\frac{1}{p-1}) \sum g_i^2$
Altos vsr. bajos	1		
Entre altos	p/2-1	CM _a	$\sigma_e^2 + (p-2)(\frac{1}{p-1}) \sum a^2$
Entre bajos	p/2-1	CM _b	$\sigma_e^2 + (p-2)(\frac{1}{p-1}) \sum b^2$
ACE	$\frac{p(p-3)}{2} - 1$	CM _s	$\sigma_e^2 + (\frac{2}{p(p-3)}) \sum_{i<j} s_{i,j}^2$
Genotipos x Loc.	(g-1)(1-1)	CM _{g1}	$\sigma_e^2 + rk_{g1}^2$
Prog. x Loc.	(p-1)(1-1)	CM _{p1}	$\sigma_e^2 + rk_{p1}^2$
Cruzas x Loc.	(c-1)(1-1)	CM _{c1}	$\sigma_e^2 + rk_{c1}^2$
Progr. vrs. cruzas x Loc.	1(1-1)		
Cruzas x Loc.			
ACG x Loc.	(p-1)(1-1)	CM _{ag1}	$\sigma_e^2 + (p-2)(\frac{1}{p-1}) \sum g1^2$
ACE x Loc.	$\frac{(p(p-3)-1)(1-1)}{2}$	CM _{s1}	$\sigma_e^2 + (\frac{2}{p(p-3)}) \sum_{i<j} s_{i,j}^2$
Error	(r-1)(t-1)1	CM _e	σ_e^2
Total	rt1-1		

1).

$$S^2(\hat{a}) = \frac{p-1}{p(p-2)} \left[\left[\frac{\left(\frac{p/2 T_a - T}{p(p-1)(p-2)} \right)^2}{4} \right] - \frac{E}{r\gamma} \right]$$

donde:

$S^2_{(a)}$ = Varianza de aptitud combinatoria general para el progenitor a.

T_a = Valor total de cruzas en que el progenitor a intervino.

T = Sumatoria total de cruzas.

p = Número de progenitores incluido.

E = Cuadrado medio del error.

r = Número de repeticiones.

γ = Número de localidades.

Las estimaciones de varianzas de aptitud combinatoria - específica se efectuaron mediante la fórmula corregida por Rojas y Sprague (1952) y que para facilidad de manejo se presenta de la siguiente forma:

2).

$$S^2_{s(a)} = \left[\frac{S.C.(a)}{(p-2)^2(p-3)} - \frac{E}{r\gamma} \right] \frac{p-3}{p-2}$$

donde:

$S^2 s(a)$ = Varianza de ACE del progenitor (a).

$S C(a)$ = Suma de cuadrados del progenitor a.

p = Número de progenitores incluidos.

E = Cuadrado medio del error.

r = Número de repeticiones.

l = Número de localidades.

3.6. Estimación de Correlaciones.

Para estimar la correlación fenotípica se utilizó la fórmula de:

$$r_{F(x)F(y)} = \frac{\sigma_{F(xy)}}{\sqrt{\sigma_{F(x)}^2 \sigma_{F(y)}^2}}$$

donde:

$r_{F(x)F(y)}$ = Coeficiente de correlación fenotípica.

$\sigma_{F(xy)}$ = Covarianza de los fenotipos x e y .

$\sigma_{F(x)}^2$ = Varianza de valores x .

$\sigma_{F(y)}^2$ = Varianza de valores y .

3.7. Estimaciones de heterosis.

Tomando en cuenta los caracteres evaluados para las cru-
zas posibles se calculó el porcentaje de heterosis, partien-
do de la base de la media de los progenitores (\bar{P}_{ij}) y al pro-
genitor de mas alto valor (\bar{P}_S), según las fórmulas de:

$$H_e = \frac{F_1}{\bar{P}_{ij}} \times 100 \text{ y } H'_e = \frac{F_1}{\bar{P}_s} \times 100$$

en las que:

F_1 = Media de la Cruza.

\bar{P}_{ij} = Progenitor medio, $\frac{P_i + P_j}{2}$

\bar{P}_s = Media del progenitor superior.

H_e = Heterosis referente al progenitor medio.

H'_e = Heterosis respecto al mejor progenitor.

tambi3n se expres3 el porcentaje de incremento o reducci3n en altura de planta en la F_1 de cada progenitor (i), cuando se cruz3 con el progenitor (j), mediante la f3rmula siguiente:

$$IX = \frac{F_1 - P_j}{P_j} \times 100$$

donde:

F_1 = Media de la cruza del progenitor i con el j .

P_j = Valor medio del progenitor j en la repetic3n k .

Con el Valor IX se efectu3 un an3lisis de correlaci3n y regresi3n para cada uno de los cinco progenitores de baja altura de planta y el progenitor br-2, utilizando los valores de todas las cruzas en que el progenitor i intervino en las dos localidades bajo la representaci3n del modelo lineal siguiente.

$$\hat{Y}_{ij} = a + b (X_j) + E$$

donde:

\hat{Y}_{ij} = Valor esperado de la craza ij .

a = Intercepto ($\bar{Y}_{ij} - b\bar{X}_j$).

b = Coeficiente de regresion lineal.

X_j = Valor del progenitor.

E = Error.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Análisis Estadístico.

a). Análisis de Varianza.

Los análisis de varianza de las dos localidades, (1), Cuyuta y (2) La Máquina, formados con los 8 progenitores y 27 de sus cruzas posibles para caracteres de altura de planta, altura de mazorca, días a floración y rendimiento se presentan en el Cuadro 5.

Todas las variables en estudio presentaron diferencias significativas al 1% para el efecto de los genotipos en las dos localidades evaluadas.

En el Cuadro 6, se presenta el análisis combinado para los mismos caracteres. Antes de efectuar este análisis, se realizó una prueba de homogeneidad de varianzas desarrolladas por Hartley (1951) cuyos resultados reportaron que si existe homogeneidad de varianzas del error de los análisis por experimento de cada una de las variables.

Los resultados del Cuadro 6 indican que hubo diferencias altamente significativas ($P \leq .01$) para el efecto de localidades en los caracteres de altura de planta, altura de mazorca y rendimiento y no fue significativa para días a floración.

Cabe señalar que durante el período de evaluación de los materiales, las localidades en donde se instalaron los experimentos fueron azotadas por lluvias torrenciales que provocaron inundaciones y deslaves que influenciaron a los ensayos, este efecto lo refleja en mucho el valor del coeficiente de variación que presenta el rendimiento en las dos localidades y el promedio obtenido en el análisis combinado. Sin embargo,

CUADRO 5. ANALISIS DE VARIANZA PARA DIFERENTES CARACTERES EVALUADOS EN CADA DOS LOCALIDADES DURANTE EL AÑO 1979.

LOCALIDAD	F.V.	G.L.	C U A D R A D O S		M E D I O S	
			ALTURA PLANTA	ALTURA MAZORCA	FLORACION	RENDIMIENTO
Cuyuta	Rep.	2	270.714	561.66	0.542	3364856.33*
	Genotipos	34	3178.893**	1131.344**	6.480**	3451351.17**
	Error	68	277.822	197.940	0.945	945823.712
	C.V.		7.87%	12.04%	1.75%	23.90%
La Máquina	Rep.	2	1680.230**	176.42	0.152	1471979.29
	Genotipos	34	2816.867**	1151.341**	10.40**	4046552.20**
	Error	68	294.420	139.600	1.790	798095.749
	C.V.		8.47%	10.41%	2.45%	18.51%

* Significativo al nivel de 5%.

** Significativo al nivel de 1%.

CUADRO 6. ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO SOBRE DOS LOCALIDADES.

F.V.	G.L.	C U A D R A D O S		M E D I O S	
		ALTURA PLANTA	ALTURA MAZORCA	FLORACION	RENDIMIENTO
Localidad	1	4434.404**	634.404	17.719**	29741073.89**
Rep./loc.	4	975.476*	369.047	0.348	2418417.815*
Genotipos	34	5631.418**	2030.616**	15.220**	5387107.979**
Genotipos/Loc.	34	364.343	252.069	1.404	2073709.82**
Error	136	286.122	168.761	1.367	871959.7301
C.V.		8.17%	11.29%	2.123%	21.0%

* Significativo al 5 % de probabilidad.

** Significativo al 1% de probabilidad.

los coeficientes de variación para todos los caracteres son en general relativamente bajos y aceptables (Cuadros 5 y 6).

Las repeticiones dentro de localidades fueron significativas ($P \leq .05$) para altura de planta y rendimiento y no tuvieron diferencias respecto de altura de mazorca y floración.

Los genotipos presentaron diferencias altamente significativas ($P \leq .01$) para todos los caracteres (Cuadro 6), sin embargo, los materiales no interaccionaron con las localidades excepto el rendimiento, como se puede ver en el efecto de la interacción genotipos x localidades del Cuadro 6. Este resultado se explica debido a que el rendimiento es un carácter de herencia completa y se ve por lo tanto más afectados por el medio ambiente que los otros caracteres.

El Cuadro 7 muestra una partición efectuada a las sumas de cuadrados de genotipos y la interacción genotipos x localidades. En este cuadro se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq .01$) entre progenitores, cruzas y progenitores versus cruzas para todas las variables en estudio.

Las diferencias encontradas entre los genotipos se explica en las mismas diferencias significativas mostradas por los progenitores y las cruzas, haciéndose notar que la varianza genética entre progenitores es más importante que las de sus cruzas ya que para todos los caracteres, los cuadrados medios para progenitores son casi el doble que el cuadrado medio de las cruzas.

La significancia encontrada para la comparación cruzas versus progenitores, es un índice del grado de heterosis, lo que nos indica que para los cuatro caracteres en estudio hay diferencias significativas en el promedio de heterosis, o sea que existen cruzas que en promedio presentan mayor o menor -- grado de heterosis que las demás cruzas con respecto a sus --

CUADRO 7. CUADRADOS MEDIOS DEL ANALISIS DE VARIANZA COMBINANDO LOS 2 EXPERIMENTOS Y PARTICION DE SUMAS DE CUADRADOS PARA GENOTIPOS Y GENOTIPOS POR LOCALIDAD.

F. V.	G.L.	C U A D R A D O S		M E D I O S	RENDIMIENTO
		ALTURA PLANTA	ALTURA MAZORCA	FLORACION	
Localidad	1	4434.404**	634.404	17.719**	29741073.89**
Rep/Loc.	4	975.476*	369.047	0.348	2418417.815*
Genotipos	34	5631.418**	2030.616**	15.220**	5387107.979**
Progenitores	7	13898.808**	5269.568**	20.187**	6227953.786**
Cruzas	26	2714.395**	991.210**	8.565**	3407197.136**
Progenitores vrs. cruzas	1	23602.264**	6382.500**	153.613**	50978869.270**
Genotipos por Localidad	34	364.343	252.069	1.404	2073709.820**
Progenitores por Localidad	7	508.035	354.687	1.925	1733183.700
Cruzas por Loc.	26	331.363	233.997	1.316	1822731.808**
Progenitores vrs. cruzas por loc.	1	215.981	3.616	0.030	10982820.990**
Error	136	286.1226	168.772	1.367	871959.7301

* Significativo al 5% de probabilidad

** Significativo al 1% de probabilidad.

progenitores.

La interacción de genotipos por localidades fue significativa al nivel de 1% solamente para el carácter rendimiento. Pudiera haber sido esperado si consideramos que este carácter es el más afectado por el medio ambiente; así mismo, vemos -- que esta significancia se debió principalmente a la interacción significativa que presentaron los progenitores versus -- cruzas por localidades.

A este respecto, se esperaba que la interacción progenitores por localidades presentara mayor significancia que la de cruzas por localidades, ya que se considera que las cruzas por heterogeneidad de sus genotipos es mayor su estabilidad o adaptabilidad debido a que poseen una constitución genética diversa y mas amplia, al concentrar el germoplasma de los dos progenitores que les permite adaptarse mejor a condiciones ambientales diferentes. Sin embargo, como fuese reportado por Eberhart (1969) se pueden encontrar genotipos menos heterogéneos (cruzas simples) pero estables como cualquier genotipo mas heterogéneo (cruzas dobles).

b) Comparación de medias.

La significancia estadística encontrada en los caracteres evaluados motivó el que se efectuara una comparación de medias por el método de Dúncan (1955) para altura de planta, altura de mazorca, días a floración y rendimiento. con el objeto de establecer que genotipo o genotipos fueron los que observaron medias mas altas.

Para ello se utilizaron los promedios de las dos localidades, para cada una de las variables y los resultados de las pruebas se presentan en los Cuadros 8 al 11, para altura de planta, altura de mazorca, días a floración y rendimiento -- respectivamente.

De la comparación en altura de planta (Cuadro 8), puede observarse que los progenitores 6 (B-666) y 8 (H-5), tuvieron las medias más altas. Luego, los cruces de alto x alto (6 x 8, 6 x 7 y 7 x 8) también se manifestaron dentro de los altos, cuyas medias fueron iguales estadísticamente. En el caso de los cruces 6 x 7 y 7 x 8, explica como la combinación con un material con genes recesivos para altura de planta (br-2), también produce híbridos de altura muy similar al progenitor alto. De todos los cruces bajos x altos observados, solo la cruce 2 x 8 originó híbridos cuya media no tuvo diferencias estadísticas con los materiales más altos.

Al considerar una media general en altura de planta de 212.737 cms. se encontró que los progenitores 1, 2, 3 y 5 intervienen en muchos cruces con genotipos altos que rebasan este valor; caso contrario cuando en la cruce intervino el progenitor 4 (Eto C₂), ninguna superó ese valor.

Con respecto al carácter altura de mazorca (Cuadro 9), coincidió con lo observado con altura de planta, pues de nuevo las medias más altas fueron para progenitores altos y cruces de alto por alto. Las medias más bajas correspondieron a progenitores bajos y cruces de bajo x bajo como se nota en este cuadro, dando idea que la altura de planta está correlacionada con la altura de mazorca.

La prueba realizada para días a floración (Cuadro 10), muestra que los progenitores bajos 1, 2 y 4 tuvieron las medias más altas con diferencias estadísticas al 5% con el resto de progenitores y cruces.

Es común observar que cuanto más se reduce la planta, la floración se retarda, como lo reportan Scott y Campbell (1965) y Rodríguez (1979), explicando este resultado con el razonamiento de que en estas plantas la energía ahorrada en la diferencia de altura, se invierte en la formación de grano, nece-

citando tiempo suficiente para loorarlo. Aunque esto depende del material genético, el tipo de apareamiento y el proceso de selección utilizada. Johnson y Fisher (1980) reportan datos de 17 ciclos de selección donde encontraron un 60% de reducción de altura de planta y también reducción en días a floración en aproximadamente siete días comparando el ciclo 0 con el ciclo 17 de selección. Por otro lado, los rendimientos bajos de estos progenitores tardíos se debe a que son materiales endogámicos muy susceptibles al efecto del medio ambiente que influenció sus resultados.

Las cruzas tanto de bajo x alto como dentro de un mismo grupo, se manifestaron como de ciclo intermedio con valores desde 52 hasta 56 días a floración.

Respecto al caracter rendimiento, la prueba realizada -- (Cuadro 11), muestra que las cruzas con los mejores rendimientos fueron aquellas en las que siempre intervino un progenitor de gran altura. También se puede observar como todos los progenitores de altura de planta baja intervinieron en muchas de esas cruzas que no tuvieron diferencias estadísticas.

En el Cuadro 11(a) se muestran algunos genotipos y sus valores de altura de planta y rendimiento. Se nota que en los cruces con las fuentes 1, 2 y 4 los valores se han reducido, y lo más importante, que el rendimiento no disminuye pues sus valores son muy aceptables. Particularmente el progenitor 1 ($B_1 S_2$), produce híbridos con rendimientos relativamente más altos y alturas de planta comparables a los originados por las otras fuentes en estos cruces.

Cuando se consideraron solos, los progenitores bajos y el progenitor 7, tuvieron rendimientos promedios relativamente bajos que cuando se cruzaron, lo cual significa un aporte a la interacción génica generando un alto grado de heterosis.

CUADRO 8. PRUEBA DE DUNCAN PARA ALTURA DE PLANTA EN CENTIMETROS DE LOS 8 PROGENITORES Y SUS 27 CRUZAS OBTENIDAS COMBINANDO DATOS DE LAS 2 LOCALIDADES DE PRUEBA.

Nº	TRATAMIENTO	ALTURA MEDIA	
1	6 x 6*	255.83	A
2	8 x 8	254.17	A
3	6 x 8	250.00	AB
4	7 x 8	247.50	ABC
5	6 x 6	245.00	ABCD
6	2 x 8	236.67	ABCDE
7	1 x 6	231.67	BCDEF
8	3 x 6	226.67	CDEF
9	5 x 6	225.83	CDEFG
10	5 x 8	224.17	DEFG
11	1 x 7	222.50	EFG
12	3 x 7	222.50	EFG
13	2 x 6	222.50	EFG
14	3 x 8	221.67	EFG
15	1 x 8	217.50	EFGH
16	2 x 7	215.83	EFGHI
17	5 x 7	212.50	FGHIJ
18	2 x 3	208.33	GHIJK
19	3 x 5	205.83	GHIJK
20	4 x 6	205.83	GHIJK
21	4 x 7	205.83	GHIJK
22	1 x 5	198.33	HIJKL
23	1 x 4	194.17	IJKLM
24	7 x 7	194.17	IJKLM
25	3 x 4	191.67	JKLM
26	4 x 5	191.67	JKLM
27	2 x 5	190.00	KLM
28	5 x 5	189.17	KLM
29	1 x 3	189.00	KLM
30	4 x 4	180.00	LMN
31	1 x 2	175.00	MN
32	2 x 4	165.83	N
33	3 x 3	164.17	N
34	2 x 2	139.17	O
35	1 x 1	123.33	O

Todas las medias designadas con la misma letra no tienen diferencias significativas al nivel de 5%.

* Progenitor 6.

CUADRO 9. PRUEBA DE DUNCAN PARA ALTURA DE MAZORCA DE LOS 8 --
 PROGENITORES Y SUS 27 CRUZAS OBTENIDAS COMBINANDO --
 DATOS DE LAS 2 LOCALIDADES.

Nº	TRATAMIENTO	ALTURA MEDIA	
1	6 x 6*	152.50	A
2	7 x 8	145.00	AP
3	8 x 8	145.00	AB
4	6 x 7	138.33	ARC
5	2 x 8	135.83	PCD
6	2 x 6	130.83	BCDE
7	1 x 6	130.00	BCDE
8	6 x 8	130.00	BCDE
9	3 x 8	127.50	CDEF
10	1 x 8	126.66	CDEF
11	5 x 8	125.00	CDEFG
12	1 x 7	124.16	CDEFG
13	5 x 6	124.16	CDEFG
14	3 x 6	123.33	CDEFG
15	2 x 7	122.50	CDEFGH
16	2 x 3	118.33	DEFGHI
17	5 x 7	115.83	EFGHIJ
18	4 x 6	113.33	EFGHIJ
19	3 x 7	111.66	FGHIJ
20	4 x 7	111.66	FGHIJ
21	4 x 3	107.50	GHIJ
22	2 x 5	106.66	HIJ
23	1 x 5	105.83	HIJ
24	2 x 4	105.00	HIJ
25	3 x 5	105.00	HIJ
26	7 x 7	104.16	IJK
27	1 x 4	102.50	IJK
28	5 x 5	102.50	IJK
29	1 x 2	101.66	IJK
30	4 x 4	100.00	JK
31	1 x 3	100.00	JK
32	4 x 5	98.33	JK
33	3 x 3	85.83	KL
34	2 x 2	79.17	KL
35	1 x 1	70.00	M

Las medias designadas con la misma letra no tienen diferencias estadísticas al nivel de 5%.

* Progenitor 6.

CUADRO 10. PRUEBA DE DUNCAN PARA DIAS A FLOR DE LOS 8 PROGENITORES Y SUS 27 CRUZAS OBTENIDAS COMBINANDO DATOS DE LAS 2 LOCALIDADES.

Nº	TRATAMIENTO	FLORACION MEDIA	
1	1 x 1*	58.50	A
2	4 x 4	48.10	A
3	2 x 2	58.00	AB
4	6 x 6	57.16	ABC
5	7 x 7	57.16	ABC
6	2 x 4	56.67	BCD
7	1 x 6	56.50	CDE
8	1 x 4	56.33	CDEF
9	7 x 8	56.17	CDEFG
10	6 x 8	56.16	CDEFG
11	8 x 8	56.00	CDEFGH
12	2 x 6	55.83	CDEFGHI
13	4 x 6	55.67	CDEFGHIJ
14	4 x 5	55.50	DEFGHIJKL
15	1 x 2	55.00	EFGHIJKL
16	5 x 7	55.00	EFGHIJKL
17	3 x 4	54.83	FGHIJKLM
18	1 x 3	54.60	GHIJKLMN
19	1 x 5	54.50	HIJKLMN
20	1 x 8	54.50	HIJKLMN
21	1 x 7	54.50	HIJKLMN
22	6 x 7	54.50	HIJKLMN
23	2 x 8	54.33	IJKLMNO
24	4 x 7	54.17	JKLMNO
25	3 x 3	54.17	JKLMNO
26	3 x 7	54.00	LMNOP
27	5 x 5	53.66	LMNOP
28	5 x 6	53.66	LMNOP
29	2 x 3	53.50	LMNOP
30	2 x 7	53.50	LMNOP
31	2 x 5	53.50	NOP
32	3 x 8	53.17	NOP
33	3 x 6	53.00	OP
34	5 x 8	52.83	OP
35	3 x 5	52.50	P

Las medias designadas con la misma letra no tienen diferencias estadísticas al nivel de 5%.

* Progenitor 1.

CUADRO 11. PRUEBA DE DUNCAN PARA RENDIMIENTO EN Kg/Ha. DE -
LOS 8 PROGENITORES Y SUS 27 CRUZAS COMBINANDO DA-
TOS DE LAS 2 LOCALIDADES DE PRUEBA

Nº	TRATAMIENTO	RENDIMIENTO MEDIO	
1	5 x 6	6026.549	A
2	1 x 7	5980.475	AB
3	6 x 7	5765.425	ARC
4	1 x 6	5512.120	ARCD
5	8 x 8*	5402.470	ABCDE
6	5 x 8	5333.420	ABCDE
7	2 x 8	5311.270	ABCDEF
8	2 x 6	5274.365	ARCDEFG
9	7 x 8	5270.815	ARCDEFG
10	3 x 6	5149.149	ARCDEFG
11	4 x 7	5144.130	ABCDEFG
12	4 x 6	4954.229	ARCDEFGH
13	5 x 7	4918.569	ARCDEFGH
14	1 x 5	4785.100	ARCDEFGHI
15	1 x 8	4747.600	RCDEFGHI
16	2 x 7	4676.400	BCDEFGHI
17	6 x 6	4512.012	CDEFGHIJ
18	1 x 2	4479.709	CDEFGHIJ
19	2 x 5	4436.830	DEFGHIJ
20	3 x 5	4346.160	DEFGHIJ
21	3 x 8	4293.100	DEFGHIJ
22	4 x 5	4164.879	EFGHIJ
23	3 x 4	4140.200	EFGHIJK
24	2 x 3	4024.920	FGHIJKL
25	1 x 4	4004.550	GHIJKL
26	6 x 8	3977.066	GHIJKL
27	1 x 3	3869.130	HIJKLM
28	3 x 7	3812.419	HIJKLM
29	7 x 7	3675.781	HIJKLM
30	2 x 2	3543.188	IJKLM
31	5 x 5	3361.733	JKLMN
32	1 x 1	2888.168	KLMN
33	2 x 4	2783.280	LMN
34	4 x 4	2606.053	MN
35	3 x 3	2313.368	N

Las medias designadas con la misma letra no tienen dife-
rendias significativas al nivel de 5%.

*Progenitor 8.

CUADRO 11 (a). MEDIAS OBSERVADAS PARA CRUZAS EN LOS CARACTERES ALTURA DE PLANTA Y RENDIMIENTO DE LOS - - PROGENITORES 1, 2 Y 4 CON LOS PROGENITORES 6, 7 Y 8 COMBINANDO DATOS DE 2 LOCALIDADES.

GENOTIPO	ALTURA DE PLANTA EN CMS.	RENDIMIENTO EN KGS./HA.
1 x 6	231.67	5512.120
1 x 7	222.50	5980.475
1 x 8	217.50	4747.600
2 x 6	222.50	5274.365
2 x 7	215.83	4076.400
2 x 8	236.67	5311.270
4 x 6	205.83	4954.229
4 x 7	205.83	5144.130
4 x 8	N.S.O.	

N.S.O. : No se obtuvo la crucea.

Aparentemente estos progenitores aunque sus rendimientos sean bajos, como su altura, generan híbridos de buen comportamiento y altura deseable dando idea de que la acción génica para el carácter altura de planta y el rendimiento posiblemente es de naturaleza diferente, como se explica más adelante.

c) Heterosis.

A este respecto se discutirá la heterosis mostrada por las cruzas para las variables rendimiento y altura de planta.

Para la primera variable, se determinó que de las 27 cruzas obtenidas, el 92% superó en rendimiento al promedio de sus padres y el 74% al mejor progenitor (Cuadro 12).

Algunos investigadores como Griffing y Lindstrom (1954), han obtenido respuestas heteróticas altas cuando los materiales cruzados eran divergentes. También Moll et al (1965) -- concuerdan en que cuanto mas divergencia haya, más heterosis, però hasta un límite dependiendo de que tan diferentes sean los padres.

La heterosis más alta (182%), fué mostrada por el cruce 1 x 7 ($B_1 S_2$ x br-2), que son materiales con endogamia resultado que concuerda a lo expresado por Lonquist y Gardner (1961), en el sentido de que la heterosis manifestada por cruzamientos intervarietales es menor a la obtenida con combinaciones híbridas que involucren líneas derivadas de los mismos materiales.

Existe cierta diversidad en los resultados publicados por muchos investigadores, así Sarria (1966) evaluando cruzas F1 derivadas de la combinación de 14 variedades de maíz de germoplasma del Caribe, encontró que el 96% de ellas superó el promedio de los padres y el 85% al progenitor superior.

CUADRO 12. PORCIENTO DE HETEROSIS EN BASE AL PROMEDIO DE LOS PROGENITORES - (VALORES SOBRE LA DIAGONAL) Y AL MEJOR PROGENITOR (VALORES BAJO LA DIAGONAL) PARA RENDIMIENTO* EN LAS 27 CRUZAS DIRECTAS OBTENIDAS CON LOS 8 GENOTIPOS DE MAIZ

GENOTIPO		P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈
B ₁ S ₂	P ₁		139	148	145	153	148	182	114
Eto S ₂	P ₂	126		137	90	128	130	130	118
Eto S ₁	P ₃	133	113		168	153	151	127	112
Eto C ₂	P ₄	138	78	158		139	139	163	NS0**
IPTT-21	P ₅	142	131	129	123		153	139	121
B-666	P ₆	122	116	114	109	133		140	80
br-2	P ₇	163	127	103	139	133	127		116
H-5	P ₈	88	98	79	NS0	98	73	97	

* Promedio de los dos experimentos.

** NS0 = No se obtuvo cruza.

Paterniani y Lonnoquist (1963) determinaron en su estudio que el 97% de las cruzas excedió al progenitor medio y un 76% al mejor progenitor.

Oyervides (1979) al evaluar a 55 cruzas simples posibles provenientes de cruzamientos entre 11 variedades, determinó - que el 98.2% superaron al promedio parental y el 80% excedió al progenitor superior.

Entre las cruzas que exhibieron mas heterosis se encuentran: 1 x 7, 3 x 4, 4 x 7, 1x5 y 5 x 6, cuando se consideró tanto al progenitor medio como al progenitor superior.

La importancia de estos resultados radica en que además de favorecer a las cruzas derivando materiales de altura muy aceptable, el rendimiento no decreció, exhibiendo buena heterosis. Pudiendo por lo tanto ser utilizados estos materiales en programas de mejoramiento en los cuales se desee disminuir la altura pero sin afectar su producción.

Si analizamos la magnitud de los rendimientos encontramos que son normales, dadas las condiciones genéticas de variedades tropicales y las ambientales que se tienen cuando se evalúa en estas zonas de la Costa Sur de Guatemala eminentemente tropicales.

Cabe mencionar que la máxima heterosis observada, no corresponde a la crusa con la media mas alta en rendimiento. - Esto es explicable dado a que los materiales cruzados no son todos endogámicos sino con un estado genético diferente (híbrido simple, doble y genotipo mejorado), cuyos rendimientos individuales son altos generando una media parental también alta que reduce la heterosis ó sea que no hay correlación entre la crusa mas rendidora con heterosis.

El Cuadro 13 muestra los porcentajes de heterosis para el caracter altura de planta, referido al progenitor medio y al progenitor mas alto. Según estos resultados el 92% fué mas alto que el progenitor medio, existiendo un promedio general de 111% de heterosis. Cuando se refirió al progenitor -- superior solo el 55% de las cruzas superó su valor y en promedio general se obtuvo un 101% de heterosis.

En referencia al promedio parental muchos cruces fueron mas altos, pero su valor fue relativamente bajo ya que el -- promedio en todos los cruces (111%) se considera poco significativo, siendo los cruces bajo x bajo los que mostraron mayor incremento con respecto a los demás.

La heterosis con respecto al progenitor superior fue casi nula en forma general. Así mismo, puede verse que el cruce de las 5 fuentes de planta baja con los materiales 6 y 8, -- siempre fueron menores al valor del progenitor superior, mostrando evidente ausencia de heterosis. Para este carácter -- sucedió lo contrario a lo discutido para rendimiento, pues -- los bajos promedios de altura de planta de las fuentes, originó medias parentales muy bajas respecto al valor de la craza, mostrando cierta heterosis respecto al promedio parental.

El cruce más heterótico con 140% (Cuadro 13) fue de genotipo 1 ($B_1 S_2$), al cruzarse con el genotipo 7 (br-2). Este último aunque su valor promedio (194,17 cms.) fue relativamente bajo, en sus cruces con los otros genotipos altos siempre originó híbridos de gran altura (Cuadro 8), debido a su recesividad para este carácter. Sin embargo, cuando se cruzó -- con los genotipos bajos sus híbridos fueron considerablemente mas bajos, dejando ver que el comportamiento genético de las fuentes es muy diferente al de progenitores altos.

CUADRO 13. PORCIENTO DE HETEROSIS EN BASE AL PROMEDIO DE LOS PROGENITORES -
 (VALORES SOBRE LA DIAGONAL) Y AL MEJOR PROGENITOR (VALORES BAJO
 LA DIAGONAL) PARA ALTURA DE PLANTA* EN LAS 27 CRUZAS OBTENIDAS -
 CON LOS 8 GENOTIPOS DE MAIZ.

GENOTIPO		P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈
B S	P		133	131	128	127	122	140	115
Eto S	P	125		137	104	116	113	129	120
Eto S	P	115	127		111	116	108	124	106
Eto C	P	107	92	106		104	94	110	NSO
IPTT 21	P	105	100	109	101		101	110	101
B-666	P	90	86	88	80	88		109	98
br-2	P	114	111	114	106	109	126		110
H-5	P	85	93	87	NSO	88	98	97	

* Promedio de los dos experimentos.

NSO = No se obtuvo la craza.

d). Análisis de Aptitud Combinatoria.

El ANVA para la partición de sumas de cuadrados para los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y de aptitud -- combinatoria específica (ACE), se presenta en el Cuadro 14.

Esta partición corresponde a los efectos entre progenitores clasificados como bajos (entre bajos), entre progenitores altos, su comparación altos versus bajos y las interacciones ACG x localidades y ACE x localidades.

Según estos resultados existen diferencias significativas al nivel de 1% para los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) para todos los caracteres.

Los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) fueron significativos al 1% solo en los caracteres de días a flor y rendimiento. Esta significancia de la ACG indica diferencias en el comportamiento de los progenitores cuando son cruzados con los otros restantes genotipos.

Tomando en cuenta que en el análisis con el Modelo I, fijo, el interés se centra en determinar el comportamiento genético de los progenitores y sus cruzas y en base a las hipótesis planteadas para las pruebas de significancia de los cuadrados medios de ACG se puede inferir que la mayor parte de la variación genética total, en los caracteres altura de planta y altura de mazorca, es debida al efecto aditivo de los genes.

Por otro lado, el cuadrado medio de la ACG es 19 veces -- mas grande que el cuadrado medio para ACE en altura de planta y 15 veces más en altura de mazorca, lo cual denota la importancia de la aditividad en la explicación de la variación genética.

CUADRO 14. CUADRADOS MEDIOS DEL ANALISIS DE VARIANZA, APTITUD COMBINATORIA GENERAL (ACG), APTITUD COMBINATORIA ESPECIFICA (ACF) Y SUS PARTIACIONES DEL ANALISIS DIALELICO COMBINADO PARA 4 CARACTERES EN MAIZ

F. V.	G.L.	ALTURA PLANTA	C A R A C T E R E S	ALTURA MAZORCA	FLORACION	RENDIMIENTO
Localidades	1	4434.404**		634.404	17.719**	29741073.89 **
Rep/Loc.	4	975.476*		369.047	0.347	2418417.815*
Genotipos :	34	5631.418**		2030.616 **	15.220**	5387107.979**
Progenitores	7	13988.808**		5269.568**	20.187**	6227953.786**
Progenitores Vrs.						
Cruzas	1	23602.264**		6382.500**	153.623**	50978869.270**
Cruzas :	26	2714.395**		991.21 **	8.565**	3480799.428**
ACG	7	8822.037**		3131.762**	18.83 **	5815377.346**
Entre bajos	4	1263.562**		207.324	21.983**	2243040.000*
Entre altos	2	37.5		338.541*	5.541*	5116653.440**
Altos Vrs. Bajos	1	56625.009**		20415.285**	30.879**	28502174.540**
ACE	19	464.212		202.585	4.884**	2142686.988**
Genotipos x Localidad	34	364.343		252.069	1.404	2073079.820*
Progenitores x Loc.	7	508.035		354.687 *	1.925	1733183.700
Prog. Vrs. cruzas x Loc.	1	215.981		3.616	0.030	10982820.990**
Cruzas por Localidad :	26	331.363		233.997	1.316	1822731.808**
ACG x Loc.	7	454.405		184.010	3.281*	3841028.571**
ACE x Loc.	19	286.031		252.413	0.592	1075257.630
Error	136	286.122		168.7719	1.367	871959.7301

* Efecto significativo a nivel de 5%.

** Efecto significativo al nivel de 1%.

La ACE se manifestó significativa al nivel de 1% para días a floración y rendimiento. El cuadrado medio para días a flor fue considerable, como también el observado para el carácter rendimiento deduciéndose entonces que con estos caracteres el efecto no aditivo de los genes es tan importante como el aditivo y esto indica que algunos genotipos al cruzarse con otros forman híbridos F1 que son mejores o peores a los esperados en base a la ACG de sus padres.

En la partición efectuada a la ACG en altura de planta presentan significancia las fuentes entre bajos y altos versus bajos, que indica la existencia de diferencias entre los cinco genotipos de planta baja al ser cruzados con los otros materiales. Además, esos materiales al cruzarse forman genotipos que son muy diferentes a sus progenitores originales y entre ellos mismos. De modo que la significancia de la ACG es debida a las diferencias entre el grupo bajo y las diferencias que existen entre los híbridos que este grupo forma con los que forma el grupo alto en sus cruzamientos.

Para altura de mazorca la ACG tuvo significancia solo para alto versus bajo, mientras que en días a flor y rendimiento fueron significativos todos los efectos de la partición de la ACG por lo que la alta significancia de la ACG en las últimas variables mencionadas puede ser atribuída a las diferencias en ACG entre los elementos de cada una de las fuentes en la partición.

La ACG por localidades no fue significativa para altura de planta y mazorca, mostrando que los genotipos fueron consistentes en su altura y que el ambiente no es importante en el incremento o reducción de altura de planta y mazorca de los genotipos y no les afecta en la magnitud de sus efectos genéticos.

Para el caso de floración y rendimiento la ACG por localidades fue significativa. Esto indica que en estos caracteres la habilidad de combinarse con los otros materiales es diferente en cada localidad, observando un comportamiento particular en cada ambiente, por lo que se sugiere evaluar en más de una localidad con el fin de eliminar este efecto al hacer estimaciones de componentes de varianza.

En éstos análisis no se le puede dar validez a las estimaciones varianzas genéticas o heredabilidades, pues dichos genotipos no pueden ser representativos de una población nor ser de origen muy diferente. La importancia de la información del Dialelo radica en que es útil en la selección de los mejores progenitores en base a su aptitud combinatoria per se y explica que la variabilidad de los genotipos es debida a ellos mismos y se debe principalmente a una acción génica aditiva.

Un análisis particular de los progenitores para todos los caracteres en su aptitud combinatoria general (\hat{g}_i), se presenta en el Cuadro 15. En altura de planta se observa que los progenitores con medias más altas (6, 7 y 8), mostraron los valores más elevados de \hat{g}_i , siendo 19.7229, 13.7507 y 20.16455, respectivamente. Debemos suponer entonces que estos progenitores deben relacionarse mejor en combinaciones híbridas, esperando cruza F1 con medias más altas que las formadas con genotipos de bajo valor de \hat{g}_i .

Las fuentes de baja altura de planta en 1, 2, 3, 4 y 5, mostraron valores bajos y negativos de su \hat{g}_i con un rango desde -6.80486 a -20.2521, esto sugiere que al combinarse con otros genotipos darán origen a híbridos de menor altura, pues no aportan al valor de la crusa sino mas bien la disminuyen causando una baja en los valores resultantes predichos.

Lo anterior puede observarse al representar los valores de las cruza mediante su estructura genética en base al modelo lineal siguiente: $Y_{ij} = \bar{Y} \dots + g_i + g_j + s_{ij}$

CUADRO 15. EFECTOS DE APTITUD COMBINATORIA (\hat{g}_i) PARA 4 CARACTERES EVALUADOS -
DE LOS 8 PROGENITORES AL COMBINAR LOS DATOS DE LOS DOS EXPERIMENTOS.

Nº	PROGENITOR	C A R A C T E R E S			
		ALT. PLANTA	ALT. MAZORCA	FLORACION	RENDIMIENTO
1	B ₁ S ₂	- 10.1659	- 6.00762	0.507414	90.9424
2	Eto S ₂	- 12.4993	- 1.00762	- 0.0209164	- 307.7130
3	Eto B ₁	- 3.91599	- 5.58929	- 1.214250	- 532.9910
4	Eto C ₂	- 20.2521	-11.28380	1.087750	- 581.9170
5	IPTT 21	- 6.80486	- 7.67429	- 0.825917	196.4140
6	B - 666	19.7229	10.52070	0.480749	637.647
7	br - 2	13.7507	7.04737	- 0.102584	455.865
8	H - 5	20.16455	13.9945508	0.087750	41.7526

Veamos los resultados obtenidos con algunas cruzas:

- 1) 6×8 (B-666 x H - 5).
 $250 = 212.7375 + 19.7229 + 20.16455 - 2.624954$
- 2) 7×8 (br-2 x H - 5)
 $247.5 = 212.7375 + 13.7507 + 20.16455 + 0.847244$
- 3) 6×7 (B-666 x br-2)
 $245 = 212.7375 + 19.7229 + 13.7507 - 1.211075$

En estos casos es claro como la ACG es más importante - que la ACE y los efectos de \hat{g}_i contribuyen a incrementar el valor de la craza sobre la media general. Si estos mismos - progenitores altos los cruzamos con los bajos se observa que:

- 4) 4×6 (Eto C_2 x B-666)
 $205.83 = 212.7375 - 20.2521 + 19.7229 - 6.374954$
- 5) 3×8 (Eto S_1 x H - 5)
 $221.67 = 212.7375 - 3.91599 + 20.16455 - 7.319427$
- 6) 1×7 ($B_1 S_2$ x br-2)
 $222.5 = 212.7375 - 10.1659 + 13.7507 + 6.177795$

(Cuadro 16).

La ACG sigue siendo muy importante pero los valores de las cruzas se han disminuído por la inclusión de un progenitor con este comportamiento. Algunos resultados mostrados - por ciertas cruzas pudieran objetarse debido a que sus progenitores tienen cierto grado de parentesco y poseen una dosis del mismo germoplasma, sin embargo, la acción génica de estos progenitores es la misma cuando se cruzaron con otro genotipo diferente, de modo que decididamente para este carácter la - acción génica es aditiva.

Esto mismo se muestra en los valores correspondientes al promedio de cada uno de los progenitores en sus cruces con el resto de los materiales para altura de planta y rendimiento del Cuadro 15 (a). Se comprueba que los efectos más bajos de \hat{g}_i de los progenitores, también observan las menores alturas, y los mayores efectos también presentan los rendimientos más altos.

Para el carácter altura de mazorca pueden apreciarse resultados similares a los ya discutidos con altura de planta, pues los mismos progenitores tuvieron los valores más altos y los mismos los más bajos y negativos de su \hat{g}_i (Cuadro 15 y 24).

Respecto a días a floración, los valores más altos de \hat{g}_i correspondieron a los progenitores 1 y 4 que también fueron los más tardíos mostrando la media más alta (Cuadro 10).

Al representar la estructura genética de las cruzas observaremos los siguientes resultados.

$$1). \quad 4 \times 7 \text{ (Eto } C_2 \times \text{br-2)}$$

$$54.169 = 54.6365 + 1.08775 - 0.102584 - 1.451675$$

$$2). \quad 1 \times 8 \text{ (B}_1 \text{ S}_2 \times \text{H-5)}$$

$$54.50 = 54.6365 + 0.507414 + 0.08775 - 0.731667$$

La aptitud combinatoria específica es tan importante como la aptitud combinatoria general, dando muestras de que la varianza total es debida tanto al efecto no aditivo como aditivo de los genes (Cuadro 25).

La significancia de los cuadrados medios para la ACG y ACE de la variable rendimiento, sugiere que en este carácter, los efectos no aditivos son importantes y considerables como se puede observar en el Cuadro 20 y en la estructura genética de las cruzas:

CUADRO 15 (a). MEDIAS DE ALTURA DE PLANTA Y RENDIMIENTO DE CADA PROGENITOR AL COMBINARSE CON TODOS LOS DEMAS PROGENITORES USANDO DATOS DE LAS 2 LOCALIDADES.

Nº	GENOTIPO	COMPORTAMIENTO PROMEDIO	
		ALTURA DE PLANTA	RENDIMIENTO Kg./Ha.
1	B ₁ S ₂	204.02	4742.18
2	Eto S ₂	202.02	4440.05
3	Eto S ₁	209.38	4219.30
4	Eto C ₂	195.35	4244.10
5	IPTT-21	206.69	4845.51
6	B-666	229.64	5237.10
7	br-2	224.52	5084.05
8	H - 5	230.00	4790.66

CUADRO 16. EFECTOS DE APTITUD COMBINATORIA ESPECIFICA (ACF) PARA ALTURA DE PLANTA DE LAS CRUZAS POSIBLES DE LOS 8 PROGENITORES DE MAIZ AL COMBINAR LOS DATOS DE LAS 2 LOCALIDADES.

Nº	PROGENITOR	Eto S ₂ 2	Eto S ₁ 3	Eto C ₂ 4	IPTT 21 5	B - 666 6	br - 2 7	H - 5 8
1	B ₁ S ₂	-15.072189	- 9.655502	11.847214	2.566681	9.372191	6.177795	- 5.236053
2	Eto S ₂		12.011139	-14.152740	-3.433273	2.538940	1.844437	16.263870
3	Eto S ₁			3.097244	3.816711	-1.877777	-0.072174	- 7.319427
4	Eto C ₂				5.986130	-6.374954	-0.402756	NSO
5	IPTT					0.177811	-7.183289	- 1.930573
6	B - 666						-1.211075	- 2.624954
7	br - 2							0.847244

NSO = No se obtuvo la crusa.

- 1). 2×6 (Eto S_2 x B-666)
 $5274.365 = 4690.43 - 307.713 + 637.647 + 254.001465$
- 2). 1×7 ($B_1 S_2$ x br-2)
 $5980.475 = 4690.43 + 90.9424 + 455.865 + 743.237793$

El Cuadro 20 muestra como aquellos materiales más endogámicos manifestaron los efectos de aptitud combinatoria altos, como la cruce 1×7 . Caso contrario, materiales que no eran endogámicos tuvieron los valores mas bajos de ACE como la cruce 6×8 . Sin embarco, sus rendimientos fueron altos lo que se explica debido a los efectos de ACG altos que presentaron como se puede observar en los siguientes resultados.

- 1). 6×7 (B-666 x br-2)
 $5765.425 = 4690.43 + 637.647 + 455.865 - 18.516602$
- 2). 7×8 (br-2 x H - 5)
 $5270.815 = 4690.43 + 455.865 + 41.7526 + 82.76758$
- 3). 6×8 (B-666 x H - 5)
 $3977.0666 = 4690.43 + 637.647 + 41.7526 - 1392.763916$

También fueron calculadas varianzas de aptitud combinatoria general (S^2_g) y de aptitud combinatoria específica (S^2_s) de los 8 progenitores para altura de planta y rendimiento que se muestran en el Cuadro 17.

Se ve una variable diferencia en las estimaciones de S^2_g de los progenitores. Aquellos que tuvieron altos efectos de \hat{g}_i muestran varianzas de ACG altas y valores bajos y negativos de ACE. Esto significa que esos genotipos transmiten su capacidad de altura de modo uniforme a las progenes F1 que originan.

De los progenitores bajos solo el material 4 (Eto C_2) presenta valores altos de varianza de ACG.

1). 2 x 6 (Eto S₂ x B-666)

$$5274.365 = 4690.43 - 307.713 + 637.647 + 254.001465$$

2). 1 x 7 (B₁ S₂ x br-2)

$$5980.475 = 4690.43 + 90.9424 + 455.865 + 743.237793$$

El Cuadro 20 muestra como aquellos materiales más endogámicos manifestaron los efectos de aptitud combinatoria altos, como la cruce 1 x 7. Caso contrario, materiales que no eran endogámicos tuvieron los valores mas bajos de ACE como la cruce 6 x 8. Sin embarco, sus rendimientos fueron altos lo que se explica debido a los efectos de ACG altos que presentaron como se puede observar en los siguientes resultados.

1). 6 x 7 (B-666 x br-2)

$$5765.425 = 4690.43 + 637.647 + 455.865 - 18.516602$$

2). 7 x 8 (br-2 x H - 5)

$$5270.815 = 4690.43 + 455.865 + 41.7526 + 82.76758$$

3). 6 x 8 (B-666 x H - 5)

$$3977.0666 = 4690.43 + 637.647 + 41.7526 - 1392.763916$$

También fueron calculadas varianzas de aptitud combinatoria general (S^2_g) y de aptitud combinatoria específica - - (S^2_s) de los 8 progenitores para altura de planta y rendimiento que se muestran en el Cuadro 17.

Se ve una variable diferencia en las estimaciones de S^2_g de los progenitores. Aquellos que tuvieron altos efectos de \hat{g}_i muestran varianzas de ACG altas y valores bajos y negativos de ACE. Esto significa que esos genotipos transmiten su capacidad de altura de modo uniforme a las progenies F1 que originan.

De los progenitores bajos solo el material 4 (Eto C₂) presenta valores altos de varianza de ACG.

CUADRO 17. VARIANZAS DE APTITUD COMBINATORIA GENERAL (S_g^2) Y DE APTITUD COMBINATORIA ESPECIFICA (S_s^2) DE LOS 8 PROGENITORES AL COMBINAR DATOS DE LOS 2 EXPERIMENTOS

Nº	GENOTIPO	ALTURA DE PLANTA		RENDIMIENTO	
		S_g^2	S_s^2	S_g^2	S_s^2
1	B ₁ S ₂	96.241	116.835	- 18814.15*	31051.680
2	Eto S ₂	149.134	103.263	71046.27	230042.590
3	Eto S ₁	8.322	13.345	293800.75	86649.570
4	Eto C ₂	403.926	31.460	262160.42	194295.011
5	IPTT 21	39.333	- 19.022	7480.89	- 10027.789
6	B - 666	382.310	- 15.324	370913.19	320785.530
7	br - 2	182.285	- 23.820	179173.668	157950.050
8	H - 5	398.992	19.749	- 10096.519	397806.080

* Se considera que las varianzas negativas son ceros.

Con referencia al rendimiento en el grupo bajo, los progenitores 3 y 4 mostraron valores altos de varianza de ACG y de ACE, lo que es importante, pues puede decirse que estos progenitores producirán híbridos de buen rendimiento en sus cruzas; tales rendimientos serán explicados en mucho por el efecto no aditivo de los genes en estos materiales. Esto mismo se explica porque los valores de esos genotipos en su \hat{g}_i fueron negativos en estimaciones anteriores.

Todos los genotipos con alto valor de \hat{g}_i también fueron altos en sus varianzas de ACG y ACE generando alto grado de heterosis en sus cruces con el resto de progenitores.

Finalmente, considero que la aditividad encontrada para altura de planta y la reducción de la altura de los híbridos formados sugiere una gran importancia en el mejoramiento poblacional y el aprovechamiento de estos materiales en programas de selección para este carácter que aprovechen al máximo esta condición como los métodos de selección masal y selección para aptitud combinatoria general (Comstock et al 1949 y Lonquist 1949).

Para observar mejor el comportamiento de los progenitores con este efecto se obtuvo una correlación de la diferencia en altura de planta de la crusa (ij) y del valor X_j (altura del progenitor j), con el cual el progenitor i se cruzó, que tuvo sentido negativo y altamente significativo, estimando valores predichos en base al análisis de regresión lineal y tomando en cuenta los valores de cruzas y progenitores solos observados en cada repetición de cada uno de los experimentos.

El Cuadro 18 presenta los cuadrados medios para los análisis de varianza de la regresión de 6 progenitores, encontrando significancia al nivel de 1% para los efectos debidos a la regresión por lo que se consideró adecuado hacer predicciones y estimaciones de los valores de Y a cada X utilizada que se presentan en el Cuadro 19.

CUADRO 18. CUADRADOS MEDIOS DE LOS ANALISIS DE VARIANZA PARA LA REGRESION EN ALTURA DE PLANTA CONSIDERANDO A 6 PROGENITORFS, EL COEFICIENTE DE REGRESION Y SUS ERRORES STANDARD.

F. V.	G.L.	1	2	3	4	5	7
Debidos a la Regresión	1	29371.75**	38021.77**	59610.59**	51359.42**	64178.51**	71824.81**
Desviaciones	40	443.52	612.03	204.09	603.869	189.227	434.45
Coef. Regresión		- 0.6046	-0.6414	- 0.759	- 0.801	- 0.76448	- 0.8158
Error Standard		± 0.074	±0.0814	± 0.044	± 0.0868	± 0.0415	± 0.063

** Efecto significativo al nivel de 1%.

CUADRO 19. VALORES ESTIMADOS EN BASE AL ANALISIS DE REGRESION PRACTIVADO A LA DIFERENCIA DEL VALOR DE LA CRUZA F1 (ij) Y EL VALOR DEL PROGENITOR j PARA EL CARACTER ALTURA DE PLANTA EN 6 DE LOS i PROGENITORES, CON LOS DATOS DE LAS 2 LOCALIDADES DE PRUEBA.

PROGENITOR i	PROGENITOR j	DIF. $\bar{F}1 - X_j$ (cms.)	ESTIMADO \hat{Y}_j (cms.)	I X %	r	r ²
B ₁ S ₂	100	65.95	165.95	65.9	-0.79*	0.623
	150	35.72	285.72	23.8		
	200	5.48	205.48	2.7		
	250	- 24.75	225.25	- 10.0		
Eto S ₂	100	68.53	168.53	68.5	-0.78*	0.608
	150	36.46	186.46	24.3		
	200	4.39	204.39	2.2		
	250	- 27.68	222.32	- 11.1		
Eto S ₁	100	87.38	187.38	87.4	-0.94*	0.879
	150	49.44	199.44	32.9		
	200	11.50	211.50	5.7		
	250	- 26.45	233.55	- 6.6		
Eto C ₂	100	79.39	179.39	79.4	-0.85*	0.714
	150	39.33	189.33	26.2		
	200	- 0.72	199.28	- 0.4		
	250	- 40.77	209.23	- 16.31		
IPTT 21	100	86.65	186.65	86.65	-0.95*	0.894
	150	48.43	198.43	32.3		
	200	10.21	210.21	5.1		
	250	- 28.18	221.98	- 11.2		
br-2	100	108.58	208.58	108.5	-0.90*	0.800
	150	67.80	217.80	45.2		
	200	27.02	227.02	13.5		
	250	- 13.76	236.23	- 5.5		

* Efecto Significativo. $\bar{F}1$ = Media de la Cruza. X_j = Valor del Progenitor j con el cual se cruza el i.
 IX = Resta del valor de F1 - el valor X_j . r = Coeficiente de Correlación. r² = Coef. de terminación.

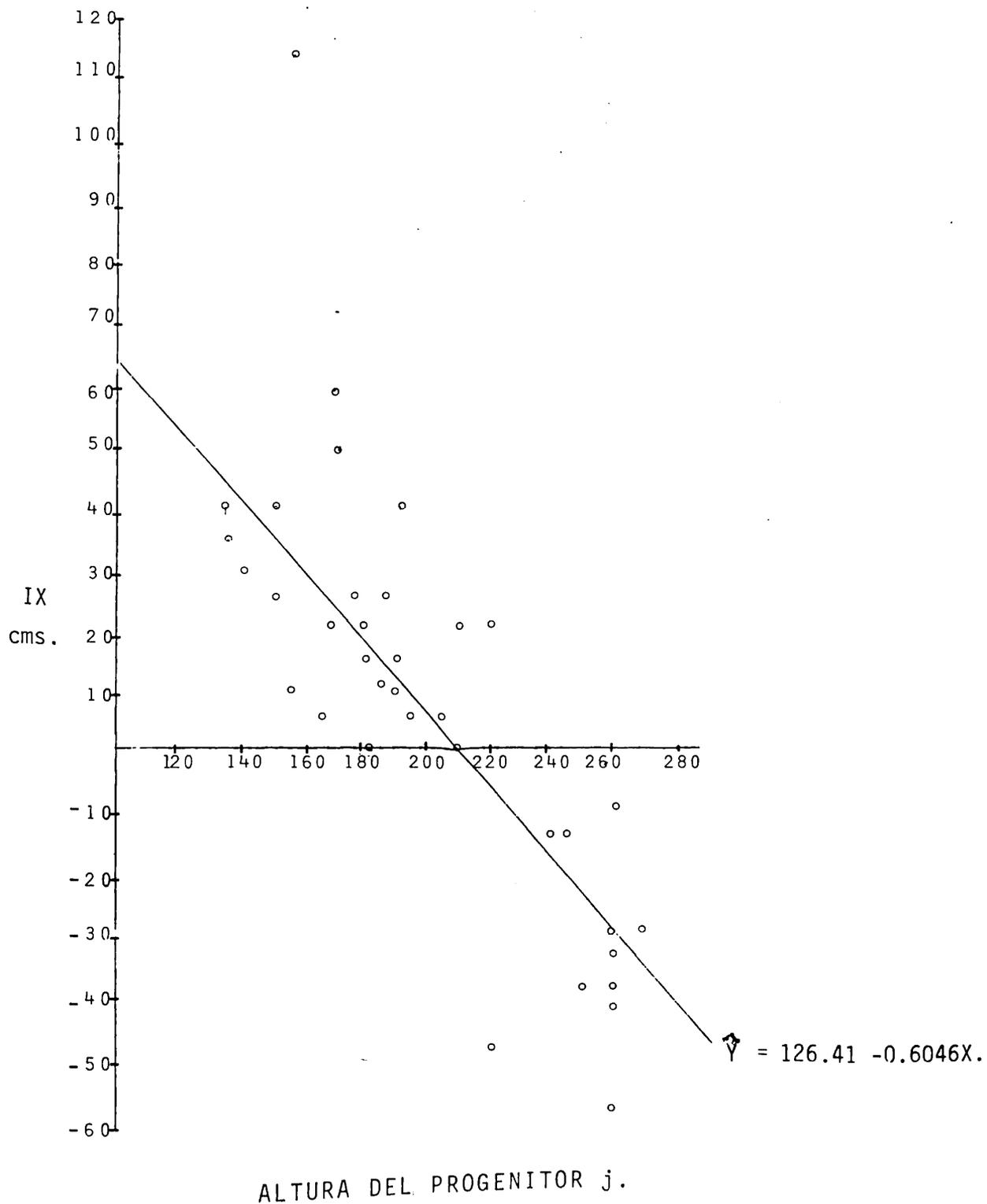
En este cuadro debe entenderse que cada progenitor i al cruzarse con otro progenitor j con un valor X_j , de altura de planta, forma cruza F1 que tienen un incremento o reducción IX, en centímetros respecto al valor X_j original; este valor IX sumado a X_j , estima al valor Y_i de altura de planta de la crusa F1. Según este cuadro, el progenitor 4 (Eto C₂), el 2 (Eto S₂) y el 5 (IPTT-21), son los que mas reducen la altura de la planta, tanto en centímetros respecto al valor X_j del progenitor j con el cual se cruzaron, como en porcentaje medido respecto al valor X_j , reduciendo en una sola generación 16.31, 11.1 y 11.2% la altura del progenitor alto, respectivamente. Esto es muy considerable si lo comparamos con valores obtenidos por otros investigadores como Acosta y Crane (1972), quienes después de 4 ciclos de selección lograron una reducción de 24% respecto a los valores originales; -- Harville et al (1978) quienes redujeron la altura de mazorca en promedio de 3.21 cms. por ciclo.

También se incluyó la estimación de valores para el progenitor 7 (br-2) que muestra una tendencia similar pero esto se debe al efecto de los otros progenitores más que al suyo propio pues sus efectos de aptitud combinatoria general fueron altos y contribuyentes a incrementar el valor de la crusa.

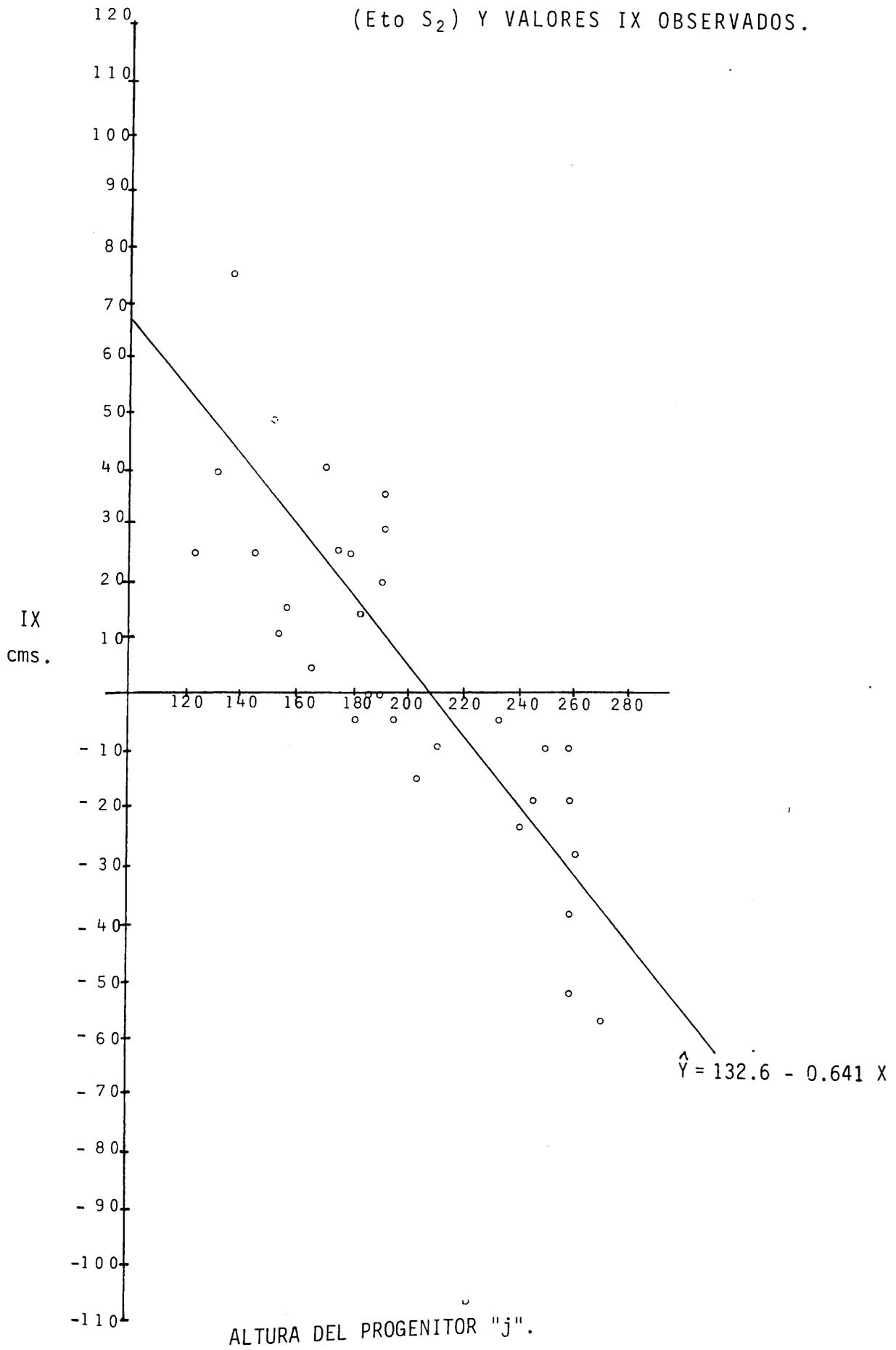
Las gráficas 1 a 6 muestran el ajuste de la línea de regresión a los valores observados para los progenitores bajos y el genotipo br-2. Las ecuaciones de predicción fueron:

Progenitor 1 (B ₁ S ₂)	:	$\hat{Y}_i = 126.41 - 0.6046 X$
Progenitor 2 (Eto S ₂)	:	$\hat{Y}_i = 132.6 - 0.641 X$
Progenitor 3 (Eto S ₁)	:	$\hat{Y}_i = 163.29 - 0.759 X$
Progenitor 4 (Eto C ₂)	:	$\hat{Y}_i = 159.49 - 0.801 X$
Progenitor 5 (IPTT-21)	:	$\hat{Y}_i = 163.102 - 0.76448 X$
Progenitor 7 (br-2)	:	$\hat{Y}_i = 190.159 - 0.8157 X$

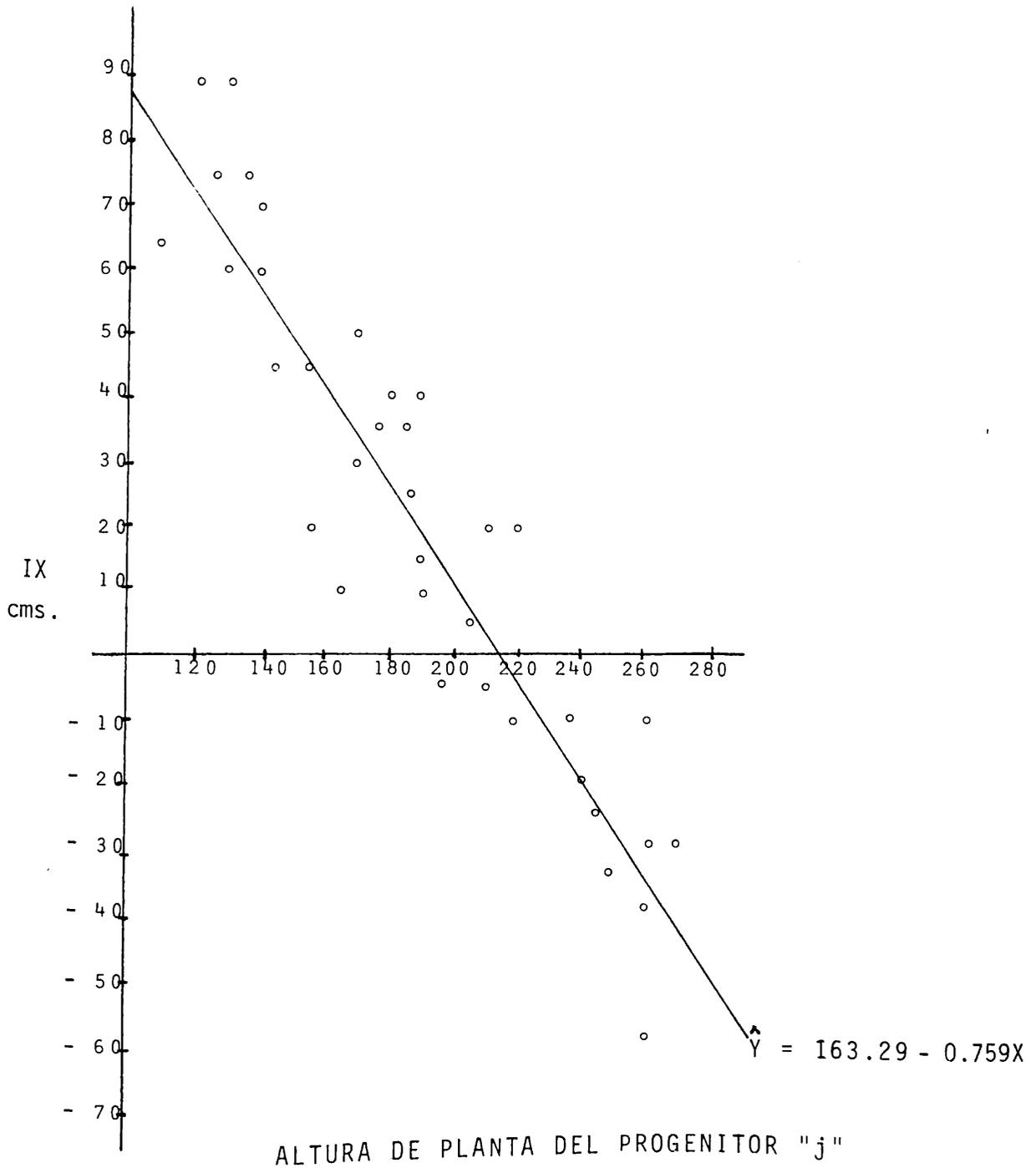
GRAFICA 1. REGRESION LINEAL DEL PROGENITOR 1 Y VALORES IX OBSERVADOS EN ALTURA DE PLANTA.



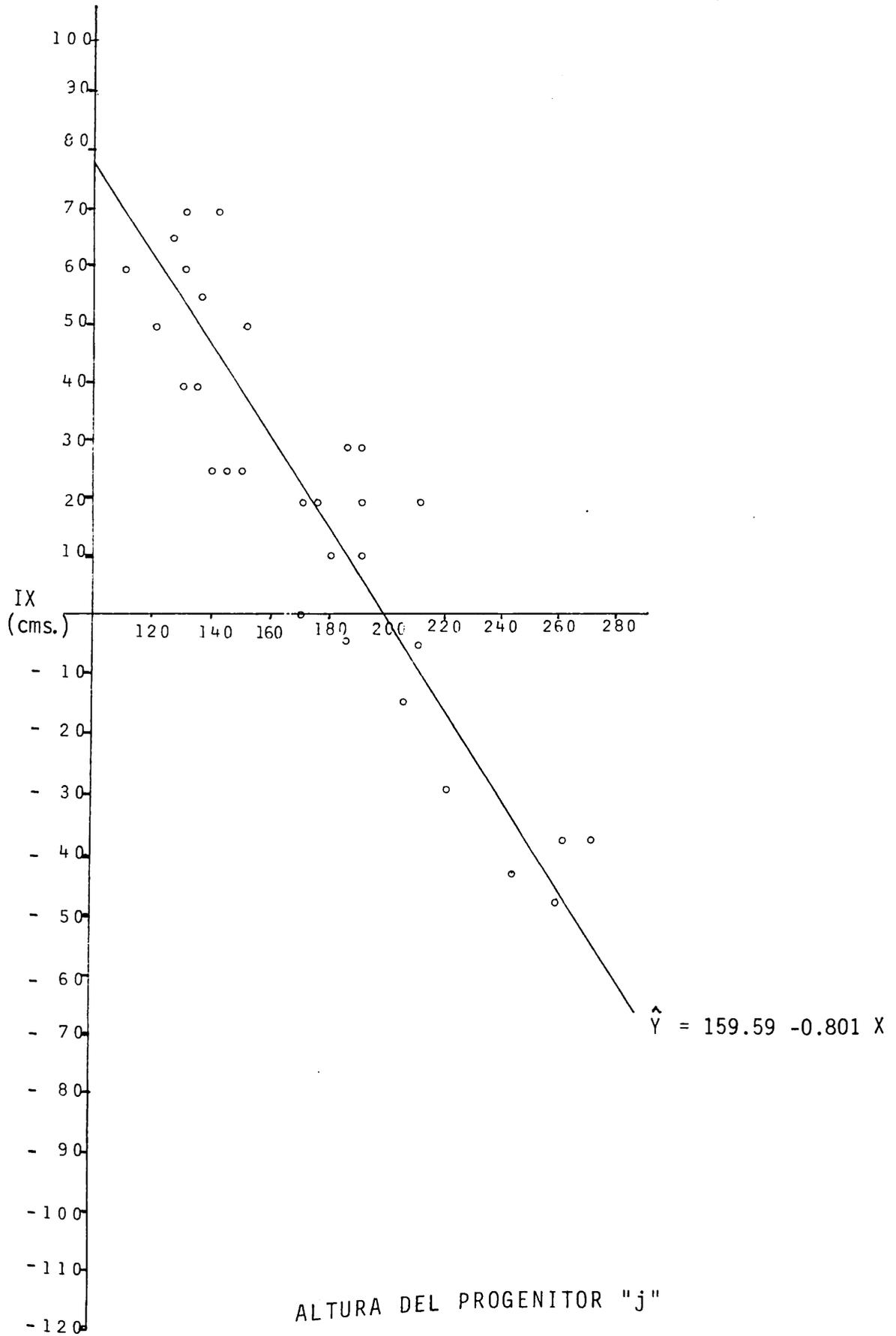
GRAFICA 2. REGRESION LINEAL DEL PROGENITOR 2
(Eto S₂) Y VALORES IX OBSERVADOS.



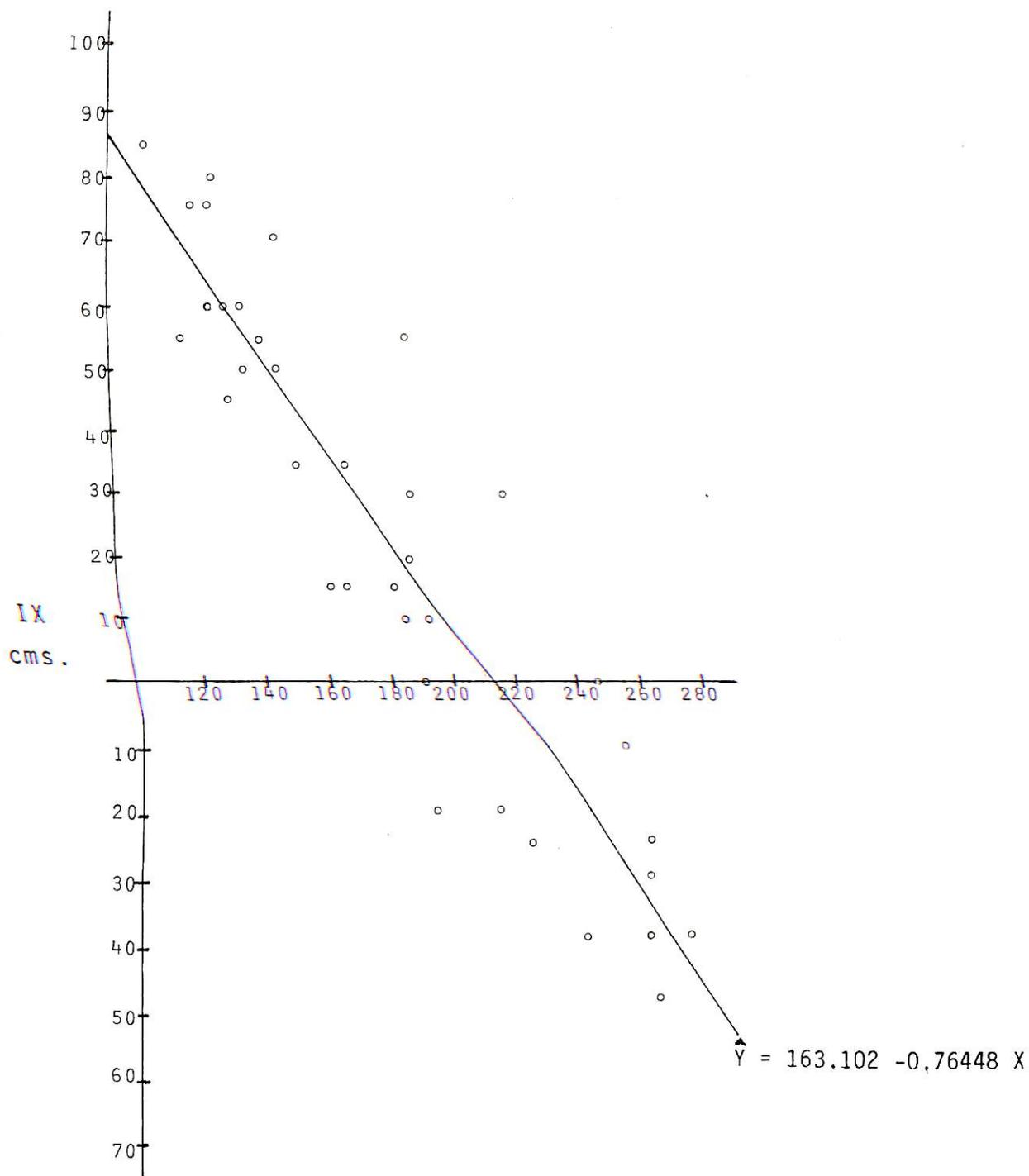
GRAFICA 3. REGRESION LINEAL DEL PROGENITOR 3 Y VALORES IX OBSERVADOS.



GRAFICA 4. REGRESION LINEAL DEL PROGENITOR 4 Y VALORES IX OBSERVADOS.

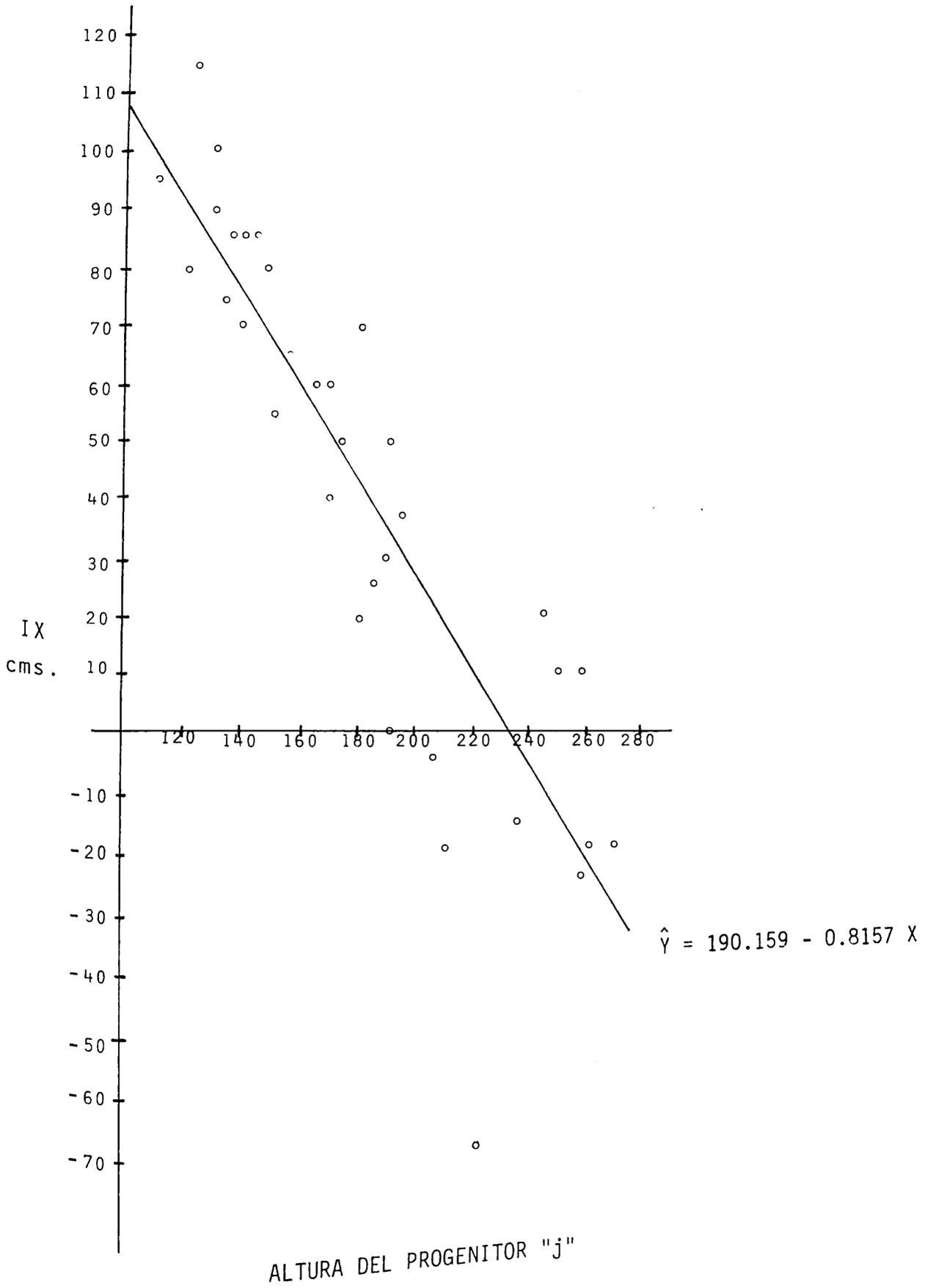


GRAFICA 5. REGRESION LINEAL DEL PROGENITOR S. Y VALORES IX OBSERVADOS EN ALTURA DE PLANTA.



ALTURA DE PLANTA DEL PROGENITOR "j"

GRAFICA 6. REGRESION LINEAL DEL PROGENITOR 7, Y VALORES IX OBSERVADOS EN ALTURA DE PLANTA



CUADRO 20. EFECTOS DE APTITUD COMBINATORIA ESPECIFICA (ACE) PARA RENDIMIENTO DE LOS 8 PROGENITORES DE MAIZ AL COMBINAR LOS DATOS DE LAS 2 LOCALIDADES.

Nº	PROGENITOR	Eto S ₂ 2	Eto S ₁ 3	Eto C ₂ 4	IPTT 21 5	R - 666 6	br - 2 7	H - 5 8
1	B ₁ S ₂	6.045898	-379.255859	- 194.9104	-192.69043	93.096191	743.237793	- 75.529297
2	Eto S ₂		175.189453	-1017.52514	-142.30517	254.001465	-162.207031	886.795898
3	Eto S ₁			564.67334	- 7.68701	354.059557	-800.888672	93.904297
4	Eto C ₂				-140.05176	208.064941	579.746582	NSO
5	Iptt 21					502.054687	-424.143555	404.819336
6	B-666						- 18.516602	-1392.763916
7	br - 2							82.767578

NSO = No se obtuvo la crucea.

e) Correlaciones y regresiones entre caracteres.

Los análisis de correlación se efectuaron separando el total de cruza en 3 grupos: bajos, altos y bajos x altos. se utilizaron promedios de las 2 localidades. Se obtuvieron todas las combinaciones entre las 4 variables para todos los grupos, considerando independientes a las variables ordenadas en la columna "carácter" y dependientes aquellas con las cuales se establece la relación. También se incluyó el error estandard de cada estimación.

En el Cuadro 21 se presentan los coeficientes obtenidos interpretando una correlación positiva cuando las dos variables aumentan sus valores en forma conjunta y negativa conforme aumenta una variable disminuye los valores de la otra.

La altura de planta y mazorca tuvieron una correlación positiva considerable para el grupo bajo x bajo y altamente significativa en el grupo bajo x alto. Estos resultados coinciden a lo reportado por Carballo (1961) y Oyervides (1979) y explica como estos dos caracteres son influenciados por los mismos genes que tienden a incrementar sus valores.

En el grupo alto x alto, esta correlación fue negativa que considero poco confiable debido a un número muy pequeño de medias comparadas para comparar estos valores, pues este grupo solo incluyó tres cruza.

La altura de planta también tuvo correlaciones positivas con el rendimiento en los mismos grupos anteriores pero no fueron significativas. Como se discutió anteriormente las plantas de menor altura fueron mas tardías, lo cual se vuelve a observar en la correlación negativa de la floración con altura de planta y rendimiento en el grupo bajo x bajo.

Es una experiencia común que las plantas más tardías son mas productivas que las precoces a bajos niveles de densidad,

CUADRO 21. COEFICIENTES DE CORRELACION Y SUS ERRORES ESTANDARD SEPARANDO LOS CRUCES EN GRUPOS DE BAJO x BAJO, BAJO x ALTO y ALTO x ALTO USANDO PROMEDIO DE 2 LOCALIDADES.

C A R A C T E R	BAJO POR BAJO			BAJO POR ALTO			ALTO POR ALTO		
	ALM.	F.	Rd.	ALM.	F.	Rd.	ALM.	F.	Rd.
ALTURA DE PLANTA	0.452	-0.676	0.554	0.776*	0.086	0.276	-0.554	0.866	-0.968
	± .466	±0.368	±0.416	±0.175	±0.276	±0.266	±0.832	±0.500	±0.250
ALTURA DE MAZORCA		0.399	-0.003		0.062	0.460		-0.063	0.744
		±0.458	±0.500		±0.277	±0.246		±0.998	±0.668
FLORACION			-0.545			0.187			0.187
			±0.419			±0.272			±0.982

* Coeficiente significativo

ALM. = Altura de mazorca

F. = Floración

Rd. = Rendimiento.

quizá por la poca competencia y mayor tiempo para crecer - - (CIMMYT 1968-69).

Sin embargo, parece ser que las condiciones ambientales ejercen algún efecto sobre la asociación de estos caracteres, como lo demuestran los resultados obtenidos (Carballo 1961, Oyervides 1979 y Córdova 1975), quienes también encontraron asociaciones negativas entre los días a floración y rendimiento.

En el Cuadro 22 se presenta el análisis de regresión - múltiple considerando el rendimiento como variable dependiente y a floración y altura de planta como las variables independientes.

En este cuadro la contribución de todas las variables en conjunto resulta altamente significativa.

Posteriormente en el Cuadro 23, se determinó la contribución de cada variable en particular con el rendimiento. Solo altura de planta fue significativa al 1% considerándose que - cada centímetro aumentado los rendimientos se incrementaron en 21.73 kg./ha. en promedio.

El resultado de que conforme las plantas fueron mas pequeñas menos rindieron, parece lógico evidente en el grupo bajo x bajo. En este grupo hubo asociación negativa entre altura de planta y mazorca con días a floración, de modo de que conforme aumentó la altura la floración fue mas precoz. Experiencias de Rodríguez (1979) y Espinoza (1977) establecen que en maíces superenanos el ciclo de floración se retarda y - aumentan los días a floración.

CUADRO 22. ANALISIS DE VARIANZA DE REGRESION MULTIPLE

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.
Debido a X_1, X_2	2	5938274.76	2969137.38**	7.82
Error	24	9111236.71	379634.8629	
Total	26	15049511.47		

* Significativo al 5% de probabilidad.

CUADRO 23. COEFICIENTES DE REGRESION MULTIPLE ENTRE EL RENDIMIENTO Y LAS VARIABLES INDEPENDIENTES.

VARIABLES	COEFICIENTES	"t" CALCULADA.
Altura de Planta	21.732	3.18 *
Días a Floración	- 70.020	- 0.778

* Significativo al 5 % de probabilidad.

CUADRO 24. EFECTOS DE APTITUD COMBINATORIA ESPECIFICA (ACE) PARA ALTURA DE MAZORCA DE LAS CRUZAS OBTENIDAS AL COMBINAR DATOS DE LAS 2 LOCALIDADES.

Nº	PROGENITOR	Eto S ₂ 2	Eto S ₁ 3	Eto C ₂ 4	Iptt 21 5	B-666 6	br - 2 7	H - 5 8
1	B ₁ S ₂	-9.447014	-6.525337	1.669159	1.389664	7.364662	4.998001	0.550819
2	Eto S ₂		6.804657	-0.830849	-2.780342	3.194656	-1.662010	4.720825
3	Eto S ₁			6.250832	0.141335	0.276337	-7.920326	0.972496
4	Eto C ₂				-0.834167	-4.029167	-2.225830	NS 0*
5	Iptt 21					-3.191338	-1.665329	0.557503
6	B-666						2.639664	-12.637497
7	br - 2							5.835831

*NS 0 = No se obtuvo la craza.

CUADRO 25. EFECTOS DE APTITUD COMBINATORIA ESPECIFICA (ACE) PARA DIAS A FLORACION DE LAS CRUZAS OBTENIDAS AL COMBINAR LOS DATOS DE LAS 2 LOCALIDADES.

Nº	PROGENITOR.	Eto S ₂ 2	Eto S ₁ 3	Eto C ₂ 4	Iptt 21 5	R-666 6	br - 2 7	H - 5 8
1	B ₁ S ₂	-0.123005	0.240326	0.098328	0.181995	0.875328	-0.541336	-0.731667
2	Eto S ₂		0.098660	0.966656	-0.289673	0.733662	-1.013004	-0.373333
3	Eto S ₁			0.319992	-0.096340	-0.903008	0.680338	-0.340004
4	Eto C ₂				0.601658	-0.535011	-1.451675	NS 0*
5	Iptt 21					-0.621342	1.291996	-1.068333
6	B - 666						-0.514671	0.964996
7	br - 2							1.548332

* NS 0 = No se obtuvo cruza.

V. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Durante el año 1979 se hizo la evaluación de los efectos causados por 5 efectos diferentes de planta baja al cruzarse con otros materiales mas altos en dos localidades de la Costa Sur de Guatemala. Las zonas donde se instalaron los experimentos son diferentes en muchos aspectos, lo cual fue manifestado en los análisis efectuados en los cuales el efecto de localidades fué altamente significativo.

Los genotipos en estudio, tanto los progenitores como sus cruzas tuvieron diferencias significativas para los cuatro caracteres estudiados; sin embargo, las pruebas efectuadas a la interacción de los genotipos con las localidades -- fueron significativas al 1% solo para rendimiento, por ser -- este un carácter muy aceptado por el medio ambiente.

Un objetivo de este estudio fue el de seleccionar a los mejores genotipos y en base a la significancia encontrada se efectuó una prueba de Dúncan para cada variable que se utilizó para decidir acerca de cuales eran los mejores.

Para el carácter altura de planta, todos los cruces entre progenitores altos tuvieron los valores más altos, pero también fueron los más rendidores. Los cruces entre progenitores bajos tuvieron las menores alturas de planta y ninguno de ellos superó el promedio general de rendimiento (4,690.43 kg/ha.).

También se deseaba determinar el modo de acción génica principalmente para el carácter altura de planta, encontrando que tanto en este caracter como en altura de mazorca la mayor parte de la variación genética total es debida al tipo de acción génica aditiva.

Además existe considerable variabilidad genética aditiva para los caracteres rendimiento y días a floración que puede ser aprovechada con el uso de métodos de selección que mejor exploten esa varianza, concluyendo que en estas últimas variables el modo de acción génica está determinado posiblemente por el efecto no aditivo como aditivo de los genes.

En base a un análisis particular de su aptitud combinatoria general y específica se buscaba seleccionar a los mejores progenitores. A este respecto se determinó que los materiales B-666, br-2 y H-5, fueron los que tuvieron los efectos más altos de aptitud combinatoria general para altura de planta, contribuyendo a incrementar los valores de las cruzas y estando siempre incluidos en las mejores cruzas con los mejores rendimientos. Por el contrario los 5 progenitores bajos tuvieron los valores de negativos de aptitud combinatoria general, con lo cual contribuyeron a reducir los valores en las cruzas de bajo por alto principalmente, siendo el material Eto C₂, con un valor de $\hat{\sigma}_i$ de -20.2521 el progenitor que más redujo la altura de planta en un valor estimado predicho de 16.31% respecto del progenitor con el cual se cruzó. Le siguieron en su orden los materiales IPTT-21, Eto S₂ y B₁S₂ con 11.2, 11.1 y 10% respectivamente. Estos mismos materiales mostraron valores bajos de $\hat{\sigma}_i$ para el carácter rendimiento pero exhibieron buen comportamiento en sus cruzas con progenitores de valor alto de $\hat{\sigma}_i$.

Un aspecto importante que ayuda a efectuar esta selección es el grado heterótico manifestado por los cruces. En relación a ello se determinó que el 92% de las cruces superó en rendimiento al promedio de los padres y el 74% al progenitor superior, siendo el cruce IPTT-21 x B-666 el que observó los rendimientos promedio más altos. Así mismo el cruce B₁S₂x br-2 fue el más heterótico con 182% sobre el promedio de sus padres.

También se planificó obtener el grado de asociación entre caracteres agronómicos efectuando correlaciones para las variables entre sí y con el rendimiento, observándose que solo altura de planta está asociada con él y que tiene una contribución positiva en base al análisis de regresión múltiple - efectuada.

Los caracteres días a floración y altura de mazorca tuvieron correlaciones negativas con el rendimiento en el grupo bajo por bajo.

VI. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en este estudio se concluye que para la variable altura de planta el tipo de acción génica aditiva es el más importante.

Todas las fuentes de planta baja manifestaron un comportamiento determinante en la reducción de altura de planta, -- siendo el progenitor 4 (Eto C₂) el que más la reduce por lo -- que se recomienda utilizarlo como posible fuente de altura de planta baja en los programas de mejoramiento. Sin embargo, en vista de la utilidad práctica que puede tener el progenitor 1 (B₁ S₂) al reducir la altura y mantener el rendimiento, se sugiere utilizarlo también como fuente de planta baja. -- Se considera que en otros estudios similares deben utilizarse genotipos más homocigóticos que puedan identificarse mejor en su condición de alto o bajo y deben evaluarse en mayor número de ambientes con el fin de eliminar el efecto de éste en las estimaciones de parámetros genéticos.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Acosta, R.E. y P. L. Crane 1972. Further selection for lower ear height in maize. *Crop. Sci.* 12:165-167.
- Ahmad, M. 1968. Inheritance of ear height in *Zea mays* Diss. Abstr. Orden N° 68-14.
- Allard. R.W. 196-. Principios de la mejora genética de las plantas. Omega, S.A. Barcelona España. p. 232-237
- Anderson J.C. y P.N. Chow 1963. Phenotypes and grain yield associated with brachytic - 2 gene in single cross hybrids of dent corn. *Crop. Sci.* 3: 111-113.
- Arévalo, N. y J.Molina 1974. Eficiencia relativa de índices de selección para rendimiento de grano en cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.), usando la información de progenitores solos y el diseño dialélico. *Agrocien- cia* 16:83-95.
- Bruce, A.B. 1910. The mendelian theory of heredity and the augmentation of vigor. *Science* 32:627-628.
- Calixto, C.N. 1975. Detección de caracteres determinantes -- del rendimiento del grano de trigo, mediante índices de selección, coeficientes de sendero y regresión lineal múltiple. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados ENA. Chapingo, México p. 30-32.
- Campbell C.M. 1965. New dwarfs and modifiers. *Proc. 20th. Annual Hybrid Corn Industry-Research Conference* - - p. 22-30.
- Caraballo, Q.A. 1961. Genetic variances in a mexican variety of corn of the Tuxpeño race. Thesis Ph.D. North Carolina State College, Raleigh.
- CIMMYT 1968-1969. Annual Report. México p. 35-37.
- CIMMYT 1970-1971. Annual Report. México p. 74-77.
- CIMMYT 1972. Annual Report. México p. 94-95.
- Comstock, R.E. Robinson and P.H. Harvey 1949. A breeding procedure designed to make maximum use of both general -- and specific combining ability. *Agron. Jour.* 41:360-367.
- Córdova O., H. 1975. Efecto del número de líneas endogámicas sobre el rendimiento y estabilidad de las variedades sintéticas derivadas en maíz (*Zea mays* L.) Tesis M.C. Chapingo, México. 117 p.

- Crossa, H.J.L. 1977. Efecto de la densidad de siembra en selección dentro de una variedad de maíz C.I.P.A. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México p. 80.
- Davenport, C.B. 1908. Degeneration albinism and inbreeding Science. 28: 454-455.
- Duncan, D.B. 1955. Múltiple range and multiple F. Test. Biometrics. 11: 1-42.
- East, Edward M. 1908. Inbreeding in corn. Rept. Connecticut Agric. Expt. Sta. For 1907. pp. 419-428.
- Eberhart, S.A., y W.A. Russell 1969, Yield and stability -- for a 10-line diallel of single-cross and double-- cross maize hybrids. Crop. Sci. 9:357-361.
- Escobar, P.R., J. Molina y E.Casas 1972. Una extensión del diseño dialélico incluyendo (n-1) veces cada progenitor y su aplicación en trigo, México. Agrociencia B. 8: 179-190.
- Espinoza B., A. 1977. Germoplasma tropical en el programa de maíces superenanos del bajío. Tesis profesional - - UAAAN. Saltillo, México. p. 51.
- Estrada, G.A., y H.A. Angeles 1975. Estimación de la ACG de líneas A y R. de Sorghum bicolor L. Moench. México. Agrociencia 21: 77-90.
- Falconer, D.S. 1970. Introducción a la genética cuantitativa CECSA. México p. 303-310.
- Fyfe, J.L. and N. Gilbert 1963. Partial diallel crosses. Biometrics, 10:278-286.
- Galván, C.F. 1977. Efecto de la colocación de la hoja en el rendimiento en grano del maíz superenano br-2 (Zea mays L.) y estudio comparativo entre maíz superenano br-2 y maíz normal. Tesis M.C. UAAAN Saltillo, México. p. 58.
- Gardner, C.O. 1964. Teoría genética estadística aplicable a la media de variedades, sus cruces y poblaciones afines. Trad. Dr. Mario Gutiérrrez. Fit. Lat. 2: 11-22.
- Gorsline, W.G. 1960 A. Graphical regresion selection technique for maturity-related characters in yield corn. Agron. Jour. 52: 581-584.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Austr. Jour. Biol. S.C. 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 belt germplasm. *Agron. Jour.* 46: 545-552.
- Hallauer, R.A. and C.A. Martinson 1975. Maternal effects in maize hybrids infected with *Bypolaris maydis* (Nisikado) Shoemaker, Race T. *Crop. Sci.* 4:686-689.
- Harberg, A. 1953. Further studies and discussion of the heterosis phenomenon. *Hereditas* 39:349-380.
- Hartley O.N. and E.S. Pearsons 1951. *Biometrika* 58:112
- Harville, B.G., L.M. Josephson and H.C. Kincer 1978. Diallel analysis of ear height and associated characters in - corn. *Crop. Scie.* 18:273-274.
- Johnson, E.C. y K. Fischer 1980. Selección de plantas de porte bajo en maíz (*Zea mays* L.). P.C.C.M.C.A. Guatemala.
- Keable, F. y C. Pellew 1910. The mode of inheritance of stature and time of flowering in peas (*Pisum sativum*) *Jour. Genetics* 1: 47-56.
- Kempthorne, O. y R.N. Curnow 1961. The partial diallel cross *Biometrics*, 17: 229-250.
- Lonnquist, J.H. 1949. The development and performance of synthetic varieties of corn. *Agron. Jour.* 41: 153-156.
- Lonnquist, J.H. 1964. Métodos de selección útiles para el mejoramiento dentro de poblaciones. Trad. Dr. Mario Gutiérrez. *Fit. Lat.* 2: 1-22
- Martínez, G.A. 1975. Diseño y análisis de los experimentos de cruas dialélicas. C.E.C. Chapingo, México p. 121-128.
- Moll, R.H., J.H. Lonnquist, F.J. Velez y E.C. Johnson 1965. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. *Genetics*, 52: 139-144.
- Moll, R.H. y H.F. Robinson 1967. Quantitative genetic investigations of yield corn of maize. *Der Zuchter* 37: 192-199.
- Oyervides, G.M. 1979. Estimación de parámetros genéticos, heterosis e índices de selección en variedades tropicales de maíz adaptadas a Nayarit. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Paterniani, E. 1967. Selection among and within half-sib families in a Brazilian population of maize (*Zea mays* L.) *Crop. Sci.* 7: 212-215.

- Paterniani, E. and J.H. Lonquist 1963. Heterosis in interracial crosses of corn (Zea mays L.) Crop. Sci. 3:504-507.
- Poehlman J.M. 1965. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Limusa, México p. 267-268.
- Reyes, C.P. 1978. Experiencias en un mutante natural de maíz NLVS-1 enano en Apodaca, N.L. 1973. México. Agronomía. p. 34-48, 181-189.
- Rivera, J.A., J. Molina y L. Bucio 1972. Efecto de la selección masal para altura de mazorca sobre otros caracteres en 2 variedades de maíz. México. Agrociencia B, 8: 29-65.
- Robinson, H.F., Comstock, R.E. y P.H. Harvey 1951. Genotypic and phenotypic correlations in corn their implication in selection. Agron. Jour. 43: 282-287.
- Robinson H.F. y R.H. Moll 1965. Procedimientos útiles para mejorar el comportamiento de cruces intervarietales. - Trad. Dr. Mario Gutiérrez, Fit. Lat. 2:42-43.
- Rodríguez, V.J.G. 1979. Comparación de rendimiento predichos y reales de 32 cruces triples y 12 cruces dobles de maíz (Zea mays L.), superenano. Tesis M.C. UAAAN, Saltillo, México p. 71.
- Rojas, B.A. y G.F. Sprague 1952. A comparison of variance components in corn yield trials. III general and specific combining ability and their interaction with locations and years. Agron. Jour. 44: 462-466.
- Sarria, V.D. 1966. Heterosis, acción génica y correlaciones de 14 variedades de maíz en Colombia. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, ENA, Chapingo, p. 61.
- Scott. G.E. and C.M. Campbell 1965. Internode length in normal and brachytic-2 maize inbreds and single crosses Crop. Sci. 9:295.
- Shull, V.D. 1952. Beginnings of the heterosis concept. In Heterosis. Iowa. State Colleg. Press. p. 14-48.
- Snedecor, G.W. 1964. Métodos Estadísticos CECSA, México p. 670-671.
- Sprague, G.F. and L.A. Tatum 1942. General vrs. specific combining ability in single-crosses of corn. J. Am. Soc. Agron. 34: 923-932.
- Stanfield, D.W. 1969. Genética. McGraw Hill, Colombia 245-246.
- Thompson, D.L. y J.O. Rawlings 1960. Evaluation of four test

of different ear heights of corn. Agron. Jour. 52: 617-620.

Yap, T.C. y B.L. Harvey 1971. Heterosis and combining ability of barley hybrids in demely and widely seeded conditions. Can. J. Pant. Sci. 51: 115-122.