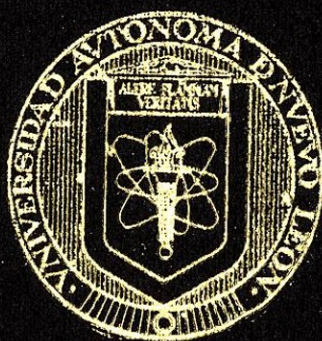


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y  
ESPECIFICA DE NUEVE LINEAS S4  
DE MAIZ (Zea mays L.)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

ANTONIO GARCIA ESTEVA

MARIN, N. L.

MAYO DE 1987

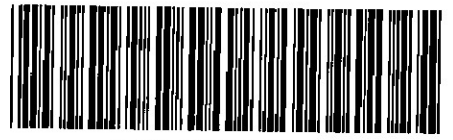
T

SB191

.M2

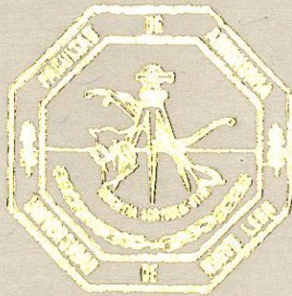
G373

C.1



1080061914

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y  
ESPECIFICA DE NUEVE LINEAS S4  
DE MAIZ (Zea mays L.)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

ANTONIO GARCIA ESTEVA

MARIN, N. L.

MAYO DE 1987

T  
SB19L  
o m 2  
9373

040 653  
FA 9  
1987

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRÓNOMIA

APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y  
ESPECIFICA DE NUEVE LINEAS  $S_4$   
DE MAIZ (Zea mays L.)

T E S I S

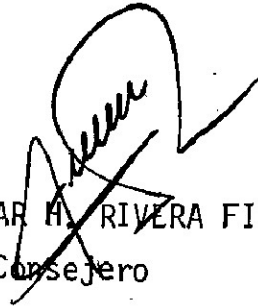
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA:

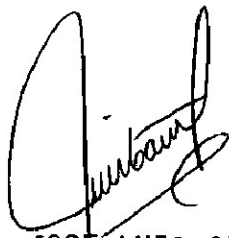
ANTONIO GARCIA ESTEVA

ESTA INVESTIGACION SE DESARROLLO DENTRO DEL PROGRAMA DE MAIZ DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE MAIZ, FRIJOL Y SORGO DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON, APROBADA POR LA COMISION REVISORA DE TESIS COMO REQUISITO PAR CIAL PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA.

COMISION REVISORA



ING. M.C. CESAR H. RIVERA FIGUEROA  
Consejero



ING. M.C. JOSE LUIS CANTU G.  
Asesor



ING. M.C. GILBERTO E. SALINAS G.  
Asesor

*Si quieres darle de comer a un hombre  
un día, dale un pescado;*

*Si quieres darle de comer toda su vida,  
enseñale a pescar.*

KUAN-TSEU

Proverbio chino



## DEDICATORIAS

A mis padres, con gratitud y respeto por su apoyo y comprensión que nunca me han faltado.

A mis hermanos, por el cariño y aliento constante que he recibido.

A mis tíos, primos y sobrinos

A mis cuñados.

A mis maestros, quienes me ofrecieron lo máspreciado que siempre busqué "sus conocimientos"

A la familia Garza-Contreras por su hospitalidad y amistad

A mis compañeros y amigos que compartieron conmigo una bella etapa, de la cual me siento orgulloso.

## AGRADECIMIENTOS

Al Ing. M.C. César H. Rivera Figueroa, por ceder amablemente los datos de campo, además de la dirección en el análisis del presente trabajo.

Al Ing. M.C. Gilberto E. Salinas García, por sus valiosas sugerencias hechas al escrito original.

Al Ing. M.C. José Luis Cantú Galván, por haber participado en la revisión y corrección del presente trabajo.

A la Srta. Yolanda Díaz Torres, por su participación en la transcripción del escrito original.

# I N D I C E

	Página
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS. . . . .	viii
1. INTRODUCCION. . . . .	1
2. REVISION DE LITERATURA. . . . .	4
2.1. Heterosis. . . . .	4
2.1.1. Manifestaciones de la heterosis. . . . .	5
2.1.2. Hipótesis sobre la heterosis. . . . .	13
2.1.2.1. Hipótesis de Dominancia. . . . .	14
2.1.2.2. Hipótesis de Sobredominancia. . . . .	
2.1.3. Medidas de la heterosis. . . . .	16
2.2. Aptitud Combinatoria. . . . .	17
2.2.1. Efectos y varianzas de ACG y ACE. . . . .	17
2.2.2. Modelo de Griffing. . . . .	23
2.3. Correlaciones Fenotípicas. . . . .	25
2.3.1. Caracteres asociados con el rendimiento de grano. . . . .	26
2.3.2. Coeficiente de determinación. . . . .	27
2.3.3. Utilización de índices de selección. . . . .	30
2.4. Heredabilidad de caracteres. . . . .	34
2.4.1. Comparación de métodos para estimar $h^2$ . . . . .	38

2.4.2. Estimación de $h^2$ a partir del análisis dialélico. . . . .	43
3. MATERIALES Y METODOS. . . . .	47
3.1. Desarrollo del experimento. . . . .	47
3.1.1. Localización del experimento. . . . .	47
3.1.2. Material genético. . . . .	48
3.1.3. Prácticas agrícolas. . . . .	48
3.2. Análisis de tratamientos. . . . .	50
3.2.1. Modelo estadístico. . . . .	51
3.2.2. Análisis de varianza de tratamientos..	52
3.2.3. Comparación de medias de tratamientos.	52
3.3. Análisis dialélico. . . . .	54
3.3.1. Modelo estadístico. . . . .	54
3.3.2. Análisis de varianza. . . . .	55
3.3.3. Estimación de efectos de ACG y ACE..	55
3.3.4. Análisis de medias de cruzamientos. ..	57
3.4. Descripción de los caracteres bajo estudio. .	57
4. RESULTADOS . . . . .	60
4.1. Análisis de varianza. . . . .	60
4.1.1. Cuadrados medios y significancia esta- dística. . . . .	60
4.1.2. Comparación de medias. . . . .	60
4.1.3. Comparación de la heterosis. . . . .	63

	Página
4.1.3.1. Caracteres de mazorca. . . . .	65
4.1.3.2. Caracteres de planta.. . . .	72
4.2. Análisis dialélico. . . . .	77
4.2.1. Cuadrados medios de ACG y ACE.. . . .	77
4.2.2. Efectos de Aptitud Combinatoria General. . . . .	79
4.2.3. Efectos de Aptitud Combinatoria Específica. . . . .	81
4.2.4. Análisis de medias de cruzamien- tos. . . . .	84
4.3. Correlaciones simples. . . . .	87
4.4. Heredabilidad. . . . .	90
4.5. Predicción del rendimiento. . . . .	90
4.5.1. Híbridos de cruza doble. . . . .	90
4.5.2. Sintéticos. . . . .	92
5. DISCUSION. . . . .	93
6. CONCLUSIONES. . . . .	98
7. RESUMEN. . . . .	100
8. BIBLIOGRAFIA. . . . .	102
9. APENDICE. . . . .	110

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro		Página
1	Valores de heredabilidad para diferentes caracteres cuantitativos del maíz, estimados por diferentes métodos. . . . .	44
2	Relación de cruzas, progenitores y testigos evaluados en Marín, N.L. (otoño, 1981). . . . .	49
3	Análisis de Varianza para el diseño Bloques al Azar, empleado en este experimento. . . . .	52
4	Análisis de Varianza y componentes de varianza bajo el método 2 de Griffing incluyendo p-1 veces cada progenitor. . . . .	56
5	Cuadrados medios y significancia estadística de 21 caracteres de planta y mazorca. Marín, N.L. (Otoño, 1981). . . . .	61
6	Comparación de medias (Prueba de Tukey) entre tratamientos para rendimiento de grano seco en kg/ha. Marín, N.L. (Otoño, 1981). . . . .	62
7	Comparación de los valores de heterosis (%) medido a partir del promedio de los progenitores (h), con respecto al progenitor superior (h') y al mejor testigo (h*). Marín, N.L. (Otoño, 1981). . . . .	64
8	Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto a los testigos para el carácter rendimiento de grano seco en kg/ha Marín, N.L. (Otoño, 1981). . . . .	68

Cuadro		Página
9	Relación entre los cuadrados medios de Aptitud Combinatoria General (ACG) y Específica (ACE), de 11 caracteres de planta y mazorca. Marín, N.L. (Otoño, 1981). . . . .	78
10	Efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) de 11 caracteres de planta y mazorca. Marín, N.L. (Otoño, 1981). . . . .	80
11	Varianza entre cruzas ( $\sigma^2_{si}$ ) de 11 caracteres de planta y mazorca. Marín, N.L. (Otoño, 1981). . . . .	82
12	Efectos de Aptitud Combinatoria Específica (ACE) de nueve líneas y sus cruzas para siete caracteres de mazorca. Marín, N.L. (Otoño, 1981). . . . .	83
13	Efectos de Aptitud Combinatoria Específica (ACE) de nueve líneas y sus cruzas para cuatro caracteres de planta. Marín, N.L. (Otoño, 1981). . . . .	85
14	Correlaciones fenotípicas simples entre los caracteres bajo estudio. Marín, N.L. (Otoño, 1981). . . . .	88
15	Estimación de heredabilidad en sentido amplio ( $H^2$ ) y estricto ( $h^2$ ) para 11 caracteres de planta y mazorca. Marín, N.L. (Otoño, 1981). . . . .	91

Figura

1	Valor heterótico (h) del rendimiento de grano seco de cinco cruzamientos sobresalientes en relación al progenitor medio y a los testigos. Marín, N.L. (Otoño, 1981). . . . .	66
2	Valor heterótico (h) de la longitud de mazorca de cinco cruzamientos sobresalientes en relación al progenitor medio y testigo superior. Marín,	

Figura	Página
N.L. (Otoño, 1981). . . . .	69
3 Valor heterótico (h) de la altura de planta de cinco cruzamientos sobresalientes en relación al progenitor medio y al testigo superior. Marín, N.L. (Otoño, 1981). . . . .	75
4 Valor heterótico (h) de la altura de mazorca principal de cinco cruzamientos sobresalientes en relación al progenitor medio y testigo superior. Marín, N.L. (Otoño, 1981). . . . .	77

Cuadros del Apéndice

A1 Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter rendimiento de grano seco (kg/ha). . . . .	111
A2 Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter longitud de mazorca (cm). . . . .	112
A3 Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter diámetro de mazorca en el centro (cm). . . . .	113
A4 Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter número de hileras. . . . .	114
A5 Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter diámetro de olote (cm). . . . .	115



A6	Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter <u>v</u> ólumen de grano ( $\text{cm}^3$ ) . . . . .	116
A7	Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter <u>p</u> eso de olote (gr) . . . . .	117
A8	Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter <u>p</u> eso de grano seco (gr) . . . . .	118
A9	Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter <u>p</u> eso de mazorca seca (gr) . . . . .	119
A10	Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter <u>r</u> elación diámetro de mazorca en el centro/longitud. . . . .	120
A11	Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter <u>í</u> ndice de grano. . . . .	121
A12	Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter <u>r</u> amificaciones de la espiga. . . . .	122
A13	Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter <u>e</u> xcersión de la espiga (cm). . . . .	123

A14	Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter número total de hojas. . . . .	124
A15	Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter hojas abajo de la mazorca principal. . . . .	125
A16	Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter hojas arriba de la mazorca principal. . . . .	126
A17	Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter número de mazorcas por planta. . . . .	127
A18	Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter altura de planta (m). . . . .	128
A19	Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter altura de mazorca principal (m). . . . .	129
A20	Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter diámetro de tallo (cm). . . . .	130
A21	Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor su-	

	perior (PS) para el carácter índice de posición de la mazorca. . . . .	131
A22	Análisis de cruzas en términos de los efectos de ACG y ACE para la variable rendimiento de grano seco (kg/ha). . . . .	132
A23	Análisis de cruzas en términos de los efectos de ACG y ACE para la variable longitud de mazorca (cm). . . . .	133
A24	Análisis de cruzas en términos de los efectos de ACG y ACE para la variable peso de olote (gr).. . . . .	134
A25	Análisis de cruzas en términos de los efectos de ACG y ACE para la variable altura de planta (m). . . . .	135
A26	Análisis de cruzas en términos de los efectos de ACG y ACE para la variable volúmen de grano (cm <sup>3</sup> ). . . . .	136
A27	Predicción del rendimiento de grano (kg/ha) de híbridos de cruzas dobles potencial. Marín, N.L. (Otoño, 1981). . . . .	137
A28	Predicción del rendimiento (kg/ha) de sintéticos de dos, cuatro y seis líneas. Marín, N.L. (otoño, 1981). . . . .	138

## 1. INTRODUCCION

El fundamento del fitomejoramiento siempre ha sido obtener un mejor aprovechamiento de los recursos genéticos para incrementar los rendimientos por unidad de superficie y mejorar la calidad de las cosechas. Una forma de hacerlo es mediante la hibridación basada en el cruzamiento de líneas autofecundadas; esta técnica fue propuesta por Shull para explotar eficazmente la heterosis.

La heterosis se manifiesta como un incremento general del vigor en la  $F_1$ , al cruzarse dos progenitores lejanamente emparentados (líneas, variedades, razas o especies). En el maíz, se ha demostrado ampliamente que la heterosis se presenta en la mayoría de los cruzamientos, y en los distintos caracteres, entre ellos el rendimiento de grano (Bucio, 1954; Barrientos, 1962; Castro, 1964; Sandoval, 1964; Sarria, 1966; Rivera, 1977 y Velázquez et al., 1983).

Uno de los objetivos del Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo de la FAUANL, es la formación de poblaciones mejoradas; para el caso del maíz, existe interés en formar variedades de polinización libre, híbridos y sintéticos. En el primer caso, se busca explotar la varianza aditiva en los demás casos, la varianza de dominancia y epistática.

Uno de los problemas que se ha tratado de resolver al formar maíces híbridos, es la adecuada evaluación y selección

de líneas autofecundadas de buena aptitud combinatoria, que exprese el máximo de heterosis; por tanto, es necesario llevar a cabo pruebas de Aptitud Combinatoria General y Aptitud Combinatoria Específica, que permitan seleccionar las mejores líneas para formar híbridos de mayor potencial de rendimiento.

En el presente trabajo se realizó una evaluación de nueve líneas  $S_4$  utilizando el método 2 de Griffing (1956), para analizar las cruzas dialélicas. Los objetivos fueron los siguientes:

1. Conocer la Aptitud Combinatoria General y Específica de las nueve líneas.
2. Medir la heterosis y estimar la heredabilidad de diferentes características de planta y mazorca.
3. Seleccionar las mejores líneas que formarán híbridos o sintéticos rendidores.

Se plantean las siguientes hipótesis:

1. Algunas líneas poseen alta Aptitud Combinatoria General (ACG) y Específica (ACE), y se distinguen también en su capacidad para producir híbridos de alto valor heterótico para el rendimiento y sus componentes.
2. Los caracteres más correlacionados con el rendimiento de grano exhiben mayor heterosis y una menor heredabilidad que los no correlacionados con él.
3. Algunos de los híbridos de cruce simple son tan rendido-

res, o más, que los testigos (híbridos y/o variedades co  
merciales).

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Heterosis

Shull citado por Allard (1978) definió la heterosis como el "incremento general del vigor de la  $F_1$  resultante del cruzamiento de dos progenitores (líneas, variedades, razas o especies) de condición genética diferente". Fue el primero en sugerir la utilización de líneas endogámicas de maíz para explotar eficazmente este fenómeno.

Lonnquist (1965) señala que el mejoramiento dentro de poblaciones nos permite la máxima utilización de la heterosis exhibida por los cruzamientos intervarietales, en los cuales el vigor híbrido no solamente depende de la porción aditiva de la varianza genética, sino también de la no aditiva.

Robinson y Moll (1965) indican que además de la variabilidad genética dentro de las poblaciones, es fundamental el conocimiento de la naturaleza de la acción génica para hacer la elección adecuada del método de mejoramiento a utilizar.

Casas y Wellhausen (1968) señalan que dos poblaciones que han evolucioñado en regiones separadas geográficamente, deben exhibir divergencia genética, la cual se pudo haber originado como consecuencia de diferentes presiones de selección encontradas en los ambientes donde han evolucionado y que se reflejarán en frecuencias génicas modificadas.

### 2.1.1. Manifestaciones de la heterosis

Las manifestaciones del vigor híbrido han sido observadas desde hace unos 200 años por diversos mejoradores de plantas, quizás desde hace 2000 años por hibridizadores de animales, como indican East y Hayes citados por Briggie (1963).

Los primeros estudios sistemáticos en plantas fueron llevados a cabo por el botánico alemán Koelreuter (1766), Knight (1799), Naudin (1865), Darwin (1876) y otros experimentadores quienes observaron que los híbridos entre razas y especies eran frecuentemente "exhuberantes". Darwin, Beal (1880), Sanborn (1890), McClure (1892) y otros investigadores notaron que las progenies de maíz obtenidas por autofecundación, producían pocas semillas y su desarrollo era pobre; sin embargo, al cruzarse estas líneas se restauraba el vigor. Esto fue ampliamente confirmado en los experimentos que Shull y East empezaron independientemente en 1905 (Sinnot y Dobzhansky, 1975).

A continuación se citan diversos trabajos que han reportado resultados evidentes de heterosis.

Bucio (1954) analizó los híbridos de las cruzas entre las 25 razas de maíz descritas en México. El experimento fue establecido en Jaloxtoc, Mor. y estudió los caracteres rendimiento y ciclo vegetativo. Observó que para el caso de rendimiento de grano, un alto porcentaje de cruzas exhibieron efectos de heterosis; concluyó que las razas representan núcleos diferentes de plasma germinal. Por otro lado, indica que los factores de-



terminantes de la longitud del ciclo vegetativo son dominantes para precocidad, en algunos casos con efecto acumulativo; ciertas cruzas aún siendo muy precoces son también rendidoras; la precocidad óptima es de 78 días para Joloxtoc, Mor y probablemente para el Bajío. Por último, señala que el material más adecuado para programas de mejoramiento en estas localidades puede derivarse de los progenitores de las siguientes cruzas: Tepecintle x Tabloncillo Perla, Tuxpeño x Cónico Norteño, Tuxpeño x Nal-Tel, Tabloncillo x Zapalote Grande, Cónico Norteño x Zapalote Grande y Zapalote Chico x Tuxpeño.

Barrientos (1962) realizó cruzamientos entre las variedades regionales, representativas de las razas Cónico y Chalqueño, con variedades de otras razas de México y Guatemala. Comparó su comportamiento mediante ensayos de rendimiento y estudió también su aptitud combinatoria. En el año de 1959, las cruzas y progenitores fueron sembradas en Chapingo, Méx.; en base a estos resultados, se efectuaron las cruzas dobles en el año siguiente y, en 1961, fueron sometidas a ensayos de rendimiento en Chapingo, Méx., y el Mexe, Hgo. A cada una de las cruzas interraciales se les estimó tanto la varianza de aptitud combinatoria general como la específica; concluyó que las cruzas más sobresalientes en Chapingo fueron: Cónico x Celaya, Chalqueño x Zapalote Grande y Cónico x Zapalote Grande y en el Mexe: Celaya x Tolimán, Cónico x Zapalote Grande, Chalqueño x Cónico Norteño, Cónico x Tuxpeño y Chalqueño x Zapalote Grande; en ambas localidades: Chalqueño x Zapalote Grande y Cónico x Zapalote Grande. Como fuentes de aptitud combinatoria específica

en Chapingo: Chalqueño x Olotillo, Celaya x Tolimán, Chalqueño x Celaya y Cónico x Tuxpeño; en el Mexe: Cónico x Celaya. La cruza más sobresaliente en los ensayos de rendimiento de cruza dobles correspondió a: (Celaya x Tolimán) x (Cónico x Celaya) que fue comparable al del híbrido H-125 en Chapingo, Méx., y superior al híbrido regional H-126 en el Mexe. Hgo.

Paterniani y Lonquist (1963) estudiaron el comportamiento de 12 razas de maíz y sus cruza  $F_1$ . Las razas incluidas procedían de una amplia gama de ambientes; las razas eran originarias de Brasil, México, Paraguay y Argentina. Las pruebas fueron desarrolladas en tres localidades en el estado de San Pablo (Brasil). La respuesta heterótica promedio de las cruza fue de 33% en relación a la media de los progenitores con un rango de -11% a 101%; para las cruza individuales, la respuesta respecto al progenitor superior fue de aproximadamente 14%, con un rango de -19% a 84%. Las cruza de las razas de endospermo dentado x dentado, presentaron los más altos rendimientos (4438 kg/ha), seguido de las cruza de dentado x harinoso (4419 kg/ha) y harinoso x harinoso (4197 kg/ha). El mismo autor señala que el rendimiento de los progenitores estuvo estrechamente asociado con los rendimientos de sus descendencias  $F_1$  ( $r=0.677^{**}$ ); el rendimiento de la mejor cruza fue muy similar al de los híbridos de cruza doble. Concluyó que de las razas estudiadas, Itací, Cateto y Cármen, ofrecen buenas posibilidades para su inmediata utilización en el mejoramiento de maíz en el estado de San Pablo, Brasil.

Castro (1964) comparó el rendimiento de 300 cruzas, obtenidas de las 25 razas descritas en México, las cuales se cruzaron en todas las formas posibles; éstas fueron probadas en tres zonas maiceras de gran importancia (Chapingo, Méx., Tepalcingo, Mor. y Juventino Rosas, Gto.). El objetivo principal del estudio fue evaluar el rendimiento y medir la heterosis producida al cruzar genotipos altamente contrastantes. Finalmente, observó que las mejores cruzas para Tepalcingo, Mor., fueron: Bolita x Harinoso de Ocho, Celaya x Harinoso de Ocho, Celaya x Pepitilla, Vandeño x Pepitilla, Pepitilla x Harinoso de Ocho, Tuxpeño x Tabloncillo, Celaya x Maíz Dulce, Pepitilla x Zapalote Grande y Pepitilla x Zapalote Chico. En Juventino Rosas, Gto.: Comiteco x Celaya, Comiteco x Maíz Dulce, Jala x Celaya, Pepitilla x Maíz Dulce, Comiteco x Cónico Norteño, Pepitilla x Harinoso de Ocho, Pepitilla x Bolita y Jala x Harinoso de Ocho; finalmente, para Chapingo: Cónico x Cónico Norteño, Chalqueño x Tabloncillo, Chalqueño x Maíz Dulce, Olotillo x Maíz Dulce, Olotillo x Cónico, Olotillo x Chalqueño, Chalqueño x Cónico, Harinoso de Ocho x Cónico, Tuxpeño x Chalqueño, Tabloncillo x Cónico y Celaya x Chalqueño; también recomienda que estas cruzas interraciales pueden usarse como base para programas de mejoramiento en cada área de estudio.

Cartujano (1964) desarrolló un experimento en Tepalcingo Morelos; el objetivo principal fue comparar la heterosis resultante de cruzas entre maíces primitivos de México y Centroamérica. Su estudio incluyó 79 cruzas de un grupo de razas provenientes de diversas regiones, entre ellas: Venezuela,

Guatemala, Yucatán, Guerrero, Oaxaca, Campeche, Cuba, Nicaragua, Sinaloa, Bolivia, Ecuador, etc. El 99% de las cruzas superaron al progenitor medio, en tanto que, 89% fueron superiores al progenitor más rendidor. Las razas: Pollo, Canguil (Ecuador 774), Palomero de Pakistán, Pisinkalla (Bolivia 780), NaI-Tel (Venezuela 558) y NaI-Tel (Guatemala 765) cruzadas con cualquiera de las demás razas cuadruplicaron su rendimiento; algunas  $F_1$  rindieron igual o más, que las variedades comerciales, pertenecientes a las razas Pepitilla y Tabloncillo, cuyo rendimiento medio es de 3500 kg/ha.

Sandoval (1964) realizó un experimento en el estado de Morelos, para estudiar la heterosis y los componentes del rendimiento, en generaciones avanzadas de ocho cruzas interraciales entre maíces mexicanos y del Caribe. El número de mazorcas por planta de algunas cruzas mostró un grado de heterosis significativo en relación a sus progenitores; además esta variable exhibió alta correlación con rendimiento, junto con longitud y diámetro de mazorca.

Fuentes (1965) estudió la naturaleza de la heterosis en la cruzza intervarietal de Durango Grupo 1 x México Grupo 18, en 12 caracteres de planta y mazorca. Las variables que manifestaron mayores efectos heteróticos fueron: rendimiento de grano, altura de mazorca, número de mazorcas por planta y peso de 100 granos.

Wellhausen (1966) condujo un experimento de rendimiento

con 300 cruzas de maíz, derivadas de las 25 razas descritas en México. Observó 18 cruzamientos sobresalientes, cuyos progenitores eran de origen muy diverso; la heterosis expresada en base al promedio de los progenitores fluctuó entre 19% y 153%, con un promedio de 64%; la heterosis en relación al progenitor superior osciló entre 3% y 53%. El mayor grado de heterosis se observó entre la crusa de Maíz Dulce x Tehua, razas con marcadas diferencias fenotípicas; tres de cuatro razas clasificadas como Precolombinas Exóticas están representadas en los cruzamientos sobresalientes en rendimiento; las razas Indígenas Primitivas Nal-Tel y Chapalote de madurez temprana y bajos rendimientos, están también representadas entre las cruzas de mayor rendimiento.

Infante et al. (1966) estudiaron las condiciones climáticas de las zonas templadas y cálidas de México, para observar la expresión de la heterosis en sorgos híbridos de la primera generación. El proyecto incluyó siete híbridos experimentales sobresalientes por su rendimiento, mismos que se sembraron con el testigo Texas 660 en dos localidades. La heterosis se manifestó consistentemente en los caracteres: rendimiento de grano, excersión y peso total de la panoja, peso de grano por planta, número de granos y peso de 1000 granos. Observaron que la heterosis del carácter rendimiento en Roque, Gto. e Iguala Gro, fueron de 22.5% y 32.0% respectivamente; sin embargo, en esta última localidad fue mayor la variación de la heterosis. Algunos caracteres, entre ellos: días a floración, densidad y tamaño de grano, por tanto, concluyen que éstas no tienen una

influencia de consideración en el rendimiento.

Sarria (1966) evaluó un grupo de 14 variedades de maíz, procedentes del Caribe, Centro y Sudamérica; también incluyó todos los cruzamientos posibles entre ellas, para analizar el grado de heterosis manifestada en el rendimiento, así como otros parámetros genéticos. Observó que el 96% de las cruzas excedieron en rendimiento a la media de sus progenitores; mientras que el 85% superaron al progenitor más rendidor; cinco cruzamientos varietales fueron más rendidores que el Diacol H-253 que es el mejor híbrido doble comercial del área de estudio, estas cruzas fueron: Nariño 330 x Sicarigua, Diacol V-351 x Sicarigua, Nariño 330 x Compuesto Tuxpeño Amarillo x Nariño 330 x P.T.R. Grupo 6.

Petr y Frey (1967) estudiaron la heterosis de 15 cruzas derivadas de seis cultivares de avena; el rendimiento promedio de los cruzamientos fue de aproximadamente 33% superior a la media de los progenitores y 12% respecto al progenitor superior; en todas las cruzas el rendimiento fue mayor al compararlas con el progenitor más productivo con un rango de 1 a 30%. Para otros caracteres, como número de panículas por planta, la heterosis también se manifestó en forma positiva.

Rivera (1977) analizó el comportamiento de nueve variedades de maíz y sus 36 cruzas posibles, las variedades provenían de las tres regiones maiceras de México: Mesa Central, Bajío y Trópico. Las variables estudiadas fueron: rendimiento, días a floración masculina, altura de planta y altura de mazorca.

La heterosis se manifestó en todos los caracteres, aunque el rendimiento de grano exhibió los mayores efectos, ya que en el 100% de las cruzas se observó cierto grado de heterosis; sin embargo, los valores más altos fueron en las cruzas del tipo Trópico x Mesa Central, y los más bajos en las cruzas Mesa x Mesa. Encontró una correlación positiva (lineal y cuadrática) entre las medias de cruzas y niveles de divergencia genética, para los caracteres: rendimiento, altura de planta y mazorca. La heterosis para rendimiento se debió principalmente a efectos no aditivos, cuya magnitud fue de 100% en las cruzas Trópico x Mesa. Las cinco mejores cruzas que superaron al híbrido H-353 fueron: V-520 x C. de Ixtacalco, Jal-25 x V-39, V-39 x C. de Ixtacalco, Jal-25 x Jal-47 y V520C x Méx-61. La heterosis de la craza Jal-25 x Jal-47 se debió a efectos aditivos y no aditivos, por lo que sugiere el autor su explotación a través del método de Selección Recíproca Recurrente; la heterosis de las cruzas restantes dependió principalmente de efectos no aditivos, por lo que recomienda la formación de híbridos de craza doble a partir de las mejores cruzas simples en cada progenitor.

Velázquez et al. (1983) cruzaron en diferentes combinaciones, plantas de 12 familias de hermanos completos, provenientes de cuatro poblaciones de diferente origen genético: Tuxpeño, Mezcla Tropical Blanca, Blanco Cristalino y Eto Blanco, con 13, 4, 5 y 7 ciclos de selección respectivamente. Observó un promedio de 37% de heterosis en el carácter rendimiento, en las cruzas entre familias de diferente fuente, en tanto

que, en las cruzas entre familias de la misma fuente, fue de 26%. En base a estos resultados, sugieren el uso de cruzas sim ples entre familias de hermanos completos, aunque reconocen al gunas limitantes en el proceso de producción de semillas de los híbridos comerciales. También indican que hay mayores posibili dades de encontrar cruzas con alto valor heterótico, cuando las familias provienen de poblaciones de diferente origen, ya que la varianza genética no aditiva tuvo mayor importancia relati va que la aditiva en las cuatro variables estudiadas.

López (s.f.) evaluó el comportamiento de 45 cruzas dobles de maíz, formadas a partir de diversas cruzas simples de líneas  $S_1$ ; éstas se obtuvieron de la generación  $F_2$ , de la cruza entre el híbrido H-309 y una cruza simple común de líneas avan zadas de la variedad Hidalgo. En su evaluación incluyó: híbri dos sobresalientes de Valles altos (H-133 y H-28), criollos re gionales y un híbrido típico de El Bajío (H-309). Observó que 25 cruzas presentaron una heterosis de 36.38% en el rendimiento con respecto a H-309, mientras que en relación a H-133 la ganancia fue de 11.79%. Finalmente, la heterosis con respecto a los criollos Amarillo Zamorano y Argentino, fue de 14.56% y 19.35% respectivamente.

### 2.1.2. Hipótesis sobre la heterosis

Elliot (1967) y Allard (1978) hacen una revisión sobre las hipótesis que han sido propuestas para explicar la hetero sis.



2.1.2.1. Hipótesis de Dominancia. Fue primeramente expuesta por Davenport (1908), Bruce (1910) y Keeble y Pellew (1910); posteriormente fue ampliada por Jones (1917), quien supone que la heterosis resulta de la acción acumulativa de muchos genes favorables dominantes, los cuales contribuyen al vigor. Una parte de los genes es aportada al híbrido por cada progenitor, por lo que, la mayor cantidad de vigor híbrido debe ocurrir cuando hay presentes un número máximo de loci con factores dominantes favorables. Solamente un alelo favorable dominante en cada locus interviene para producir el exceso de vigor.

Dos objeciones se han hecho a esta hipótesis:

1. De ser cierta la hipótesis, sería posible obtener individuos homocigóticos para todos los factores dominantes y dichas líneas tendrían el mismo vigor que la  $F_1$ . El hecho de que no se hayan obtenido líneas autofecundadas tan vigorosas como los híbridos, ha sido explicado por la presencia de un gran número de genes favorables dominantes ligados con alelos recesivos desfavorables.
2. Si el vigor se debiera únicamente a caracteres dominantes, la  $F_2$  de un híbrido tendría una distribución asimétrica en lugar de una continua o normal, que comúnmente se observa.

2.1.2.2. Hipótesis de Sobredominancia. Fue propuesta independientemente por Shull y East (1908); según ella se supone que

hay un estímulo fisiológico del desarrollo que aumenta con la diversidad de los gametos que se unen, es decir, hay loci donde el heterocigoto es superior a cualquiera de los homocigotos y el vigor aumenta en proporción a la heterocigosis (porcentaje de pares heterocigotes). También se le llama: heterosis de genes individuales, acción acumulativa de alelos divergentes y estímulo de alelos divergentes. En resumen, la combinación heterocigótica de  $a_1a_2$  de los alelos de un locus es superior a cualquiera de las combinaciones homocigóticas  $a_1a_1$  ó  $a_2a_2$ . La explicación se basa en que  $a_1$  y  $a_2$  desempeñan diferentes funciones y que la suma de sus diferentes productos es superior por cada alelo en estado homocigótico. Posteriormente East (1936) postuló que los heterocigotos eran más eficientes cuando más divergía la función de sus alelos componentes, así  $a_1a_2 < a_1a_3 < a_1a_4$ , y así sucesivamente.

Hull según Robinson y Moll (1965), partió del supuesto de que la sobredominancia, o sea la superioridad del genotipo heterocigoto dominante, debía ser la explicación de la acción de los genes responsables del rendimiento. También sugirió la adopción del método "Selección Recurrente para Aptitud Combinatoria Específica (SRACE), para obtener el máximo mejoramiento en rendimiento".

Gardner y Lonquist (1966) afirman que la hipótesis más ampliamente aceptada para la explicación del vigor híbrido, es la de la "acción acumulativa de genes dominantes favorables" aún cuando no se descarta el papel que puede jugar la

epistásis. También indican que los resultados experimentales, observados en variedades de maíz de polinización libre, parecen ser compatibles con el modelo de acción génica aditiva con dominancia.

En la mayoría de los casos ambas hipótesis, conducen exactamente a los mismos resultados; sin embargo, hasta hoy no se ha encontrado una demostración definitiva en favor de una de estas hipótesis, aunque pueden estar actuando simultáneamente ambos sistemas.

### 2.1.3. Medidas de la Heterosis

Reyes (1985) señala que existen diversas modalidades para la evaluación de la manifestación de la heterosis, dando algunas fórmulas sencillas para tal efecto:

#### 1. Heterosis respecto a la media de los progenitores

$$\text{Heterosis} = \frac{F_1 - \frac{P_1 + P_2}{2}}{\frac{P_1 + P_2}{2}} \times 100$$

#### 2. Heterosis respecto al progenitor superior

$$\text{Heterosis} = \frac{F_1 - \text{Media mejor progenitor}}{\text{Media mejor progenitor}} \times 100$$

En este estudio se evaluó la heterosis respecto al testigo sobresaliente, expresándola como porcentaje de la  $F_1$  respecto a la media del mejor testigo como se indica:

### 3. Heterosis respecto al mejor testigo

$$\text{Heterosis} = \frac{\bar{F}_1 - \text{Media del testigo}}{\text{Media del testigo}} \times 100$$

### 2.2. Aptitud Combinatoria

Sprague y Tatum citados por Griffing (1956), definieron el concepto de Aptitud Combinatoria General (ACG) como el "comportamiento medio de una línea en combinaciones híbridas", y Aptitud Combinatoria Específica (ACE) como "aquellos casos en los cuales ciertas combinaciones lo hacen relativamente mejor o peor de lo que podría esperarse sobre la base del comportamiento medio de las líneas implicadas".

Sprague (1960) indica que el conocimiento de los diferentes tipos de acción génica, y su importancia relativa, en la determinación de los caracteres de interés por el mejorador, es básico para la máxima eficiencia de un programa. También señala que el método clásico de evaluación comienza con la prueba de mestizos (cruzamientos línea x variedad), la cual provee una medida de los efectos aditivos. Esta evaluación es seguida por las pruebas de cruzamientos sencillos o triples, y finalmente, por la predicción y evaluación de cruzamientos dobles. La necesidad de estas últimas pruebas descansa en la existencia de efectos génicos no aditivos de importancia (dominancia, epistásis, interacción genotipo-ambiente).

Srb et al. (1971) afirman que el rendimiento de un híbrido depende de su constitución genética y por lo tanto, esta es el resultado de la genética de sus progenitores autofecundados. La tarea fundamental del mejorador de maíz consiste en obtener líneas autofecundadas satisfactorias, que puede lograrse a través de la selección de ciertos caracteres, la minuciosa medición de los mismos y el grado de certeza con que se puede predecir su heredabilidad; todo esto es importante, pues la prueba real del valor de una línea autofecundada es su aptitud combinatoria con otras líneas.

Martínez (1975) estudió los cuatro métodos de cruza dialélicas propuestas por Griffing (1956); analiza las técnicas para estimar los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) y Específica (ACE); señaló que existen algunas limitantes de estos diseños, sobre todo cuando se trabaja con un gran número de líneas, por la cantidad de cruzamientos que se generan; finalmente, proporciona información sobre el uso del paquete SAS el cual puede explotarse ventajosamente en el análisis de uno de tales métodos.

Jugenheimer (1981) afirma que la Aptitud Combinatoria General, proporciona información sobre las líneas puras que deben cruzarse para producir los mejores híbridos. También indica que los probadores deben seleccionarse por su capacidad para identificar las líneas que combinan bien con otras líneas. El mismo autor señala que debido a su heterogeneidad, las variedades de polinización libre y los sintéticos, generalmente se usan

para determinar la Aptitud Combinatoria General. Respecto a los probadores adecuados de la Aptitud Combinatoria Específica, señala que los progenitores femeninos de cruza simple constituyen excelentes probadores para determinar la ACE de cruza de tres elementos. Finalmente, menciona que las líneas probadoras se usan para cruza simples.

### 2.2.1. Efectos y Varianza de ACG y ACE

Sprague y Tatum (1942) hacen una distinción en la aptitud combinatoria, la cual dividen en dos categorías: General y Específica. La Aptitud Combinatoria General medida como si fuera debida predominantemente a la acción génica aditiva. La Aptitud Combinatoria Específica incluye todos los efectos de dominancia, epistásis, interacciones genotipo-ambiente, etc. (Sprague 1960). Este mismo autor, obtuvo estimaciones de la varianza para Aptitud Combinatoria General ( $\sigma^2_G$ ) y Específica ( $\sigma^2_S$ ), de una serie de ensayos de rendimiento de cruzamientos simples; encontró que con material previamente seleccionado, la varianza de ACE era algo mayor que la correspondiente a ACG.

Medina (1965) llevó a cabo un estudio en siete variedades de maíz, que se han incluido comúnmente en la formación de híbridos de la Mesa Central. Sus resultados revelaron mayor varianza de ACE que la ACG; comprobó de esta forma, que se reduce la varianza de ACG cuando las variedades han sido seleccionadas previamente para Aptitud Combinatoria General, aunque hubo cierta variación en algunas variedades respecto a la magni-

tud de varianza de ACG en otras.

Robinson y Cockerham, (1965) señalan que la varianza de los genotipos, y su interacción con ambientes, deben ser interpretadas en términos de la población de la cual forma parte la muestra usada. Las varianzas genéticas que han recibido mayor atención son las siguientes:

- 1). Varianza genética aditiva ( $\sigma^2 A$ ) que se origina de los efectos aditivos de los genes de los loci segregantes.
- 2). Varianza genética dominante ( $\sigma^2 D$ ) debida a la interacción alélica de los genes segregantes.
- 3). Varianza epistática resultante de la interacción no alélica de dos o más loci segregantes. La varianza epistática puede ser subdividida en aditiva x aditiva ( $\sigma^2 AA$ ), aditiva x dominante ( $\sigma^2 AD$ ) y dominante x dominante ( $\sigma^2 DD$ ), para el caso de epistásis entre dos genes no alélicos y en combinaciones semejantes de interacciones de segundo y orden mayor para el caso de tres que muestran interacciones no alélicas.

Sarria (1966) reporta mayores efectos y varianza de Aptitud Combinatoria General en las variedades de maíces Nariño 330 y Sicarigua; la variedad Mix. 1, tuvo un valor alto y consistente en la varianza de Aptitud Combinatoria Específica, lo que puede atribuirse a su cruzamiento con la variedad Nariño 330. Sugiere el aprovechamiento de las variedades Nariño 330 y Sicarigua, por sistemas que exploten la Aptitud Combina

toria General; para las variedades Nariño 330 y Mix. 1, derivar líneas para formar híbridos.

Escobar et al. (1972) usaron el diseño dialélico para estudiar ocho variedades de trigo y sus 28 cruzas. El análisis indicó que una buena parte de la variación genética total fue debida a efectos génicos aditivos en los ocho caracteres estudiados (excepto amacollamiento).

Lalama et al. (1972) condujeron un estudio con ocho variedades de trigo y sus cruzas en un sentido; estimaron el tipo de acción génica en cinco caracteres de calidad comercial. De la varianza genética total, la mayor proporción fue atribuida a efectos aditivos; sin embargo, para perlado y sedimentación; la varianza no aditiva fue la de mayor importancia (principalmente dominancia parcial).

Arévalo et al. (1974) observaron mayores efectos de aditividad, en la mayoría de los caracteres, en ocho variedades comerciales de cebada maltera y sus cruzas en un solo sentido. Los caracteres que presentaron mayor grado de dominancia fueron: rendimiento, área foliar de la hoja bandera y espigas por planta.

Oyervides (1979) obtuvo para rendimiento de grano, estimaciones de varianza genética aditiva mayores que las de varianza dominante; esto indica que entre las poblaciones estudiadas existe considerable variabilidad genética de tipo aditivo, que puede ser aprovechada por selección recurrente para ACG. Para



diámetro de mazorca, observó lo contrario.

Ramírez et al. (1980) formó un esquema dialélico en maíz, con las cruzas posibles entre diez líneas  $S_1$ , derivadas de las  $F_2$  de los híbridos: Pionner W061, Pionner 515 y Pionner W065; estimaron los efectos de ACG y ACE; también estimaron el tipo de acción génica. Usaron el método 4 de Griffing (1956) y los tipos de prueba para estimar los efectos de ACG (formación y evaluación de mestizos y la prueba per se). Los citados autores señalan que se puede utilizar cualquiera de ambas pruebas comparadas en las líneas  $S_1$ , ya que las estimaciones de las varianzas de ACG fueron muy similares en las líneas, mientras que, los valores de ACE fueron muy dispersos, por lo que concluyen que el tipo de acción génica fue principalmente aditiva. Finalmente, afirman que tanto los efectos de ACG y ACE, y las varianzas mostraron considerable interacción con el ambiente.

Del Campo y Molina (1982) compararon tres grupos de cruas dialélicas de siete variedades de maíz en cinco localidades. Encontraron que para rendimiento, los efectos de ACE más altos fueron mostrados por cruas en las que intervino cuando menos un progenitor de alta ACG. Sugieren que las mejores cruas de cada grupo podrían ser mejoradas por Selección Recíproca Recurrente, porque tanto los efectos aditivos como no aditivos fueron igualmente importantes.

Velázquez et al. (1983) señalaron que los efectos de Aptitud Combinatoria Específica fue mayor en los cruzamientos entre familias de hermanos completos de diferentes fuentes de

germoplasma; esto fue observado en los caracteres: rendimiento de mazorca, altura de planta, días a floración e índice de cosecha.

2.2.2. Modelo de Griffing

Hayman en 1954, según Coutiño (1982) analizó la teoría y análisis de las cruzas dialélicas y estableció que el material con el cual se trabaje debe cumplir con los supuestos de: segregación diploide, inexistencia de efectos recíprocos, acción independiente de los genes no alélicos, inexistencia de alelos múltiples, progenitores homocigóticos y distribución de genes independientes entre los progenitores.

Bajo estos supuestos, Griffing (1956) propuso cuatro métodos para el análisis de cruzas dialélicas como se indica:

El modelo matemático apropiado de los experimentos dialélicos básicos es:

$$Y_{ijk} = \hat{\mu} + \hat{g}_i + \hat{g}_j + \hat{s}_{ij} + \hat{r}_k + \hat{e}_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Valor fenotípico de la cruza con progenitores  $i$  y  $j$ , en el bloque  $k$

$\hat{\mu}$  = Efecto común a todas las observaciones

$\hat{g}_i$  ( $\hat{g}_j$ ) = Efecto de la Aptitud Combinatoria General del  $i$  ( $j$ )-ésimo progenitor.

$\hat{s}_{ij}$  = Efecto de la Aptitud Combinatoria Específica de la cruza (i,j).

$\hat{r}_k$  = Efecto de la k-ésima repetición

$\hat{e}_{ijk}$  = Efecto ambiental aleatorio correspondiente a la observación (i,j,k)

$$i(j) = 1, 2 \dots p; \quad k = 1, 2, \dots, r$$

$$\text{Restricciones al modelo: } \sum_{i=1}^p \hat{g}_i = 0 \quad \sum_{i < j} (\hat{s}_{ij} + \hat{s}_{ji}) = 0$$

#### Métodos 2 y 4

En estos experimentos no se consideran efectos maternos, es decir, es indiferente emplear un progenitor ya sea como hembra o macho. En el método 2, se ensayan las  $p(p-1)/2$  cruzas  $F_1$ , entre los  $p$  progenitores, así como las  $p$  autofecundaciones de los progenitores; El método 4 solamente considera las  $p(p-1)/2$  cruzas  $F_1$ .

#### Métodos 1 y 3

Cuando de sospecha la existencia de efectos maternos, resulta indispensable ensayar las cruzas recíprocas de la  $F_1$ . El modelo original puede refinarse aún más. Este refinamiento fue considerado por Yates en 1947, citado por Martínez (1975). De esta manera, el modelo que incluye los efectos maternos, puede escribirse de la manera siguiente:

$$y_{ijk} = \hat{\mu} + \hat{g}_i + \hat{g}_j + \hat{s}_{ij} + \hat{m}_i - \hat{m}_j + \hat{r}_k + \hat{e}_{ijk}$$

$$1 \leq i, j \leq p, \quad k = 1, 2, \dots, r$$

Donde el índice  $i$  se utiliza para identificar el progenitor femenino  $y$ , el índice  $j$ , para el progenitor masculino. Los contrastantes  $(\hat{m}_i - \hat{m}_j)$  representan efectos maternos.

### 2.3. Correlaciones Fenotípicas

Lasley (1970) analiza el concepto de correlaciones, comúnmente manejado en la genética cuantitativa y muy útil en el proceso de mejoramiento genético de poblaciones; el coeficiente de correlación, es una medida del grado de asociación entre dos variables, las cuales tienden a variar juntas; se dice que están correlacionadas positivamente, si éstas varían en la misma dirección, esto es, cuando una aumenta también la otra aumenta; o bien, cuando una disminuye la otra también disminuye. Dos variables pueden estar correlacionadas negativamente, esto es, cuando una aumenta la otra disminuye; así, el coeficiente de correlación puede variar entre 0 y  $\pm 1$ . La ecuación que define la asociación entre las variables es la siguiente:

$$r_{yx} = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{(\sum X_i)(\sum Y_i)}{n}}{\sqrt{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n}}}$$

Donde:

$r_{yx}$  = Es el coeficiente de correlación fenotípica

$X_i$  = Es cada observación individual para la variable X

$Y_i$  = Es cada observación individual para la variable Y

$n$  = Es el número de observaciones para cada variable

$\Sigma$  = Es la suma de todas las observaciones para cada variable o par de variables.

Falconer (1972) afirma que la correlación entre los caracteres es una propiedad importante de las poblaciones, que tiene implicaciones en el mejoramiento genético. Existen diversas causas por las que se dá cierto grado de correlación entre variables, las cuales son: 1) Causas genéticas, probablemente sea la pleiotropía la responsable de dicha asociación; 2) Los cambios producidos por la acción de la selección artificial y 3) La selección natural, es decir, los efectos de diversos factores ambientales, que pueden influir de igual manera sobre dos o más características, que se expresan como una asociación. Según Darwin, "La selección de un carácter, causa cambios en otros caracteres, debido a la misteriosa Ley de la Correlación".

### 2.3.1. Caracteres Asociados con el Rendimiento de Grano

Sandoval (1964) observó mayor asociación de las variables: número de mazorcas por mata (0.474), longitud de mazorca (0.371) y diámetro de mazorca (0.361) con rendimiento de grano.

Williams (1965) considera que el rendimiento depende básicamente de ciertos caracteres como son: número de granos, tamaño del grano, número de granos por hilera, número de hileras por mazorca, etc. La selección basada sobre cualquiera de estos caracteres conducirá únicamente a una mejora en el rendimiento, siempre que los restantes se mantengan constantes.

Sarria (1966) encontró una correlación positiva significativa entre el rendimiento y las variables: número de granos por mazorca, granos por hilera, número de mazorcas por planta, número de hileras y largo de la hoja.

Ortíz (1967) obtuvo correlaciones entre diferentes caracteres y rendimiento de grano, bajo diferentes niveles de población; observó que la selección para longitud de mazorca, diámetro de mazorca, profundidad de grano y % de desgrane, puede resultar en una mejora del rendimiento en la misma dirección.

Calixto et al. (1976) realizaron un estudio en seis variedades de trigo, para determinar los caracteres que mayormente contribuyen al rendimiento de grano; concluyeron que esta variable está correlacionada positivamente con: número de entrenudos, espiguillas por espiga, longitud de espiga, número de granos por espiga y la relación espigas/tallos; observaron una correlación negativa con altura de planta e índice de fertilidad.

Vargas (1979) reportó valores significativos y positivos de correlaciones fenotípicas y genéticas-aditivas entre rendimiento/planta y las características: altura de planta, altura

de mazorca, prolificidad, días a floración, longitud y diámetro de mazorca, número de hileras y número de granos por hileras.

Mejía (1983) condujo un experimento con el compuesto derivado de la variedad de maíz Sactux (I ciclo de selección combinada simultánea para rendimiento y cobertura de mazorca); obtuvo una respuesta positiva a la selección y una reducción de la distancia apical de la mazorca. La correlación negativa observada entre estos dos caracteres, le hizo suponer la posibilidad de mejorar la cobertura de la mazorca, sin que haya una reducción del rendimiento. Dado que los caracteres: longitud del totomoxtle, número de hojas del totomoxtle y distancia apical, mostraron una heredabilidad media (el primero) y alta (los segundos), es de esperarse mejora sustancial bajo selección simultánea para rendimiento y cobertura, seleccionando primero para cobertura, y después, para rendimiento. Concluye el autor que el carácter cobertura de mazorca es de especial interés, ya que a mayor distancia apical y número de hojas de totomoxtle, observó una menor incidencia de insectos de la mazorca.

González et al. (1984) realizaron un estudio en el maíz para comparar el noveno ciclo de selección masal in situ, y el décimo ciclo de selección masal rotativa, con la variedad original Zac. 58. La evaluación se hizo en cuatro densidades de población. Los resultados indicaron que los caracteres: rendimiento biológico por planta, el rendimiento de grano por planta y sus componentes (número de granos, tamaño del grano, nú-

mero y tamaño de las mazorcas por planta), se redujeron en forma lineal al aumentar la densidad de población debido a una mayor competencia entre plantas. Finalmente, concluyeron que las pérdidas en rendimiento de grano, se atribuyen a un decreciente tamaño y número de mazorcas por planta, que a su vez condujeron a un menor número de granos por planta.

### 2.3.2. Coeficiente de Determinación

Johansson (1972) considera que en muchos casos, la relación entre las variables tiene la forma curva, y cuanto más pronunciada es la misma, menos exacto será el coeficiente de regresión lineal, como medida de la covariación. Por lo tanto, es necesario encontrar otra función que exprese mejor el parentesco o dependencia; esta función es el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), que mide la proporción de la variación total, que se puede explicar mediante la regresión lineal.

Arkin y Colton (1981) indican que cuando la variable dependiente (Y), está correlacionada casualmente con la independiente (X), y ambas series están formadas por elementos simples de igual variabilidad,  $r^2$  mide la proporción de la varianza de Y que es explicada por X.

Spiegel (1983) señala que la razón de la variación explicada de la variación total se conoce como "coeficiente de determinación" y se denota por  $r^2$ . Si la variación explicada es cero, esta razón es cero. Si la variación total es toda explicada, la razón es uno. En los otros casos, la razón se encuen



tra entre cero y uno.

### 2.3.3. Utilización de Índices de Selección

Lush (1969) afirma que los principios para la construcción de los índices de selección, destinados a obtener el máximo progreso, se basan en el uso de la regresión múltiple; con el índice se desea predecir, tan exactamente como sea posible, el comportamiento de una variable  $Y$  (dependiente) a partir de dos o más variables conocidas  $X_1, X_2, \dots, X_n$  que se denominan independientes; por ejemplo, la variable dependiente puede ser el rendimiento o producción por individuo, en tanto que los caracteres correlacionados con este carácter son las variables independientes.

Smith (1936) y más tarde Searle (1965) citados por Oyervides (1979) han manifestado que la mejor forma de capitalizar las correlaciones genéticas entre caracteres heredables, es la de construir un índice que combine la información de varios caracteres.

Otros investigadores que han contribuido al análisis y aplicación de esta técnica son: Cockran y Robinson (1951), Kempthorne y Nordskog (1959), Harris (1964), etc.

Fletés (1967) diseñó índices de selección en dos poblaciones de maíz, pertenecientes a la raza Chalqueño; comparó los resultados con el uso del método de selección masal directa para evaluar su eficiencia; los caracteres estudiados fue-

ron: número de mazorcas por planta, número de hileras, número de granos por hilera y peso de grano. La utilización de índices de selección fue más eficiente para aumentar el rendimiento, que la selección directa para este carácter; incluyó aquellos caracteres que tienen alta heredabilidad y estrecha relación con el rendimiento. También sugiere utilizar esta metodología en las poblaciones (México Grupo 10 P.L. y Chalco P.L.) consideradas de amplia variabilidad genética.

Torres et al. (1974) estimaron en cinco variedades de papa correlaciones genéticas y diseñaron algunos índices de selección en 10 caracteres de planta y tubérculo. El índice construido en base a los caracteres correlacionados positivamente con peso de tubérculo por planta, como son: número de ramas, número de hojas, ancho del folíolo terminal y número de tubérculos, fue más eficiente que la selección directa para peso de tubérculo/planta. Los índices diseñados en base a cuatro caracteres, incrementaron notablemente la eficiencia en relación con aquellos que incluían tres, dos o un solo carácter.

Arévalo y Molina (1974) probaron ocho variedades comerciales de cebada maltera y sus cruzas dialélicas. Estimaron las varianzas y covarianzas (genotípicas y fenotípicas) en 11 caracteres agronómicos; el objetivo principal fue construir índices de selección para rendimiento de grano. Los índices más eficientes fueron los que contenían el carácter por seleccionar y caracteres correlacionados con él, pero no intercorrelacionados. En los híbridos intervarietales, se obtuvieron índices más eficientes, comparados con la de sus progenitores solos.

En general, la eficiencia fue mayor a medida que aumentó el número de caracteres incluidos en el índice; la máxima eficiencia se obtuvo con los índices que incluyeron las variables: 1) granos por espiga, área foliar de hoja bandera, rendimiento por planta y 2) macollos por planta, espigas por planta, longitud de espiga, altura de planta, floración, rendimiento por planta; la eficiencia relativa de cada uno de estos índices fue respectivamente de 319.24 y 257.83%.

Calixto et al. (1976) utilizaron tres métodos para evaluar la contribución de diferentes caracteres, sobre el rendimiento de grano en trigo. Uno de tales métodos, el uso de índices de selección, resultó de una mayor eficiencia; los mejores índices incluyeron las variables: longitud de espiga y número de granos por espiga, que produjeron la mayor eficiencia relativa (520.3% y 304.7% respectivamente). Los citados autores consideran que existen genes comunes entre dichos caracteres y el rendimiento de grano (variable dependiente Y), por lo que deben considerarse como buenos indicadores de la variabilidad genética potencial del rendimiento.

Betanzos y Molina (1979) adaptaron el procedimiento usual de índices de selección para seleccionar en trigo (Triticum aestivum L.) plantas individuales de una población  $F_4$ , genéticamente heterogénea; la población fue sometida a ocho tratamientos de competencia (resultantes de combinar dos niveles de nitrógeno, dos de fósforo y dos densidades de siembra). Construyeron cinco índices: uno vegetativo, dos reproductivos y

dos de habilidad competitiva. Las variables que más contribuyeron al índice vegetativo fueron: altura de planta y peso de grano por planta. Uno de los índices reproductivos fue el carácter peso de semilla, y las variables que más influyeron en él fueron: altura de planta, número de granos y peso de materia seca; el segundo índice reproductivo, número de semillas (Y), se construyó con las variables: peso de grano y número de espigas. En sus conclusiones consideran como aportaciones importantes, la aplicación de la metodología de los índices de selección a plantas individuales dentro de una población heterogénea.

Avila (1982) utilizó familias de medios hermanos provenientes de dos poblaciones de maíz Tuxpeño (Opaco-2 y normal) el propósito principal fue seleccionar simultáneamente hacia rendimiento y calidad de grano, en cada una de las poblaciones. Su estudio partió del supuesto de que una adecuada construcción de un índice, que incluye variables que determinan rendimiento y calidad nutritiva, permite superar otras metodologías. Sus resultados indicaron una mayor eficiencia al emplear índices, comparado con la selección individual para rendimiento; esta situación se observó en ambas poblaciones.

Celis et al. (1986) construyeron índices de selección para rendimiento de mazorca en la variedad original de maíz Zatecas 58 (perteneciente a la raza Cónico Norteño) y en su décimo ciclo de selección masal visual estratificada. Los índices de selección en la población original incluyeron las va

riables rendimiento y altura de mazorca con eficiencias relativas de 124.26% y 122.97% (respectivamente), con respecto a la selección basada solo en el rendimiento. En la población seleccionada, las variables más importantes fueron: rendimiento, longitud de mazorca, número de granos por hilera, altura de mazorca y longitud de pedúnculo y espiga. El índice elegido mostró una eficiencia relativa de 130.45%. Sus conclusiones revelan que la respuesta teórica a la selección, usando índices, fue mayor que la basada solamente en rendimiento de mazorca. Los índices más eficientes en ambas poblaciones fueron los que tomaron en cuenta el rendimiento y las variables más correlacionadas con él, que tienen una mayor heredabilidad. En el compuesto SM<sub>10</sub>, derivado de Zac-58, se observó un mayor número de índices con eficiencia relativa superior al 100% que en la variedad original Zac-58.

#### 2.4. Heredabilidad de Caracteres

Lerner (1964) afirma que el valor de la heredabilidad es de fundamental importancia en un programa de mejoramiento genético. La heredabilidad se define como "la fracción de la varianza total de la población debida a diferencias genéticas de tipo aditivo"; su valor se define también como el cuadrado de la correlación entre genotipo y fenotipo (en las poblaciones sin seleccionar). La heredabilidad representa la regresión del valor genotípico aditivo sobre el fenotipo. El mismo autor indica que el valor de la heredabilidad, en combinación con la inten

sidad de la selección, es útil para predecir el progreso que se logrará en la selección.

Robinson y Cockerham (1965) señalan dos propósitos al estimar los parámetros genéticos: 1) suministrar información sobre la naturaleza de la acción de los genes involucrados en la herencia del carácter bajo estudio y 2) servir de base para la evaluación de planes de mejoramiento de la población o el cambio de enfoque de un programa de mejora genética.

Williams (1965) afirma que la respuesta a la selección representa un producto del diferencial de selección de la heredabilidad, es decir,  $R = h^2 S$  ( $R$ =respuesta;  $h^2$  = heredabilidad;  $S$ =diferencial de selección), o expresada en términos de la intensidad de selección  $i = \frac{(s)}{\sigma_F}$ ,  $R = i \sigma_F h^2$ ; por lo tanto, dadas unas estimas exactas de  $\sigma_F$  y  $h^2$  (suponiendo que las restantes fuerzas selectivas no afectan al carácter) es posible poder predecir la respuesta a la selección en la generación siguiente.

Falconer (1972) señala que la heredabilidad de un carácter métrico es una de sus propiedades más importantes, debido a que expresa la proporción de la varianza total que es atribuible a los efectos medios de los genes; la heredabilidad es determinada por el grado de parecido entre parientes, de tal forma que el éxito en cambiar las características de la población, puede predecirse únicamente a partir del conocimiento del grado de correspondencia entre los valores fenotípicos y

reproductivos, o sea, la heredabilidad del carácter. La heredabilidad es definida como "el cociente de la varianza genpética aditiva sobre la varianza fenotípica:  $h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_F^2}$  ( $h^2$  representa la heredabilidad en sí y no a su cuadrado).

Johansson (1972) indica que es principalmente el efecto aditivo de los genes el que puede ser utilizado por la selección, por tanto, es de especial interés conocer el valor de la heredabilidad.

De la Loma (1975) menciona que el conocimiento de la heredabilidad de un caracter, permitirá predecir el avance que puede esperarse al seleccionar por ese caracter un grupo de progenitores en una población mendeliana; también indica que en el maíz, el caracter altura de planta tiene una heredabilidad media del 70%, mientras que la producción por planta, tiene una heredabilidad de 20%. Un valor bajo se debe a que el ambiente influye más en la expresión del genotipo.

Poehlman (1979) define la heredabilidad como "la proporción de la variación total observada en una progenie que está determinada por factores genéticos y puede ser transmitida". Señala que cuando la variación debida al ambiente es mayor con relación a las variaciones hereditarias, la heredabilidad será baja; por el contrario, cuando se invierte la relación entre dichas varianzas, será alta la heredabilidad.

Hallauer y Miranda, citados por Coutiño (1982) compararon las estimaciones de heredabilidad de 16 caracteres de maíz,

las que agrupó de acuerdo a sus valores en los siguientes rangos: 1) mayores de 70%; porcentaje de aceite y número de hijos; 2) menores de 70% pero mayores de 50%; altura de planta, altura de mazorca, número de hileras, días a floración y humedad de grano; 3) menores de 50%, pero mayores de 30%; número de mazorcas, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, peso de grano, cobertura de la mazorca, calificación de totomoxtle y diámetro de olote y 4) valores menores de 30%; profundidad de grano y rendimiento.

Brauer (1980) menciona que los estudios sobre heredabilidad permiten evaluar la parte de la variación de los caracteres cuantitativos que corresponden a factores genéticos y factores ecológicos. Agrega, que al aplicar distintos métodos para evaluar este parámetro genético, los valores que se obtienen en una misma población pueden mostrar diferencias.

Reyes (1985) interpreta el concepto de heredabilidad como "el grado en que el fenotipo refleja al genotipo". Para un carácter particular de una población de plantas, lo más importante es la porción de la variación fenotípica de plantas que es reflejada en la descendencia. Por otra parte, señala que el conocimiento de la heredabilidad permite predecir el grado de progreso que se espera al seleccionar progenitores en una población mendeliana.



### 2.4.1. Comparación de Métodos para Estimar $h^2$

Robinson (1965), comparó diferentes procedimientos para estimar la heredabilidad. Propuso la siguiente clasificación de los valores de la heredabilidad: 1) heredabilidad alta (valores de 30 a 60%), que incluye caracteres asociados a la madurez y composición química; 2) heredabilidad media (valores de 10 a 30%), son comunes en ciertas características componentes del rendimiento, altura de planta y en medidas de calidad y 3) heredabilidad baja (valores de 5 a 10%), como sucede en caracteres complejos como el rendimiento (Coutiño, 1982).

Los diferentes métodos para estimar heredabilidad pueden agruparse en dos categorías: 1) Métodos de regresión y 2) Métodos de Correlación (Sánchez-Monge, 1966).

Los métodos de regresión se aplican cuando se tienen datos de los progenitores y descendencia; la heredabilidad se estima a través del coeficiente de regresión de la descendencia respecto a un progenitor o a la media de los progenitores. Los métodos de correlación miden el grado de asociación entre las variables de cada una de las clases en que puede agruparse una variable estadística. Ambos métodos se describen a continuación:

#### 1). Regresión

##### a) Progenie (D) y un progenitor (P)

$$\text{Cov (D,P)} = \text{cov (1/2A,F)}$$

Donde:

A = Valor aditivo

F = Valor fenotípico

Puesto que la descendencia tiene en común con un progenitor

la mitad del valor aditivo, la covarianza genética progenie y progenitor será:

$$\text{COV (D,P)} = \text{cov } 1/2A(A + D + M) = 1/2 \text{ cov } A(A+D+M) = 1/2 \hat{\sigma}_A^2$$

El coeficiente de regresión será:

$$b_{D,P} = \frac{\text{cov (D,P)}}{\hat{\sigma}_F^2} = \frac{1}{2} \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_F^2} = 1/2 h^2$$

$$\therefore h^2 = 2b_{D,P}$$

b) Progenie (D) y la media de los progenitores

$$\left( \bar{P} = \frac{P_1 + P_2}{2} \right)$$

El valor de la covarianza será:

$$\begin{aligned} \text{Cov (D,P)} &= \text{cov (D, 1/2(P}_1 + P_2)) \\ &= 1/2 \text{ cov (D, P}_1) + 1/2 \text{ cov (D, P}_2) \\ &= 1/4 \hat{\sigma}_A^2 + 1/4 \hat{\sigma}_A^2 = 1/2 \hat{\sigma}_A^2 \end{aligned}$$

El coeficiente de regresión será:

$$\begin{aligned} b_{D,P} &= \frac{\text{cov(D,P)}}{\hat{\sigma}_P^2} = \frac{1}{2} \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_P^2 \cdot 1/2 (P_1 + P_2)} = \frac{1/2 \hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_P^2 [1/2 (P_1 + P_2)]} \\ &= \frac{1/2 \hat{\sigma}_A^2}{1/4 \hat{\sigma}_{P_1}^2 + 1/4 \hat{\sigma}_{P_2}^2} = \frac{1/2 \hat{\sigma}_A^2}{1/2 \hat{\sigma}_P^2} = h^2 \end{aligned}$$

(\*) Siempre y cuando:  $\hat{\sigma}_{P_1}^2 = \hat{\sigma}_{P_2}^2 = \hat{\sigma}_P^2 = \hat{\sigma}_F^2$

En este caso la heredabilidad viene estimada directamente por el coeficiente de regresión de los hijos sobre la media de los progenitores.

## 2). Correlación

a). Medios hermanos (MH). Los medios hermanos tienen un progenitor en común; la covarianza de cada individuo con todos sus medios hermanos, dividida por la varianza total, dará el coeficiente de correlación intraclase. Por otra parte, dicha covarianza será igual a la varianza de las medias de cada familia, la cual representa la mitad de los valores aditivos; por lo tanto, el coeficiente de correlación intraclase, será:

$$t_{MH} = \frac{\text{Cov (MH)}}{\sigma_F^2} = \frac{\sigma_A^2 (1/2 A)}{\sigma_F^2} = \frac{1}{2} h^2$$

b). Hermanos completos (HC). El cálculo del coeficiente de correlación intraclase entre hermanos completos no conduce a una estimación de la heredabilidad. En efecto, se demuestra que dicho coeficiente  $t$  tiene el valor:

$$t_{HC} = \frac{1/2 \sigma_A^2 + 1/4 \sigma_D^2}{\sigma_F^2}$$

de donde se deduce que  $h^2 = 2t$ . Luego, del duplo del coeficiente de correlación intraclase entre hermanos completos, se obtiene una estimación ligeramente más alta de la heredabilidad (en sentido estricto).

Agudelo y Márquez (1975) utilizaron la regresión progenie-progenitor y componentes de varianza, para estimar la heredabilidad en cuatro caracteres de maíz sometidos a tres densida-

des de siembra. Las estimaciones por el método de regresión fueron mucho más pequeñas que las obtenidas de los componentes de varianza. Al estimar la heredabilidad del rendimiento por el método de regresión, su valor disminuyó conforme aumentó la densidad de siembra hasta llegar a valores negativos; al calcular heredabilidad del rendimiento por el método de componentes de varianza, este mostró la misma tendencia que otros caracteres conforme aumentó la densidad de siembra.

Robinson, Comstock y Harvey (1959); Gardner (1963), citados por Agudelo y Márquez (1975), indican que la varianza genética aditiva es superior a la varianza de dominancia para caracteres ajenos al rendimiento; esto hace que los valores de heredabilidad sean altos para esos caracteres y bajos para rendimiento y caracteres de mazorca.

Márquez (1979) estimó la heredabilidad en cinco variedades de maíz evaluadas, en siembra pura y en su mezcla balanceada; las estimas de heredabilidad fueron mayores en la mezcla de las variedades, probablemente se debe a la interacción genotipo-intra-ambiente en dicha siembra. Por otra parte, señala un aumento de la componente de varianza entre variedades en la siembra pura conforme aumentó la densidad; quizás esta situación se debe a las diferencias que se manifestaron entre las variedades, por efecto de la competencia intravarietal, lo que causó que algunas casi no produjeran, esto acentuó sus diferencias, y consecuentemente, aumentó la varianza entre variedades.

Vargas (1979) estudió los efectos de la selección masal

en los parámetros genéticos de la variedad de maíz Zac-58; observó los cambios producidos después de diez ciclos de selección masal visual estratificada hacia rendimiento, iniciada como "rotativa" y continuada "in situ". Sus resultados demostraron que hubo incrementos en el rendimiento; las varianzas genéticas mostraron cambios, ya que hubo una disminución de la varianza aditiva y un incremento en la de dominancia; esto se observó en el carácter rendimiento y sus componentes. En los caracteres: rendimiento, longitud y diámetro de mazorca, la interacción aditivo x ambiente fue superior a la dominante x ambiente, probablemente se debió a un desequilibrio de ligamiento en Zac-58 SM<sub>10</sub>:

Arizpe (1985) condujo un experimento para evaluar cuatro genotipos de maíz en nueve ambientes agronómicos, los cuales fueron formados a partir de tres densidades de población y tres niveles de nitrógeno. Comparó la estabilidad de los genotipos, estimó las correlaciones fenotípicas y heredabilidad de los caracteres asociados con la producción de grano. Observó que la heredabilidad de algunas características se modificaron significativamente, dependiendo de la densidad a la que estaban sometidos los genotipos; reporta algunos valores de heredabilidad para caracteres de planta y mazorca siguientes: altura de planta (60.76%), altura de mazorca principal (68.67%), número total de hojas (15.96%), ancho de la hoja de la mazorca (3.01%) número de mazorcas por planta (48.12%), diámetro de tallo (20.95%), días a floración masculina (60.78%), longitud de mazorca (3.96%), diámetro de mazorca (56.25%), número de mazorcas

(72.08%), número de granos por hilera (5.71%), peso de mazorcas por planta (29.59%), peso de grano por planta (23.80%), rendimiento de mazorcas (20.52%), rendimiento de grano (17.82%).

Reyes (1985) señala que son contradictorios los valores de las estimas de heredabilidad obtenidas por diferentes autores y para varios caracteres, debido a ciertas causas entre las que se pueden citar: a) Problemas para eliminar la competencia genotipo-ambiente (años o localidades); b) Problemas para el muestreo del número de plantas con las cuales se puede estimar mejor la media y la varianza ( $\mu$  y  $\sigma^2$ ); c) Especies de plantas con las cuales se han hecho las investigaciones y d) Los métodos estadísticos que se han seguido para la obtención de la heredabilidad (y las suposiciones en los modelos utilizados). Finalmente, este autor presenta una comparación de diferentes métodos para estimar los valores de heredabilidad (Cuadro 1).

#### 2.4.2. Estimación de Heredabilidad a partir del Análisis Dialélico.

Escobar et al. (1972) probaron ocho variedades de trigo y sus 28 cruzas utilizando una extensión del análisis dialélico establecido por Griffing (1956), en este caso cada progenitor estuvo incluido (n-1) veces por repetición; esta modificación permitió una mayor ganancia en precisión, por la inclusión repetida de los progenitores. Los análisis de heredabilidad en sentido amplio y estricto fueron más altos para longitud de espiga ( $h^2 = 0.5966$ ,  $H^2 = 0.6567$ ) y número de espigui

guillas ( $h^2 = 0,4283$ ,  $H^2 = 0.5183$ ). Estos resultados indican que es posible una mayor eficiencia en la selección en generaciones tempranas, en tanto que, los caracteres de baja heredabilidad deben seleccionarse en generaciones avanzadas.

CUADRO 1. Valores de heredabilidad para diferentes caracteres cuantitativos del maíz, estimados por diferentes métodos.

Carácter	Método de Estimación			$\bar{X}$
	1 Componentes de varianza	2 Regresión hembra-progenie	2 Regresión macho-progenie	
Altura de planta	70.1	42.6	59.7	57.5
Altura de mazorca	55.4	41.0	46.8	47.7
Extensión de cubierta	49.5	71.8	61.7	61.0
Número de mazorcas	23.6	15.9	24.3	21.3
Longitud de mazorca	17.3	16.2	13.4	15.6
Diámetro de mazorca	14.1	22.6	14.1	16.93
Rendimiento	20.1	9.5	15.5	15.03

FUENTE: Fitogenotecnia Básica y Aplicada. Reyes, 1985.

Lalama et al. (1972) obtuvieron estimas de heredabilidad en cinco características de calidad de trigo; utilizaron ocho variedades y sus 25 cruzas  $F_1$ . Las estimas de heredabilidad más altas correspondieron al valor Pelshenke y perlado (86 y 75% respectivamente).

Arévalo et al. (1974) aplicaron el método 2 de Griffing, modificado por Molina (1968); estimaron el tipo de acción gé-

nica en once caracteres de cebada maltera, detectaron una mayor varianza aditiva en todas las características (excepto: rendimiento, área foliar de la hoja bandera y espigas por planta; en éstos caracteres hubo mayores grados de sobredominancia). Los valores más altos de heredabilidad en sentido estricto correspondieron a las variables: días a floración (0.79), número de granos por espiga (0.63), longitud de espiga (0.56) y número de espiguillas por espiga (0.46); el rendimiento de grano mostró el valor inferior (0.10), estos resultados coinciden con los obtenidos por Escobar et al. (1972).

Oyervides (1979) utilizó el método 2 de Griffing y obtuvo estimaciones de heredabilidad (en sentido amplio y estricto) para 10 caracteres de planta y mazorca. Algunos de los valores de heredabilidad en sentido estricto, fueron: rendimiento, 6.63%; floración, 66.58%; altura de planta, 46.02%; altura de mazorca, 59.45; hojas sobre la mazorca principal, 27.63%; ramificaciones de la espiga, 20.22%; longitud de la mazorca 15.04%; diámetro de mazorca, 32.73%; número de hileras, 49.14% número de granos por hilera, 0.30%.

Arredondo (1982) evaluó ocho variedades de trigo de diferentes grados de resistencia a sequía; también incluyó todos los cruzamientos posibles entre las variedades; utilizó el diseño de cruza dialélicas, método 2 de Griffing. Sometió las variedades y cruzamientos a diferentes tratamientos de riego y sequía. Obtuvo estimas altas de heredabilidad en sentido amplio para días a madurez fisiológica (69.5%) y peso de 1000 semi-



llas (69%); los valores más altos en sentido estricto correspondieron a días a madurez fisiológica (56.7%) y altura final de planta (52.0%). Cuatro caracteres presentaron valores mayores de heredabilidad en sequía respecto a riego.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Desarrollo del Experimento

Los datos de campo analizados en el presente experimento fueron proporcionados por el M.C. César H. Rivera Figueroa, investigador del Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo para las Zonas Bajas de Nuevo León (PMMFyS), a quien se agradece por facilitarlos para su análisis.

Este estudio comprende dos ciclos agrícolas, en la primera etapa se formaron los híbridos de curza simple y se cruzaron los progenitores consigo mismos por cruzas fraternales (Marín, Primavera-81); la segunda etapa consistió en la evaluación de los híbridos y progenitores, en la cual se comparó su rendimiento y otros caracteres para probar la aptitud combinatoria de las líneas (Marín, Otoño-81).

##### 3.1.1. Localización del experimento

Ambos ciclos se desarrollaron en terrenos del Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía, UANL, localizado en el Km 17.5 de la Carretera Zuazua-Marín, N.L., con coordenadas geográficas de 25°53' latitud norte y 100°03' longitud oeste, la elevación sobre el nivel del mar es de 367.3 m.

La temperatura media anual es de 22°C. Los subtipos climáticos dominantes son BS<sub>0</sub> y BS<sub>1</sub> que corresponden a los climas secos o esteparios y el suelo es Hc y Rc calcáricos.

### 3.1.2. Material Genético

Para la formación de híbridos de cruza simple y cruzamientos fraternales (Marín, Primavera-81) se utilizaron nueve líneas  $S_4$  (L-150, L-54, L-87, L-79, L-128, L-52, L-84 y L-17), derivadas de la variedad "Ranchero"; fueron proporcionadas por el Programa de Maíz del PMMFyS.

En el ciclo tardío (Marín, Otoño-81), se estableció el lote de progenitores, cruzas y testigos para la evaluación de la Aptitud Combinatoria General (ACG) y Aptitud Combinatoria Específica (ACE); como testigos se utilizaron cuatro genotipos comerciales sobresalientes en la zona. En el Cuadro 2 se enlistan los tratamientos generados y los testigos.

### 3.1.3. Prácticas Agrícolas

En ambos ciclos se efectuaron los trabajos agrícolas comunes en la región; la roturación se realizó a una profundidad de 25-30 cm inmediatamente después de la cosecha del ciclo anterior; una semana después se efectuó el rastreo. El surcado se llevó a cabo próximo a la siembra.

Para el ciclo temprano (Marín, Primavera-81), la siembra se hizo en seco el día 17 de febrero; se dió un riego al día siguiente para favorecer la emergencia. La siembra se hizo depositando dos semillas por punto en el fondo del surco; al llevarse a cabo el aclareo se dejó una planta cada 25 cm hasta lograr una densidad de población de 50,000 plantas por hectárea. La cosecha se realizó el día 20 de junio colocando las mazor-

cas de cada cruza en bolsas de papel en forma independiente.

CUADRO 2. Relación de cruzas, progenitores y testigos evaluados en Marín, N.L. (Otoño, 1981).

Tratamiento	Descripción	Tratamiento	Descripción
01	L-126 x L-150	26	L-87 x L-17
02	L-126 x L-54	27	L-79 x L-128
03	L-126 x L-87	28	L-79 x L-52
04	L-126 x L-79	29	L-79 x L-84
05	L-126 x L-128	30	L-79 x L-17
06	L-126 x L-52	31	L-128 x L-52
07	L-126 x L-84	32	L-128 x L-84
08	L-126 x L-17	33	L-128 x L-17
09	L-150 x L-54	34	L-52 x L-84
10	L-150 x L-87	35	L-52 x L-17
11	L-150 x L-79	36	L-52 x L-17
12	L-150 x L-128	37	L-126 x L-126
13	L-150 x L-52	38	L-150 x L-150
14	L-150 x L-84	39	L-54 x L-54
15	L-150 x L-17	40	L-87 x L-87
16	L-54 x L-87	41	L-79 x L-79
17	L-54 x L-79	42	L-128 x L-128
18	L-54 x L-128	43	L-52 x L-52
19	L-54 x L-52	44	L-84 x L-84
20	L-54 x L-84	45	L-17 x L-17
21	L-54 x L-17	46	V-401
22	L-87 x L-79	47	V-402
23	L-87 x L-128	48	H-417
24	L-87 x L-52	49	A-305-W
25	L-87 x L-84		

En el ciclo tardío (Marín, Otoño-81); la siembra se hizo en húmedo el día 18 de agosto. Los tratamientos se establecieron en un diseño látice 7x7; se incluyeron como testigos cuatro genotipos comerciales sobresalientes, las nueve líneas y las 36 cruizas posibles entre ellas, esto dió un total de 49 tratamientos.

La parcela experimental la formaron 72 plantas sembradas en tres surcos de 6 m de longitud, separados 80 cm; la distancia entre plantas fue de 25 cm; la parcela útil la constituyó el surco central (3 m longitud); la muestra para la toma de datos, fue de 10 plantas con competencia completa.

La cosecha se inició a mediados de diciembre y se concluyó el 8 de enero (1981). La producción de la parcela útil se cosechó separadamente y las mazorcas se guardaron en bolsas de papel, para secarlas y llevarlas a peso constante. Posteriormente, se tomaron los datos de postcosecha.

### 3.2. Análisis de Tratamientos

#### 3.2.1. Modelo Estadístico

En la fase de evaluación, se usó un diseño de látice 7x7 con cuatro repeticiones; sin embargo, se procesó estadísticamente como un diseño bloques al azar. El modelo que describe adecuadamente a éste diseño es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Es la variable bajo estudio

$\mu$  = Efecto de la media general

$\tau_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque

$\epsilon_{ij}$  = Error aleatorio asociado a la unidad experimental que recibió el  $i$ -ésimo tratamiento con la  $j$ -ésima repetición.

Cada repetición estuvo formada por 49 tratamientos, que fueron los siguientes:

$p$  = Progenitores (9);  $\frac{p(p-1)}{2}$  = cruzas posibles (36)

$T$  = Testigos (4)

Total de tratamientos:  $p + \frac{p(p-1)}{2} + T = 9 + 36 + 4 = 49$

### 3.2.2. Análisis de Varianza de Tratamientos

Se hizo el análisis de varianza para 49 tratamientos en todos los caracteres bajo un diseño de Bloques al Azar para obtener la información necesaria en la estimación de algunos parámetros. El Cuadro 3 presenta las fórmulas para el análisis de varianza de este diseño.

### 3.2.3. Comparación de Medias de Tratamientos

Utilizando la prueba Tukey, se compararon los valores medios de los tratamientos. Para obtener la significancia de la diferencia entre medias, se calculó la diferencia mínima significativa honesta (DMSH) con la siguiente fórmula:

$$DMSH = q\alpha(n, g, l, \text{error}) S \bar{x}$$

CUADRO 3. Análisis de Varianza para el Diseño Bloques al Azar, empleado en este experimento.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Esperanza de C.M.	F. cal.	F. Teo.
Media	1	$y_{..}^2/rt$				
Bloques	(r-1)	$\frac{y_{.j}^2}{t} - \frac{y_{..}^2}{rt}$	$B_{yy}/(r-1)$	$\sigma^2 r$	$\frac{CMB}{CME}$	$F_{(r-1)(t-1); \alpha}^{(r-1)}$
Tratamientos	(t-1)	$\frac{y_{i.}^2}{r} - \frac{y_{..}^2}{rt}$	$T_{yy}/(t-1)$	$\sigma^2 t$	$\frac{CMT}{CME}$	$F_{(r-1)(t-1); \alpha}^{(t-1)}$
Error	(r-1)(t-1)	Por Diferencia	$\frac{E_{yy}}{(r-1)(t-1)}$	$\sigma^2 e$		
Total	rt	$y_{ij}^2$				

Donde:

DMSH = Es la diferencia mínima significativa honesta según Tukey.

n = Número de medias

### 3.2.4. Comparación de la Heterosis

Se hizo el cálculo de los porcentajes de heterosis para cada una de las 36 cruzas obtenidas a partir de las nueve líneas y para las 21 variables cuantificadas en el estudio. La heterosis se midió de tres maneras:

a). En relación al progenitor medio

$$h(\%) = \frac{F_1 - PM}{PM} \times 100$$

b). En relación al progenitor superior

$$h'(\%) = \frac{F_1 - PS}{PS} \times 100$$

c). En relación al testigo superior

$$h^*(\%) = \frac{F_1 - TS}{TS} \times 100$$

Donde:

h(%) = Heterosis por ciento

$F_1$  = media de la craza  $p_i \times p_j$

PM = promedio de los progenitores que intervinieron en la craza.  $PM = \frac{p_i + p_j}{2}$

PS = valor medio del progenitor superior

TS = valor medio del testigo sobresaliente



### 3.3. Análisis dialélico

#### 3.3.1. Modelo estadístico

El análisis de las cruzas se llevó a cabo siguiendo el método 2 de Griffing (1956), este método es apropiado cuando no se consideran efectos maternos, quedando cada repetición con un grupo de  $p(p-1)/2$  cruzas  $F_1$  entre los  $p$  progenitores, así como los mismos progenitores. El modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + C_{ij} + r_k + e_{ijk}$$

o bien:

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

Donde:

$Y_{ijk}$  = Valor fenotípico de la craza con progenitores  $i$  y  $j$  en el bloque  $k$ .

$\mu$  = Efecto común a todas las observaciones

$C_{ij}$  = Efecto de la craza del  $i$ -ésimo progenitor con el  $j$ -ésimo progenitor

$g_i(g_j)$  = Efecto de la Aptitud Combinatoria General del  $i(j)$ -ésimo progenitor.

$s_{ij}$  = Efecto de la Aptitud Combinatoria Específica de la Cruza  $(i,j)$

$r_k$  = Efecto de la  $k$ -ésima repetición

$e_{ijk}$  = Efecto ambiental aleatorio correspondiente a la observación  $(i,j,k)$

"Las cantidades  $g_i$ ,  $s_{ij}$  y  $e_{ijk}$  se consideran como variables aleatorias entre y dentro de ellas, todas con media cero y varianzas  $\sigma_g^2$ ,  $\sigma_s^2$  y  $\sigma_e^2$  respectivamente".

### 3.3.2. Análisis de Varianza

El análisis de varianza se hizo siguiendo el método 2 de Griffing en cruzas dialélicas, el cual no considera efectos maternos y es indiferente usar un progenitor como donador o receptor de pólen. Se derivó de la suma de cuadrados de cru- zas, las fracciones correspondientes a Aptitud Combinatoria General (ACG) y Aptitud Combinatoria Específica (ACE). En el Cuadro 4 se presenta el análisis de varianza y sus componen- tes cuando se incluyen p-1 veces cada progenitor.

### 3.3.3. Estimación de efectos de ACG y ACE

$$\hat{\mu} = \frac{2Y_{...}}{p(p+1)r} ; C_{ij}^* = \frac{Y_{ij.}}{r} - \frac{2Y_{...}}{p(p+1)r}$$

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

$$\hat{g}_j = \frac{Y_{.j.} + 2Y_{jj.}}{(p+2)r} - \frac{2Y_{...}}{p(p+2)r}$$

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

$$\hat{e}_{ijk} = Y_{ijk} - \mu - \hat{C}_{ij} - \hat{r}_k$$

\*  $\hat{C}_{ij} = \hat{g}_i + \hat{g}_j + \hat{s}_{ij}$  = es el efecto de la crusa del i-ésimo progenitor con el j-ésimo progenitor

$$\hat{g}_i = \frac{G_i}{r(p+2)} - \frac{2Y_{...}}{rp(p+2)} \quad i, j = 1, 2, \dots, p; \quad \sum_{i=1}^p \hat{g}_i = 0$$

$$\hat{s}_{ij} = \frac{Y_{ij.}}{r} - \frac{2Y_{...}}{rp(p+1)} - (\hat{g}_i + \hat{g}_j); \quad \sum_{i \neq j} (\hat{s}_{ij} + \hat{s}_{ji}) = 0$$

CUADRO 4. Análisis de varianza y componentes de varianza bajo el método 2 de Griffing incluyendo p-1 veces cada progenitor.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Esperanza de Cuadrados Medios
Repeticiones	r-1	$\sum_k \frac{2Y^2 \dots k}{P(p+1)} - \frac{2Y^2 \dots}{Pr(p+1)}$	CMR	
Cruzas	$\frac{P(p+1)}{2} - 1$	$\sum_{i=j} \frac{Y_{ij}^2}{r} - \frac{2Y^2 \dots}{Pr(p+1)}$	CMC	
ACG	p-1	$\sum_i \frac{G_i^2}{(p+2)r} - \frac{4Y^2 \dots}{Pr(p+2)}$	CM(ACG)	$\sigma_e^2 + \sigma_s^2 + r(p+2)\sigma_g^2$
ACE	$\frac{p(p-1)}{2}$	S.C. Cruzas - S.C. ACG	CM(ACE)	$\sigma_e^2 + r\sigma_s^2$
Error	$\left[ \frac{P(p+1)}{2} - 1 \right] (r-1)$	S.C. Total - S.C. Rep. - S.C. Cruzas	CME	$\sigma_e^2$
Total	$\frac{rp(p+1)}{2} - 1$	$\sum_{i,j,k} Y_{ijk} - \frac{2Y^2 \dots}{Pr(p+1)}$	-----	

### 3.3.4. Análisis de Medias de Cruzamientos

El promedio de una crusa puede representarse de la manera siguiente:

$$\bar{Y}_{ij} = \hat{g}_i + \hat{g}_j + \hat{s}_{ij}$$

Donde:

$\bar{Y}_{ij}$  = Es la media de la crusa entre los progenitores i,j

$\hat{g}_i$  ( $\hat{g}_j$ ) = Es la Aptitud Combinatoria General del progenitor i(j).

$\hat{s}_{ij}$  = Es la Aptitud Combinatoria Específica o interacción de los progenitores i y j.

Al analizar la varianza entre cruzas, puede descomponerse en: Varianza atribuible a la Aptitud Combinatoria General y varianza atribuible a la Aptitud Combinatoria Específica.

### 3.4. Descripción de los Caracteres bajo Estudio

RE = Ramificaciones de la espiga. Se contaron las ramas primarias derivadas del eje de la espiga.

AP = Altura de planta (m). Se midió desde el nivel del suelo hasta la parte terminal de la vaina de la hoja superior.

AMP = Altura de la mazorca principal (m). Se tomó desde el nivel del suelo al nudo donde se inserta la mazorca principal.

- DT = Diámetro del tallo (cm). Tomado a 2 cm arriba de las raíces mediante el uso de un vernier.
- LM = Longitud de mazorca (cm). Medida de la base al extremo de la mazorca.
- DMC = Diámetro de mazorca en el centro (cm). El dato se tomó en el segundo tercio de la mazorca a través de un vernier.
- VG = Volúmen de grano (cm<sup>3</sup>). Se utilizaron 50 granos y se de terminó el volúmen por medio de una probeta graduada.
- PO = Peso de olote (gr). Se obtuvo el peso mediante una balanza granataria.
- PGS = Peso de grano seco (gr). En el peso promedio del grano seco por mazorca ajustado al 14% de humedad.
- PMS = Peso de mazorca seca (gr). Es el peso de la mazorca corregido al 14% de humedad.
- RGS = Rendimiento de grano seco (kg/ha). Es el rendimiento de grano corregido al 14% de humedad.
- EE = Excursión de la espiga (cm). Longitud comprendida de la parte terminal de la vaina de la hoja superior a la base de la espiga.
- NTH = Número total de hojas. Cantidad de hojas formadas incluyendo las secas.

HBMP = Hojas abajo de la mazorca principal. Número de hojas inferiores al nudo donde se inserta la mazorca principal.

HAMP = Hojas arriba de la mazorca principal. Número de hojas superiores al nudo donde se inserta la mazorca principal.

NMP = Número de mazorcas por planta. Total de mazorcas con grano.

NH = Número de hileras. Promedio de hileras en una mazorca uniforme.

DO = Diámetro de olote (cm). Se utilizó un vernier y el dato se tomó en el centro.

IPM = Índice de posición de la mazorca. Es la relación altura de la mazorca principal/altura de planta.

DMC/L = Relación diámetro de mazorca en el centro/longitud

IG = Índice de grano. Obtenido por la relación del peso de grano seco /peso de mazorca seca.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Análisis de Varianza

#### 4.1.1. Cuadrados medios y significancia estadística

Como se puede observar en el Cuadro 5, 20 de los 21 caracteres estudiados fueron significativos para el factor cruza; todos exhibieron diferencias significativas entre repeticiones.

Los coeficientes de variación fluctuaron entre 5 y 35%; sin embargo, resulta notable que el rendimiento de grano, y la mayoría de sus componentes, presentaron valores similares (30%). Los caracteres excursión de la espiga (EE) e índice de grano (IG) fueron respectivamente los de mayor y menor variación (35 y 5%), puede decirse que para la mayoría de los caracteres, los coeficientes de variación caen dentro de los valores aceptables para experimentos agronómicos (20%).

#### 4.1.2. Comparación de medias

El Cuadro 6 presenta la comparación de medias del rendimiento de grano seco, entre los 49 tratamientos; también se indica la significancia estadística en base a la Prueba de Tukey, a partir de ella se formaron cuatro grupos de significancia estadística. El primer grupo lo encabezan el híbrido H-417 y una serie de 30 cruzamientos con los más altos rendimientos, los valores extremos de este primer grupo corresponden al híbrido H-417 y a la crusa 87x17 (5460 y 3478 kg/ha respectivamente).

CUADRO 5. Cuadrados medios y significancia de 21 caracteres de planta y mazorca. Marín, N. L. (Otoño 1981).

Variable	Repeticiones		Cruzas		Medias	C.V. (%)
RE	10.9	**	14.9	**	17.0	14
EE	14.7	**	4.3	**	4.2	35
NTH	6.9	**	0.8	**	13.0	6
HBMP	10.6	**	0.6	**	7.0	10
HAMP	0.4	**	0.1	*	5.0	7
NMP	0.1	**	0.04	NS	1.2	16
AP	1.4	**	0.08	**	1.6	15
AMP	1.0	**	0.04	**	0.84	21
DT	2.5	**	0.05	**	1.9	14
IPM	0.06	**	0.003	**	0.53	9
IM	30.7	**	3.6	**	14.0	11
DMC	0.9	**	0.1	**	3.7	7
NH	0.9	*	2.1	**	12.0	7
DO	0.05	*	0.1	**	2.0	11
VG	25.7	**	2.9	**	9.7	14
PO	253.6	**	34.8	**	15.0	30
PGS	9985.8	**	724.5	**	80.0	30
PMS	13241.3	**	949.2	**	95.0	29
RGS	19300000.0	**	1400000.0	**	3550.0	30
DMC/L	0.003	**	0.001	**	0.27	10
IG	0.005	**	0.004	**	0.84	5

\*\* Altamente significativo (1%)

\* Significativo (5%)

NS No es significativo



CUADRO 6. Comparación de medias (Prueba de Tukey) entre tratamientos para rendimiento de grano seco en kg/ha. Marín, N.L. (Otoño, 1981).

Tratamiento	Media	$\alpha$ .05
H-417	5460	
126x17	4564	
54x79	4412	
87x52	4249	
126x54	4163	
79x128	4159	
150x54	4102	
126x84	4063	
126x79	3931	
126x150	3898	
52x84	3886	
87x79	3819	
126x87	3800	
150x87	3798	
54x128	3774	
54x87	3771	
54x17	3756	
150x84	3742	
79x52	3700	
87x87	3632	
79x17	3623	
150x79	3615	
150x52	3611	
54x52	3600	
150x17	3591	
128x17	3588	
84x17	3582	
126x52	3574	
150x128	3573	
87x84	3516	
87x17	3478	
128x128	3378	
128x84	3362	
128x52	3360	
79x84	3342	
87x128	3319	
17x17	3315	
52x17	3209	
84x84	3194	
52x52	3178	
54x84	3137	
V <sub>4</sub> 402	3116	
A-305-W	3073	
126x128	2999	
150x150	2773	
54x54	2507	
79x79	2483	
126x126	2387	
V <sub>4</sub> 401	1793	

Valor DMSH (.05) = 2031

En el último grupo aparecen 35 cruzas y tres de los cuatro testigos, los valores extremos de este grupo correspondieron a la cruza 87x79 (3819 kg/ha) y a la variedad V-401 (1793 kg/ha). Exceptuando el híbrido H-417; el resto de los testigos comerciales, ocuparon los últimos lugares, con rendimientos similares o inferiores a los observados para las líneas progenitoras.

#### 4.1.3. Comparación de heterosis

Como se observa en el Cuadro 7, todos los caracteres de planta y mazorca exhibieron diversos valores de heterosis; en relación al progenitor medio ( $h$ ), los valores tuvieron un rango de variación entre 3 y 41%, correspondiendo los valores extremos a índice de grano (IG) y excursión de la espiga (EE). Los valores de la heterosis respecto al progenitor superior ( $h'$ ), oscilaron entre 2 y 25%; nuevamente los caracteres índice de grano (IG) y excursión de la espiga (EE) presentaron los valores extremos. Cuando la heterosis se midió en relación al testigo superior ( $h^*$ ), los porcentajes oscilaron entre 1 y 59% entre los caracteres que exhibieron heterosis.

En general, para los caracteres de planta y mazorca, el número de cruzas que exhibieron heterosis con respecto al progenitor medio ( $h$ ) y al progenitor superior ( $h'$ ), fue mayor a 20; sin embargo, al comparar la heterosis con respecto al testigo superior, en la mayoría de los caracteres de planta se observó heterosis en casi todas las cruzas, en tanto que, para los caracteres de mazorca no hubo heterosis (excepto longitud

CUADRO 7. Comparación de los valores de heterosis (%) medido a partir - del promedio de los progenitores (h), con respecto al progeni- tor superior (h') y al mejor testigo (h\*). Marín, N.L. (Otoño 1981).

Variable	H e t e r o s i s					
	h (%)	No. cruzas	h' (%)	No. cruzas	h* (%)	No. cruzas
<u>Planta</u>						
RE	11	26	8	20	8	13
EE	41	29	25	17	59	35
NTH	4	28	3	18	1	15
HBMP	7	32	5	23	8	31
HAMP	4	20	3	11	-	-
NMP	9	17	9	9	4	1
AP	18	35	14	35	13	35
AMP	23	35	19	34	25	36
DT	10	36	8	30	3	3
IPM	6	30	6	23	11	36
<u>Mazorca</u>						
LM	11	31	10	21	4	2
DMC	5	29	3	20	-	-
NH	4	21	5	10	-	-
DO	6	21	4	9	-	-
VG	11	24	9	20	-	-
PO	19	28	17	20	-	-
PGS	29	33	21	28	-	-
PMS	27	32	20	28	-	-
RGS	29	33	22	28	-	-
DMC/L	4	8	4	2	-	-
TG	3	28	2	13	3	30

(\*) La heterosis estimada para cada variable se obtuvo utilizando el tes- tigo que exhibió la media más alta.

de mazorca e índice de grano que presentaron un bajo valor de heterosis).

En los Cuadros A1 al A21 (Apéndice) se presentan, las medias de cruzas, se expresan los valores de las  $F_1$ 'S como porcentaje respecto al progenitor medio (PM), progenitor superior (PS) y testigo superior (TS). En la mayoría de las cruzas, las medias de los cruzamientos fueron superiores al promedio de progenitores y, en relación al testigo superior, las cruzas fueron inferiores en la mayoría de los caracteres.

4.1.3.1. Caracteres de mazorca. En el Cuadro A1 del Apéndice, se presenta la variable rendimiento de grano seco (kg/ha); en 33 cruzas (92%) se observaron efectos de heterosis respecto al progenitor medio (PM); los valores fluctuaron entre 104 y 177% (los valores extremos correspondieron a las cruzas 126x128 y 54x79 respectivamente), es decir, con una heterosis (h) entre 4 y 77%; por otro lado, en 28 de las cruzas (78%) el rendimiento fue superior al progenitor más rendidor (PS), y sus valores fluctuaron entre 104 y 176% (cruzas 54x87 y 54x79 respectivamente), en otras palabras, con valores de heterosis (h') entre 4 y 76%. En la Figura 1 se presenta un resúmen gráfico, con los valores de heterosis (h) de cinco cruzamientos sobresalientes por su rendimiento de grano seco. Las cruzas 54x79 y 126x17 presentaron igual valor heterótico.

Al comparar las medias del rendimiento de grano seco de todas las cruzas, con los testigos y el promedio de éstos ( $\bar{T}$ )

exceptuando el híbrido H-417 (T<sub>1</sub>), en el resto de los testigos se observó heterosis en prácticamente todas las cruzas (97%). El genotipo V-401 (T<sub>4</sub>) fue el de más bajo rendimiento; en esta comparación se encontraron algunas cruzas que lo superaron hasta en un 154% como es el caso de la cruz 126x17 (cuadro 8). Longitud de mazorca. De los 35 cruzamientos que se manifestaron heterosis respecto a la media de los progenitores (PM), la cruz 150x54 ocupó el primer lugar con un 97% de exceso; en base al progenitor medio y el testigo H-417. El número de cruzas con heterosis fue de 21 y 2 respectivamente para cruas 126x54 y 126x150 contribuyeron con el máximo de heterosis siendo sus valores de 34 (154%) y 30 (136%) respectivamente. Diámetro de mazorca en el centro. Al comparar las cruas con el progenitor medio (PM), 29 (80%) presentaron heterosis, la más sobresaliente fue la cruz 54x17 con un 154% de exceso; en la cruz 54x87, esta mazorca sobresaliente respecto al progenitor medio y el progenitor superior (PS), en este caso con un 154% de exceso. Heterosis (h'); 20 cruzamientos (57%) se comportaron mejor que el progenitor sobresaliente respecto al testigo H-417 y 10 (29%) lo superó; sin embargo, 15 (43%) se comportaron peor que el progenitor sobresaliente (Cuadro A3).

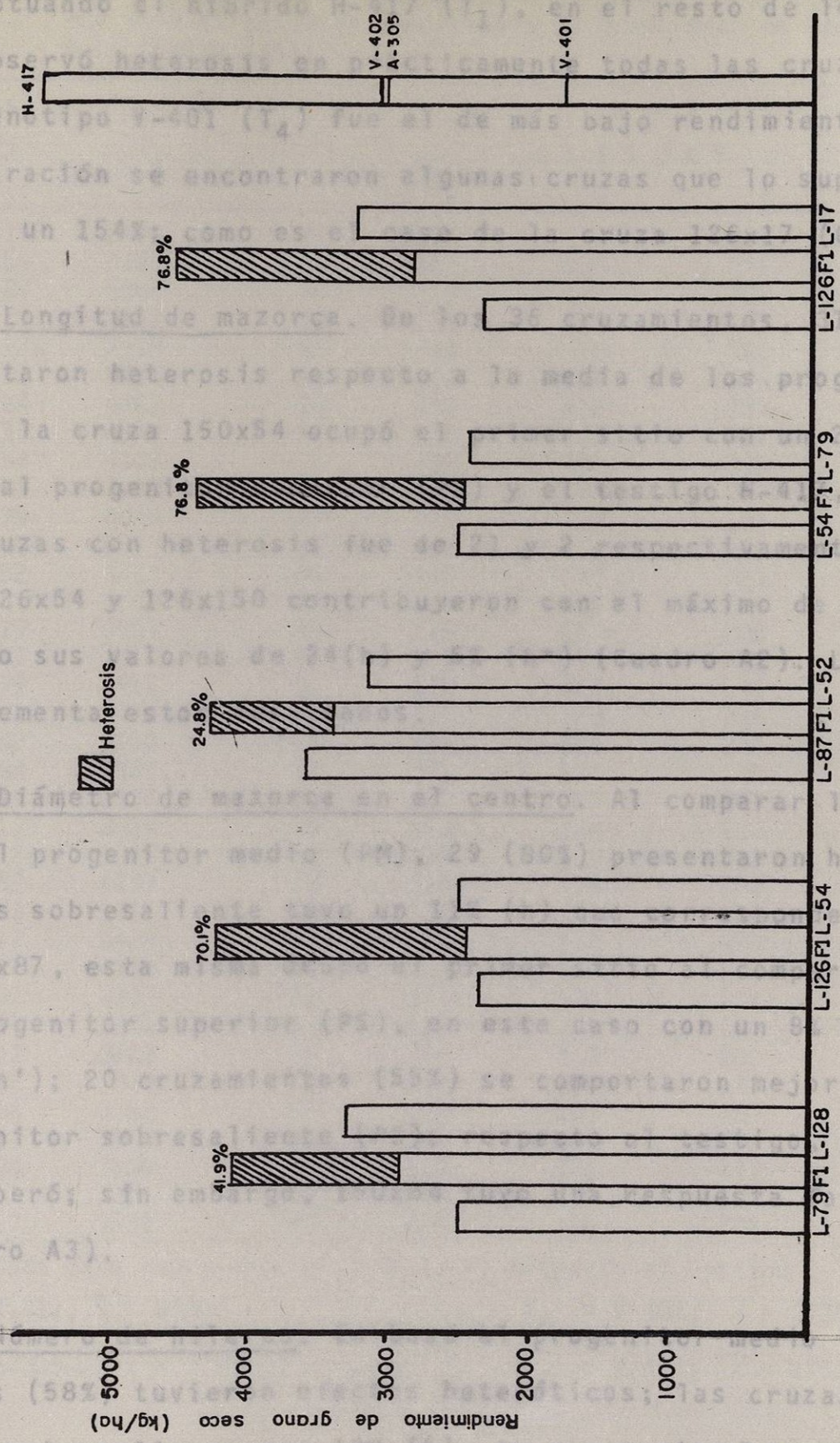


Figura 1. Valor heterótico (h) del rendimiento de grano seco de cinco cruzamientos -- sobresalientes en relación al progenitor medio y a los testigos. Marín, N.L. (Otoño-1981).

exceptuando el híbrido H-417 ( $T_1$ ), en el resto de los testigos se observó heterosis en prácticamente todas las cruzas (97%). El genotipo V-401 ( $T_4$ ) fue el de más bajo rendimiento; en esta comparación se encontraron algunas cruzas que lo superaron hasta en un 154%; como es el caso de la cruz 126x17 (Cuadro 8).

Longitud de mazorca. De los 36 cruzamientos, 31 (86%) manifestaron heterosis respecto a la media de los progenitores (PM), la cruz 150x54 ocupó el primer sitio con un 29% (h); en base al progenitor superior (PS) y el testigo H-417, el número de cruzas con heterosis fue de 21 y 2 respectivamente, las cruzas 126x54 y 126x150 contribuyeron con el máximo de heterosis siendo sus valores de 24(h) y 5% (h\*) (Cuadro A2). La Figura 2 complementa estos resultados.

Diámetro de mazorca en el centro. Al comparar las cruzas con el progenitor medio (PM), 29 (80%) presentaron heterosis, la más sobresaliente tuvo un 11% (h) que corresponde a la cruz 54x87, esta misma ocupó el primer sitio al compararse con el progenitor superior (PS), en este caso con un 8% de heterosis (h'); 20 cruzamientos (55%) se comportaron mejor que el progenitor sobresaliente (PS); respecto al testigo, ninguna lo superó; sin embargo, 150x84 tuvo una respuesta favorable (Cuadro A3).

Número de hileras. En base al progenitor medio (PM), 21 cruzas (58%) tuvieron efectos heteróticos; las cruzas 54x17 y 52x17 sobresalieron con 10% (h), la respuesta al progenitor su

CUADRO 8. Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto a los testigos para el carácter rendimiento de grano seco en kg/ha. Marín, N.L. (Otoño 1981).

Cruzas Pi x Pj	F <sub>1</sub>	Rendimiento en % (F <sub>1</sub> *)					T
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	Testigos			
				T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>		
126 x 150	3898	71	125	127	217	140	
126 x 54	4163	76	134	135	232	149	
126 x 87	3800	70	122	124	212	136	
126 x 79	3931	72	126	128	219	141	
126 x 128	2999	55	95	98	168	108	
126 x 52	3574	65	115	116	199	128	
126 x 84	4063	74	130	132	227	146	
126 x 17	4564	84	146	148	254	164	
150 x 54	4102	75	132	133	229	147	
150 x 87	3798	70	122	124	212	136	
150 x 79	3615	66	116	118	202	130	
150 x 128	3573	65	115	116	199	128	
150 x 52	3611	66	116	117	201	130	
150 x 84	3742	68	120	122	209	134	
150 x 17	3501	66	115	117	200	129	
54 x 87	3771	69	121	123	210	135	
54 x 79	4412	81	142	144	246	158	
54 x 128	3774	69	121	123	210	135	
54 x 52	3600	66	115	117	201	129	
54 x 84	3137	57	101	102	175	113	
54 x 17	3756	69	120	122	209	135	
87 x 179	3819	70	123	124	213	137	
87 x 128	3319	61	106	108	185	119	
87 x 52	4249	78	136	138	237	153	
87 x 84	3516	64	113	113	196	126	
87 x 17	3478	64	112	113	194	125	
79 x 128	4159	76	133	135	232	149	
79 x 52	3700	68	119	120	206	133	
79 x 84	3342	61	107	109	186	120	
79 x 17	3623	66	116	118	202	130	
128 x 52	3360	61	108	109	187	121	
128 x 84	3362	62	108	109	187	121	
128 x 17	3588	66	115	117	200	129	
52 x 84	3886	71	125	126	217	140	
52 x 17	3209	59	103	104	179	115	
84 x 17	3582	66	115	116	200	129	

F<sub>1</sub>\* = Cada dato representa el % de la F<sub>1</sub> respecto al testigo

T<sub>1</sub> = H-417,  $\bar{x}$  = 5460

T<sub>2</sub> = V-402;  $\bar{x}$  = 3116

T<sub>3</sub> = A-305-W;  $\bar{x}$  = 3073

T<sub>4</sub> = V-401;  $\bar{x}$  = 1793

perior (PS), se observó en 10 cruzamientos (28%) en este caso destacó la cruz 52x84 con 13 (h') y de igual forma se aproximó más al testigo H-417 (Cuadro A6).

Diámetro de olate. La respuesta de las cruzas respecto al progenitor medio (PM), se presentó en 21 de 46 cruzas (46%), la cruz 126x150 tuvo el mayor efecto con 9% (h), el progenitor superior (PS), 9 cruzamientos (25%) manifestaron algún grado de heterosis, siendo la cruz 126x17 la de mayor efecto con 9% (h), ninguna cruz superó al testigo H-417, las que más se aproximaron al diámetro tuvieron el efecto de 1% (h), el progenitor superior (PS) de la cruz 126x150 (Cuadro A6).

Volúmen de grano. El número de cruzas que superaron al progenitor superior (PS) es de 24 (52%) y 20 (35%) respectivamente en el primer y segundo sitio, la cruz 150x79 destacó en ambos casos con 26% (h) y 21% (h), esta misma cruz se aproximó al testigo H-417 (Cuadro A7).

Peso de olate. El número de cruzas que superaron al progenitor superior (PS), el primer sitio correspondió a la cruz 126x150 con 55% (h), nuevamente en el primer sitio al compararse con el progenitor superior (PS) con 42% (h'), en este caso las cruzas 126x17 y 126x150 se aproximaron al testigo H-417, el testigo no fue superado por ninguna cruz y todos se encontraron lejos de igualarlo (Cuadro A7).

Peso de grano seco. La mayoría de los cruzamientos superaron al progenitor medio (PM), 33 cruzas (93%) mostraron efecto

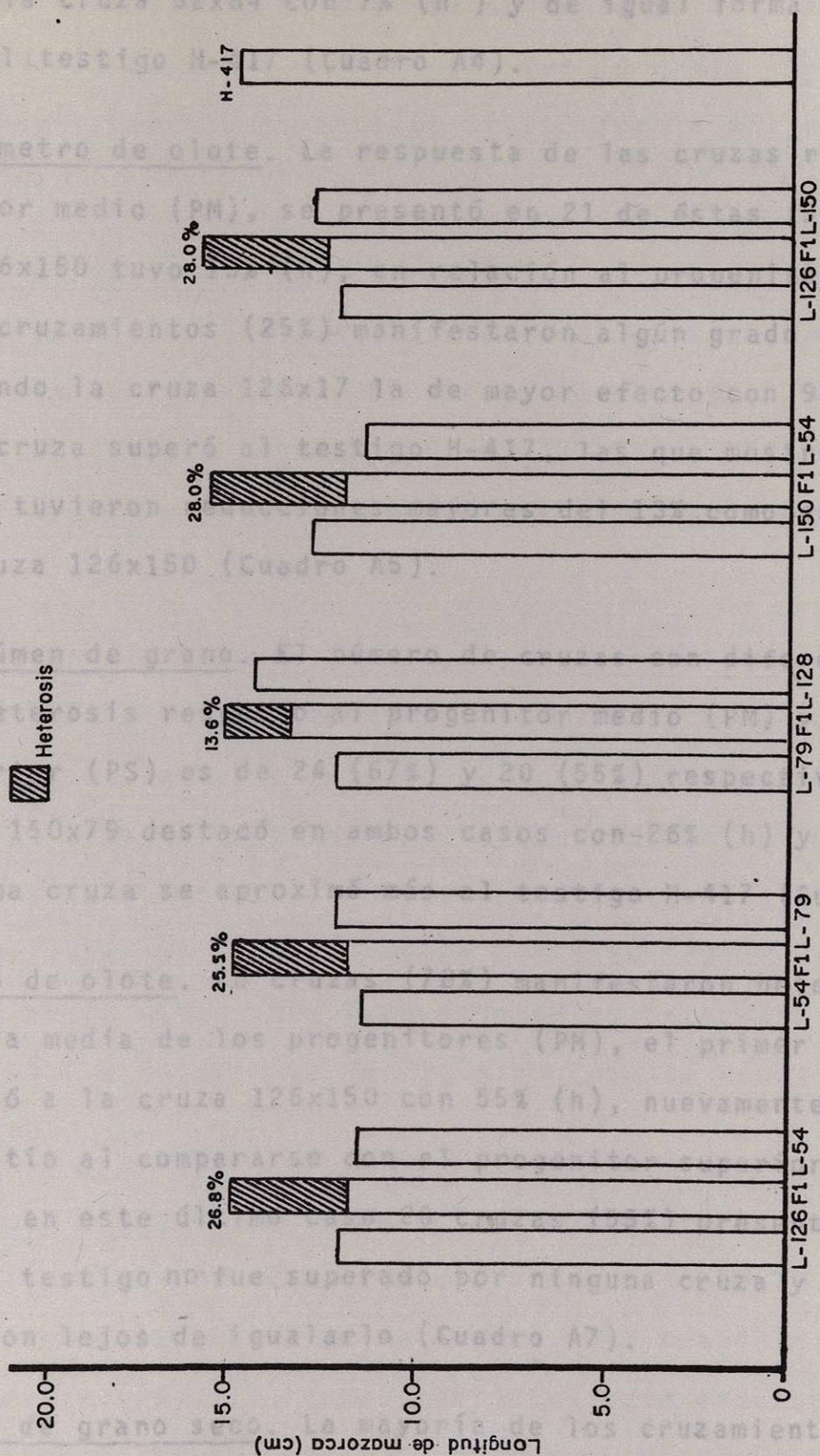


Figura 2. Valor heterótico (h) de la longitud de mazorca de cinco cruzamientos sobrepuestos en relación al progenitor medio y testigo superior. Marín, N. L. (Otoño-1981).



perior (PS), se observó en 10 cruzamientos (28%) en este caso destacó la cruza 52x84 con 7% (h') y de igual forma se aproximó más al testigo H-417 (Cuadro A4).

Diámetro de olote. La respuesta de las cruzas respecto al progenitor medio (PM), se presentó en 21 de éstas (58%), la cruza 126x150 tuvo 13% (h); en relación al progenitor superior (PS), 9 cruzamientos (25%) manifestaron algún grado de heterosis, siendo la cruza 126x17 la de mayor efecto con 9% (h'); ninguna cruza superó al testigo H-417, las que mostraron mayor diámetro tuvieron reducciones mayores del 13% como es el caso de la cruza 126x150 (Cuadro A5).

Volúmen de grano. El número de cruzas con diferentes grados de heterosis respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) es de 24 (67%) y 20 (55%) respectivamente; la cruza 150x79 destacó en ambos casos con 26% (h) y 21% (h'); esta misma cruza se aproximó más al testigo H-417 (Cuadro A6).

Peso de olote. 28 cruzas (78%) manifestaron heterosis respecto a la media de los progenitores (PM), el primer lugar correspondió a la cruza 126x150 con 55% (h), nuevamente ocupa el primer sitio al compararse con el progenitor superior (PS) con 42% (h'), en este último caso 20 cruzas (55%) presentaron heterosis; el testigo no fue superado por ninguna cruza y todas se encontraron lejos de igualarlo (Cuadro A7).

Peso de grano seco. La mayoría de los cruzamientos superaron al progenitor medio (PM), 33 cruzas (93%) mostraron efec-

tos heteróticos, la más sobresaliente presentó 77% de heterosis (h) y 76% respecto al progenitor superior (h') donde destacaron 28 cruzamientos (78%); esta fue la craza 54x79; aunque ninguna haya superado al testigo 126x17 fue la más destacada (Cuadro A8).

Peso de mazorca seca. La respuesta en relación a la media de los progenitores (PM) se observó en 32 cruzas (89%); en base al progenitor superior (PS) fueron 28 cruzas (78%); en ambos casos destacó la craza 54x79 con 70% (h) y 66% (h') de heterosis respectivamente el híbrido H-417 no fue superado (Cuadro A9).

Relación diámetro de mazorca en el centro/longitud. Prácticamente los valores de heterosis se observó en pocos cruzamientos y principalmente respecto al progenitor medio (PM) donde 8 cruzas (22%) sobresalieron, la que ocupó el primer sitio es la craza 128x52 con 11% de heterosis (h); en relación al progenitor superior (PS) solamente 2 cruzas (6%) manifestaron heterosis entre estas, 87x17 tuvo un 4% de heterosis (h'); el testigo A-305-W únicamente fue igualado por la craza 128x52 (Cuadro A10).

Índice de grano. 28 cruzas (78%) manifestaron heterosis en base al progenitor medio (PM), las cruzas: 150x79, 126x79 y 79x17 presentaron un 5% de heterosis (h); respecto al progenitor superior (PS), 13 cruzas (36%) tuvieron efectos heteróticos, la craza 150x79 entre otras tuvo un 2% de heterosis (h'); al comparar las cruzas con el testigo V-402, hubo una

respuesta más considerable, la que destacó con un mayor porcentaje dentro de 30 cruzamientos (83%) fue la 87x128 cuyo valor es de 20% (h\*) (Cuadro A11).

4.1.3.2. Caracteres de planta. Ramificaciones de la espiga. 26 cruzas (72%) superaron al progenitor medio (PM), siendo la mejor craza en este caso 150x128 con 25% de heterosis (h); 20 cruzamientos (55%) se comportaron mejor que el progenitor superior (PS), nuevamente la craza 150x128 sobresalió con 22% de heterosis (h'); 13 cruzas (36%) superaron al testigo H-417, destacó la craza 79x17 con 18% de heterosis (h\*) (Cuadro A12).

Excursión de la espiga. De las 36 cruzas, 29 (80%) manifestaron heterosis en relación a la media de los progenitores (PM), la craza 150x84 fue la de mayor efecto con 116% de heterosis (h); respecto al progenitor superior (PS), 17 cruzamientos (47%) sobresalieron, en este caso la misma craza 150x84 ocupó el primer sitio con 103% de heterosis (h'); 35 cruzas (97%) rebasaron al testigo V-402, el mayor porcentaje de heterosis correspondió a la craza 126x87 cuyo valor fue de 17% (h\*) (Cuadro A13).

Número total de hojas. Para este carácter, 28 cruzamientos (78%) presentaron heterosis respecto al progenitor medio (PM), el primer lugar correspondió a la craza 79x52 con 9% de heterosis (h); en base al progenitor superior (PS), 18 cruzas (50%) reportaron cierto grado de heterosis, la craza 87x79 presentó 8% (h') al comparar las cruzas con el testigo H-417, 15

(42%) fueron ligeramente superiores, la cruz 79x52 manifestó 4% de heterosis ( $h^*$ ) (Cuadro A14).

Hojas abajo de la mazorca principal: Un mayor número de cruzas presentaron heterosis comparativamente con el carácter hojas arriba de la mazorca principal. 32 cruzamientos (89%) tuvieron efectos heteróticos respecto al progenitor medio (PM) la cruz 150x128 reportó un 14% de heterosis ( $h$ ); respecto al progenitor superior (PS), 23 cruzas (64%) manifestaron heterosis, en este caso fue la cruz 54x79 la más sobresaliente con 10% de heterosis ( $h'$ ), nuevamente la cruz 54x79 ocupó el primer lugar con 14% de heterosis ( $h^*$ ) al referirse al genotipo V-401 donde 31 cruzas (86%) fueron superiores (Cuadro A15).

Hojas arriba de la mazorca principal: Como se citó antes, este carácter tuvo menos cruzas con efectos heteróticos. 20 cruzamientos (55%) superaron al progenitor medio (PM), 11 (30%) al progenitor superior, ninguno al testigo. La cruz 79x52 fue la mejor en las tres medidas de heterosis con 14% ( $h$ ) y 13% ( $h'$ ), respecto al testigo, igualó al híbrido H-417 (Cuadro A16).

Número de mazorcas por planta: Esta variable no presentó mucha variación en cuanto a los efectos de heterosis. Respecto al progenitor medio (PM), 17 cruzas (47%) mostraron heterosis 9 (25%) en relación al progenitor superior y solamente una cruz superó al testigo H-417. Tanto para el progenitor medio como para el superior (PS), la cruz con mayor efecto fue 79x128

con 29% (h) y 25% (h') de heterosis respectivamente; en base al testigo, 54x79 tuvo un 4% de heterosis (h\*). (Cuadro A17).

Altura de planta y altura de mazorca principal: Ambos caracteres son los que presentaron un mayor número de cruzas con efectos heteróticos. 35 cruzamientos (96%) se comportaron superiores al progenitor medio (PM), la cruz sobresaliente en los dos caracteres fue 150x54 con 34 y 41% de heterosis (h); para altura de planta, 35 cruzas (97%) presentaron heterosis en relación al progenitor superior (PS); para altura de mazorca principal, 34 (94%); nuevamente la cruz 150x54 destacó con 31 y 32% de heterosis (h\*); en base al testigo, H-417, 35 y 36 cruzas respectivamente lo superaron, para altura de planta la cruz 79x52 tuvo 25% de heterosis (h\*), 79x128 para altura de mazorca fue la que tuvo mayor heterosis con 42% (h\*) (Cuadros A18 y A19). En las Figuras 3 y 4 se pueden apreciar mejor los efectos de heterosis en cinco cruzamientos sobresalientes para cada carácter.

Diámetro de tallo: La heterosis en este carácter, también se manifestó en un alto número de cruzas, sobre todo respecto al progenitor medio (PM) donde el 100% de los cruzamientos tuvieron efectos, la cruz 54x87 alcanzó el 23% (h), de igual forma, en relación al progenitor superior (PS) con 18% (h') donde 30 cruzas presentaron heterosis; respecto al testigo H-417 solamente tres cruzas destacaron, entre ellas la que tuvo mayor respuesta fue 150x52 con 6% (h\*) (Cuadro A20).

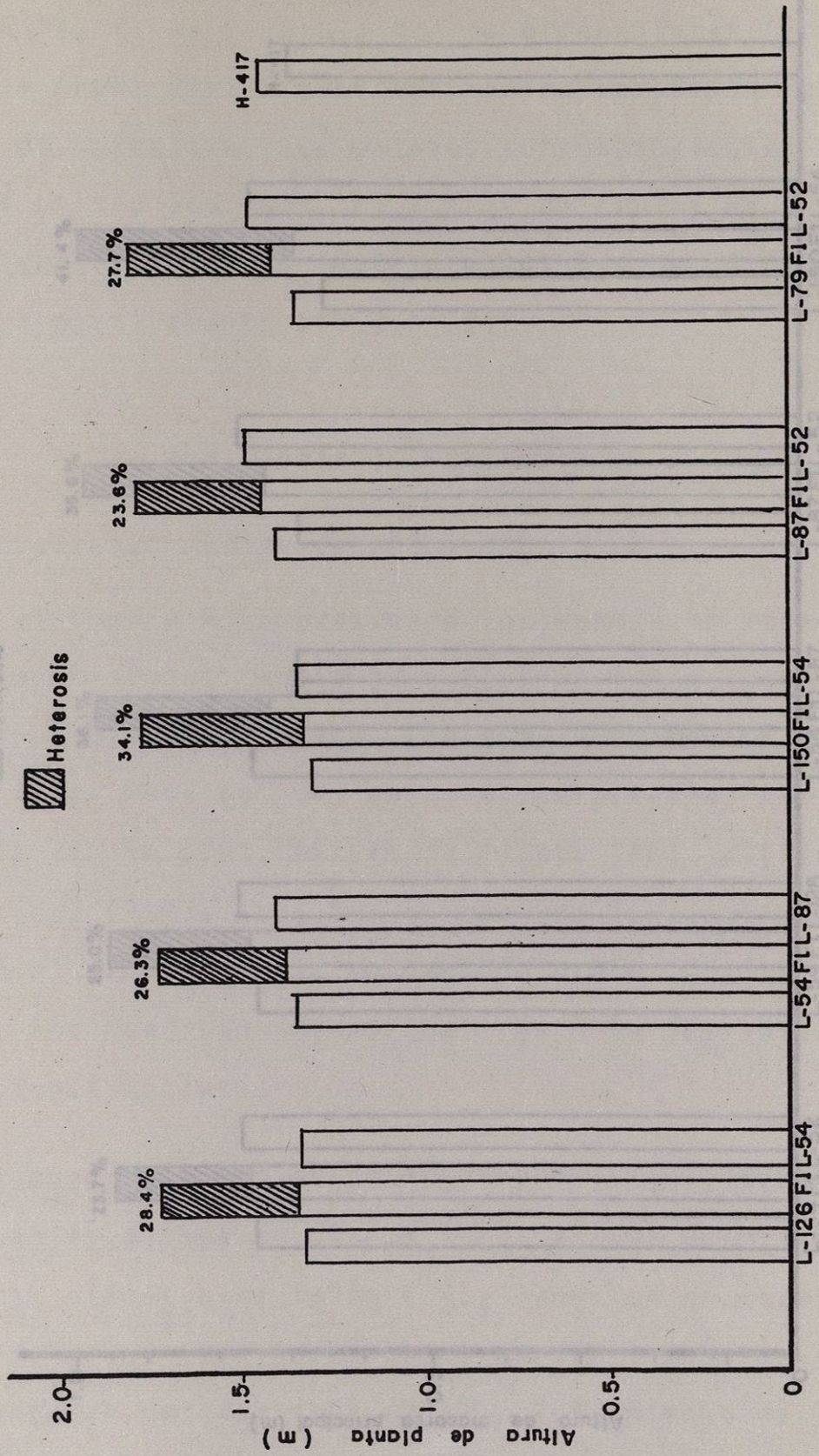


FIGURA 3. Valor heterótico (h) de la altura de planta de cinco cruzamientos sobresalientes en relación al progenitor medio y testigo superior. Marín, N.L. (Otoño, 1981).

Indice de posición de la mazorca: 30 cruces (93%) se comportaron mejor que la media de los progenitores (P<sub>M</sub>), en éstas, la cruz 79x12 tuvo una máxima respuesta en las medidas de heterosis, los valores correspondientes fueron (h), 12% (h'), y 16% (h<sup>+</sup>). El número de cruces en el progenitor superior (P<sub>S</sub>) y (P<sub>M</sub>) (100%) y (100%) respectivamente (Cuadro A21).

4.2.1. Cuadrados medios de ACE y ACE

En el Cuadro 9 se presentan los cuadrados medios de ACE y ACE con su significación. Los cuadrados medios de ACE con el endocampo de ACE y ACE con el endocampo de ACE con significativos (al 5%) para los caracteres: ramificación de la espiga (RE), altura de planta (AP), altura de mazorca principal (AMP), diámetro de tallo (DT), longitud de mazorca (LMS), peso de mazorca (PM), peso de grano seco (RGS). No se observaron diferencias significativas para los caracteres: ramificaciones de la espiga (RE) y diámetro de ma-

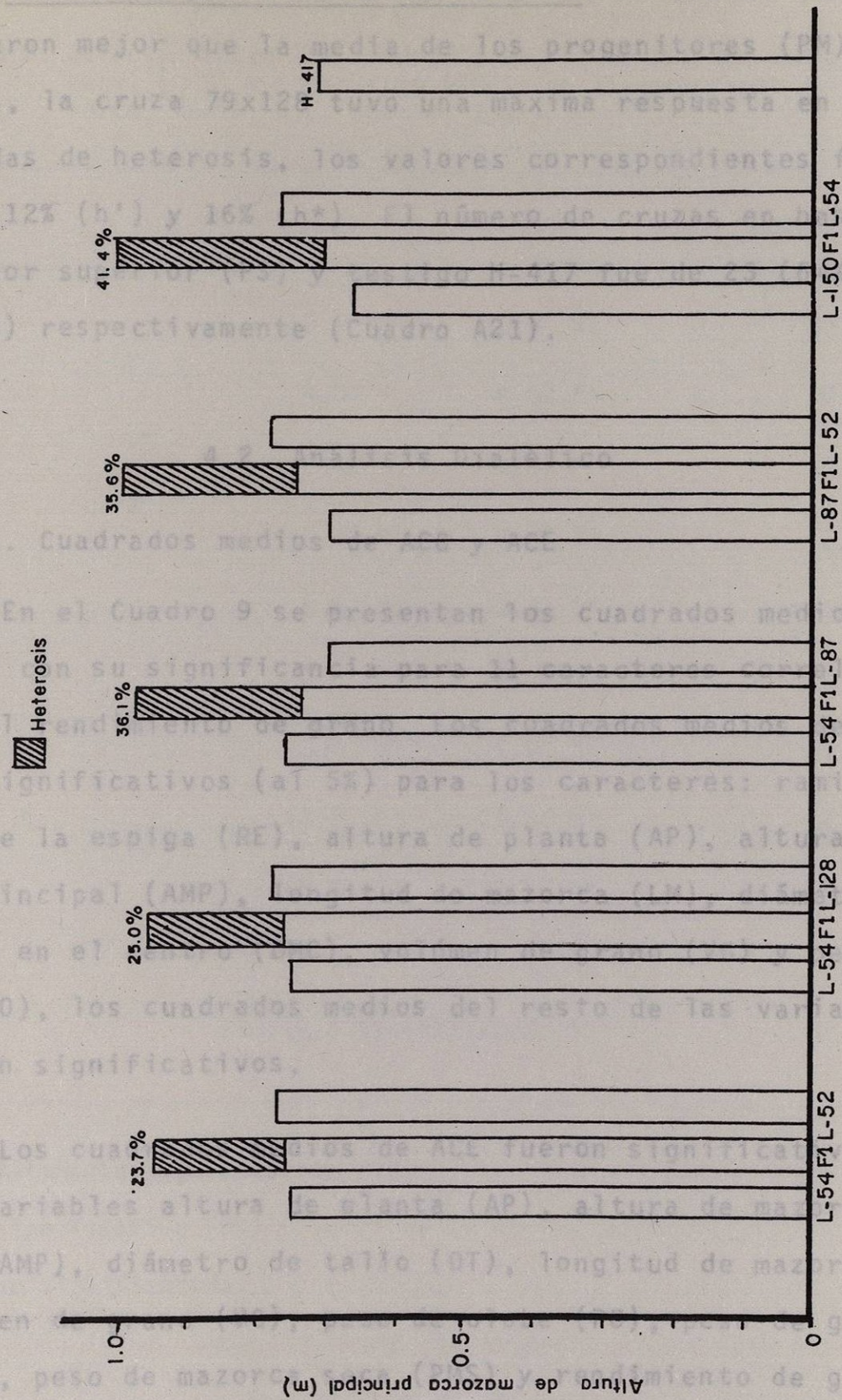


FIGURA 4. Valor heterótico (h) de la altura de mazorca principal de cinco cruzamientos sobresalientes en relación al progenitor medio y testigo superior. Marín, N.L. (Otoño, 1981).

Índice de posición de la mazorca: 30 cruzas (83%) se comportaron mejor que la media de los progenitores (PM), entre éstas, la cruz 79x128 tuvo una máxima respuesta en las tres medidas de heterosis, los valores correspondientes fueron 14% (h), 12% (h') y 16% (h\*). El número de cruzas en base al progenitor superior (PS) y testigo H-417 fue de 23 (64%) y 26 (100%) respectivamente (Cuadro A21).

## 4.2. Análisis Dialélico

### 4.2.1. Cuadrados medios de ACG y ACE

En el Cuadro 9 se presentan los cuadrados medios de ACG y ACE con su significancia para 11 caracteres correlacionados con el rendimiento de grano. Los cuadrados medios de ACG fueron significativos (al 5%) para los caracteres: ramificaciones de la espiga (RE), altura de planta (AP), altura de mazorca principal (AMP), longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca en el centro (DMC), volúmen de grano (VG) y peso de olote (PO), los cuadrados medios del resto de las variables no fueron significativos.

Los cuadrados medios de ACE fueron significativos para las variables altura de planta (AP), altura de mazorca principal (AMP), diámetro de tallo (DT), longitud de mazorca (LM), volúmen de grano (VG), peso de olote (PO), peso de grano seco (PGS), peso de mazorca seca (PMS) y rendimiento de grano seco (RGS). No se observaron diferencias significativas para los caracteres: ramificaciones de la espiga (RE) y diámetro de ma-



CUADRO 9. Relación entre los cuadrados medios de Aptitud Combinatoria General (ACG) y Específica (ACE), de 11 caracteres de planta y mazorca. Marín, N.L. (Otoño, 1981).

Variable	CMACG	CMACE	CMACG/CMACE
RE	50.7 **	0.8 NS	63.4
AP	0.04 *	0.07 **	0.6
AMP	0.02 *	0.03 **	0.7
DT	0.04 NS	0.05 **	0.8
LM	5.1 **	3.4 **	1.5
DMC	0.2 **	0.05 NS	4.0
VG	3.6 **	1.9 *	1.9
PO	28.7 **	13.8 **	2.1
PGS	68.8 NS	539.5 **	0.1
PMS	32.6 NS	693.0 **	0.05
RGS	209512.5 NS	1027543.6 **	0.2

\*\* Altamente significativo (1%)

\* Significativo (5%)

NS No significativo

zorca en el centro (DMC). Como se observa en el mismo Cuadro 9, la proporción CMACG/CMACE, fue en general mayor para los caracteres de planta; por el contrario, la proporción fue menor en el caso del rendimiento de caracteres de mazorca; los valores extremos correspondieron a RE y PMS (63.4 y 0.05, respectivamente).

#### 4.2.2. Efectos de Aptitud Combinatoria General

El Cuadro 10 presenta los efectos de ACG de 11 caracteres de planta y mazorca más correlacionados con éste (excepto RE). Las líneas 87, 17 y 126 mostraron los efectos de ACG más altos para los caracteres rendimiento de grano seco (RGS) y peso de grano seco (PGS); por el contrario, las mismas líneas ocuparon los últimos lugares en los efectos de ACG para el carácter peso de olote (PO), es decir, fueron las que mostraron mayor porcentaje de grano. En cambio, las líneas 128, 84 y 150, tuvieron los más bajos efectos de ACG para los caracteres: rendimiento de grano seco (RGS), peso de grano seco (PGS) y peso de mazorca seca (PMS) y, estuvieron entre las líneas con los efectos de ACG más altos para la variable peso de olote (PO). Respecto a los caracteres de planta; las líneas 52 y 79 ocuparon los primeros lugares en los efectos de ACG para los caracteres altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT) y altura de mazorca principal (AMP); por el contrario, las líneas 84 y 150 mostraron los más bajos efectos de ACG para los mismos caracteres.

CUADRO 10. Efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) de 11 caracteres de planta y mazorca. Marín, N.L. (Otoño, 1981).

Línea	RE	AP	AMP	DT	LM	DMC	VG	PO*	PGS	PMS	RGS*
126	-1.03	0.01	-0.01	-0.03	0.09	-0.10	-0.36	-0.21 (4)	0.18	-0.01	3.76 (3)
150	-0.02	-0.03	-0.01	0.06	0.52	0.01	0.38	0.95 (8)	-0.42	0.55	22.63 (7)
54	-0.23	0.03	0.04	-0.01	-0.22	-0.06	0.13	-0.87 (2)	0.10	-0.75	0.38 (4)
87	-0.40	0.01	-0.01	0.01	0.19	-0.02	-0.16	-1.22 (1)	2.76	1.56	162.62 (1)
79	1.88	0.03	0.01	0.02	-0.02	0.08	0.50	0.98 (9)	-0.23	0.77	-14.43 (5)
128	0.19	0.01	0.01	-0.01	0.22	0.04	-0.26	0.76 (7)	-1.61	-0.85	-76.03 (9)
52	-0.13	0.03	0.02	0.01	-0.48	0.10	-0.14	0.05 (5)	-0.28	-0.23	-16.32 (6)
84	-0.31	-0.05	-0.03	-0.02	-0.50	0.05	0.04	-0.22 (6)	-1.21	-1.12	-64.34 (8)
17	0.07	-0.03	-0.01	-0.02	0.20	-0.10	-0.12	-0.64 (3)	0.71	0.08	26.97 (2)

(\*) El número dentro del paréntesis indica el orden de importancia de los progenitores, deseables para un programa de hibridación.

En el Cuadro 11 se presentan las varianzas de ACE ( $\sigma^2_{si}$ ) para los caracteres analizados por su ACG. La línea 87 se distinguió por exhibir la más baja  $\sigma^2_{si}$  en los caracteres: rendimiento de grano seco (RGS), peso de grano seco (PGS), peso de mazorca seca (PMS) y peso de olote (PO), es decir, interacciona poco al cruzarse con otros progenitores. En general, la  $\sigma^2_{si}$  fue baja y muy similar en todas las líneas en los caracteres: altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), altura de mazorca principal (AMP) y diámetro de mazorca en el centro (DMC); en los caracteres: ramificaciones de la espiga (RE) y volúmen de grano (VG), hubo diferencias en los valores de la  $\sigma^2_{si}$ ; en la primer variable, las líneas 126 y 150 fueron de más alta varianza; en la segunda, las líneas 79 y 52.

#### 4.2.3. Efectos de Aptitud Combinatoria Específica.

El Cuadro 12 presenta los efectos de ACE del rendimiento de grano y sus principales componentes. La cruza 126x17 se distinguió por mantener los más altos efectos de ACE tanto para rendimiento de grano seco (RGS) como para las variables: peso de mazorca seca (PMS), peso de grano seco (PGS) y peso de olote (PO); por otra parte, la cruza 150x79 lo fue para volúmen de grano (VG); para diámetro de mazorca en el centro (DMC), la cruza 150x17; en el carácter longitud de mazorca, el primer lugar correspondió a la cruza 150x54. El segundo sitio para rendimiento de grano seco (RGS), peso de mazorca seca (PMS), peso de grano seco (PGS) y peso de olote (PO) fue para la cruza 54x79; para volúmen de grano (VG), las cruzas 54x87 y 128x128

CUADRO 11. Varianzas entre cruzas ( $\sigma^2$  si) de 11 caracteres de planta y mazorca. Marín, N.L. (otoño, 1981).

Líneas	RE	AP	AMP	DI	LM	DMC	VG	PO*	PGS	PMS	RGS*
126	6.98	0.01	0.01	0.01	1.18	0.07	0.38	5.28 (9)	226.1	294.6	673992 (8)
150	2.21	0.01	0.01	0.01	1.15	0.09	0.46	4.12 (8)	70.2	104.2	135920 (5)
54	0.84	0.02	0.01	0.02	1.09	0.02	0.40	3.21 (5)	176.6	221.3	686113 (9)
87	0.62	0.01	0.01	0.02	0.61	0.02	0.29	1.53 (1)	36.5	49.4	65542 (1)
79	1.11	0.03	0.01	0.01	0.82	0.01	0.95	3.28 (6)	162.6	202.1	314341 (7)
128	1.83	0.01	0.01	0.01	0.50	0.01	0.47	2.14 (4)	58.6	80.1	117212 (4)
52	1.68	0.01	0.04	0.01	0.51	0.01	0.51	1.83 (3)	51.8	67.6	94480 (2)
84	0.54	0.01	0.01	0.01	0.12	0.02	0.26	1.53 (2)	48.0	61.2	97484 (3)
17	1.57	0.01	0.01	0.01	0.17	0.04	0.25	3.76 (7)	7.2	112.6	159134 (6)

(\*) El número dentro del paréntesis indica el orden de importancia de los progenitores, deseables para un programa de hibridación.

CUADRO 12. Efectos de Aptitud Combinatoria Específica (ACE) de nueve líneas y sus cruzas para siete caracteres de mazorca. Marín, N.L. (Otoño, 1981).

*	L-126	L-150	L-54	L-87	L-79	L-128	L-52	L-84	L-17	
L-126	LM	-1.9	1.5	1.3	0.6	0.8	-0.4	0.5	0.2	0.4
	DMC	-0.1	-0.7	0.1	0.1	0.2	-0.1	-0.1	0.2	0.3
	VG	-0.6	0.6	0.9	0.2	0.6	-0.3	-0.9	-0.2	0.4
	PO	-3.4	2.8	0.9	0.2	0.9	-1.9	-0.9	0.7	4.0
	PGS	-27.2	7.7	13.2	2.3	8.3	-11.5	1.6	12.3	21.7
	PMS	-30.6	10.5	14.2	2.6	9.2	-13.4	-0.7	13.1	25.8
	RGS	-1193.1	344.7	586.7	61.5	369.5	-501.4	13.8	551.3	960.6
L-150	LM		-1.9	1.7	0.5	-0.2	-0.1	0.5	-0.2	
	DMC		0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	-0.4	
	VG		-0.6	-0.1	0.2	1.3	-1.0	0.4	0.2	
	PO		-3.7	2.0	1.3	-1.5	0.3	1.7	0.7	
	PGS		-17.2	12.4	2.9	1.7	2.1	1.7	5.6	
	PMS		-20.9	14.4	4.2	0.2	2.4	3.4	6.4	
	RGS		-754.3	551.5	85.7	79.0	98.8	77.6	256.6	
L-54	LM			-1.8	0.6	0.4	0.3	-0.4	0.2	
	DMC			-0.3	0.1	0.1	0.1	-0.1	-0.1	
	VG			-0.7	1.1	0.3	0.2	-0.8	-0.4	
	PO			-1.8	0.6	3.4	0.1	-0.3	-2.1	
	PGS			-24.3	1.7	19.3	6.2	0.9	-8.7	
	PMS			-26.2	2.3	22.7	6.2	0.8	-10.6	
	RGS			-1066.5	35.2	853.5	277.1	43.8	-371.5	
L-87	LM			-0.1	-1.1	-0.9	1.2	-0.2	-0.6	
	DMC			-0.2	0.1	-0.1	0.1	-0.1	-0.1	
	VG			-0.5	-0.1	-0.5	0.6	-0.2	-0.3	
	PO			-0.5	-1.1	-2.0	1.9	0.7	-0.6	
	PGS			-4.1	3.2	-6.8	13.0	-2.7	-5.5	
	PMS			-4.6	2.1	-8.9	14.9	-1.9	-6.1	
	RGS			-15.7	98.4	-340.5	530.4	-155.3	-284.0	
L-79	LM				-1.4	1.2	0.9	0.4	0.4	
	DMC				-0.2	0.1	-0.1	0.0	-0.1	
	VG				-1.7	0.1	0.4	0.2	0.6	
	PO				-1.6	2.4	0.7	-0.4	-1.2	
	PGS				-24.2	15.3	3.5	-3.7	0.8	
	PMS				-25.8	17.7	4.2	-3.9	-0.4	
	RGS				-1061.1	676.9	158.5	-152.0	38.2	
L-128	LM					0.1	-1.1	0.2	0.5	
	DMC					0.1	0.1	0.1	-0.1	
	VG					1.1	-0.8	0.5	-0.4	
	PO					1.1	-1.4	0.1	0.3	
	PGS					-1.1	-2.8	-1.6	1.4	
	PMS					-0.1	-4.2	-1.6	1.7	
	RGS					-42.5	-119.8	-70.6	64.6	
L-52	LM						-0.1	-0.2	0.4	
	DMC						-0.1	0.1	-0.1	
	VG						0.1	0.6	-0.7	
	PO						-0.1	0.3	-2.2	
	PGS						-8.3	8.7	-8.6	
	PMS						-8.4	9.2	-10.8	
	RGS						-362.1	394.3	-374.6	
L-84	LM							-0.5	0.1	
	DMC							-0.2	0.1	
	VG							-0.5	0.6	
	PO							-1.1	2.2	
	PGS							-5.3	0.8	
	PMS							-6.9	3.2	
	RGS							-249.5	46.4	
L-17	LM								-0.3	
	DMC								0.1	
	VG								0.3	
	PO								-0.8	
	PGS								-7.2	
	PMS								-7.9	
	RGS								-311.2	

(\*) LM = Longitud de mazorca  
 VG = Volumen de grano  
 PMS = Peso mazorca seca

DMC = Diámetro de mazorca en el centro  
 PO = Peso de oíote  
 PGS = Peso de grano seco  
 RGS = Rendimiento de grano seco

ocuparon el segundo lugar, al igual que las cruzas 126x17 y 126x150 para diámetro de mazorca en el centro (DMC) y longitud de mazorca (LM) respectivamente. Por último, el tercer lugar correspondió a la cruz 79x128 para los caracteres: rendimiento de grano seco (RGS), peso de mazorca seca (PMS) y peso de grano seco (PGS).

En el Cuadro 13 se presentan los efectos de ACE de cuatro caracteres de planta. Las cruzas 150x52 y 126x17 tuvieron los más altos efectos de ACE para el carácter ramificaciones de la espiga (RE); las cruzas 128x17 y 150x150 sobresalieron para altura de planta (AP); para altura de mazorca principal (AMP), las cruzas 79x128 y 87x52 ocuparon los primeros lugares; por último, para diámetro de tallo (DT), los más altos efectos de ACE correspondieron a las cruzas 54x87 y 79x128 respectivamente.

#### 4.2.4. Análisis de Medias de Cruzamientos

En los Cuadros A22 y A26 del Apéndice, se presenta un análisis de las medias de los cruzamientos de cinco caracteres; en cada media se incluyen los efectos de ACG y ACE de los progenitores y sus cruzas respectivas. En el Cuadro A22 se presentan las medias del rendimiento de grano seco (RGS); puede observarse que la media más alta corresponde a la cruz 126x17, cuyo efecto de ACE es el más alto de los 36 cruzamientos; por otra parte, las líneas progenitoras 17 y 126 ocupan respectivamente el segundo y tercer lugar en los efectos de ACG. Esto indica que en el rendimiento medio de dicha cruzas, influyen

CUADRO 13. Efectos de Aptitud Combinatoria Específica (ACE) de nueve líneas y sus cruzas para cuatro caracteres de planta. Marín, N.L. (Otoño, 1981).

	*	L-126	L-150	L-54	L-87	L-79	L-128	L-52	L-84	L-17
L-126	RE	-1.05	0.20	1.02	0.42	0.76	-0.62	-1.72	-0.20	2.22
	AP	-0.25	0.08	0.10	0.11	0.06	0.02	=0.03	0.05	0.11
	AMP	-0.14	0.08	0.07	0.02	0.04	0.01	-0.03	0.04	0.09
	DT	-0.14	-0.01	0.10	-0.05	0.07	0.11	-0.12	0.03	0.15
L-150	RE		=1.84	-1.01	-0.08	0.51	2.20	2.52	-1.21	0.54
	AP		0.22	0.19	0.02	-0.02	-0.04	-0.02	0.13	0.06
	AMP		-0.16	0.11	-0.01	-0.02	0.02	0.07	0.02	0.05
	DT		-0.17	0.07	-0.01	-0.01	0.04	0.20	0.04	0.02
L-54	RE			-0.95	0.67	0.74	1.26	-0.67	0.55	-0.65
	AP			-0.29	0.12	0.03	0.07	0.01	0.02	0.03
	AMP			-0.18	0.10	0.02	0.05	0.03	-0.01	0.03
	DT			-0.25	0.20	0.05	-0.04	0.01	0.01	0.08
L-87	RE				-0.53	-0.13	-1.62	0.85	0.13	0.82
	AP				-0.19	0.08	-0.03	0.16	0.00	-0.04
	AMP				-0.15	0.06	-0.03	0.12	0.06	=0.02
	DT				-0.15	0.07	-0.05	0.13	0.06	-0.06
L-79	RE					-1.57	1.02	-0.78	-0.68	1.69
	AP					-0.28	0.13	0.15	0.09	0.07
	AMP					-0.19	0.13	0.07	0.07	0.01
	DT					-0.19	0.16	0.13	-0.02	-0.07
L-128	RE						-1.56	1.28	-0.21	-0.19
	AP						-0.10	-0.08	0.07	0.26
	AMP						-0.10	0.01	0.03	-0.01
	DT						-0.06	-0.05	-0.03	-0.03
L-52	RE							-0.42	0.05	-0.70
	AP							-0.17	0.01	-0.01
	AMP							-0.13	0.03	-0.03
	DT							-0.15	0.01	-0.01
L-84	RE								1.18	-0.80
	AP								-0.10	-0.09
	AMP								-0.09	-0.07
	DT								-0.08	0.04
L-17	RE									-1.47
	AP									-0.08
	AMP									-0.02
	DT									-0.06

(\*) RE = Ramificaciones de la espiga      AP = Altura de planta  
 AMP = Altura de la mazorca principal      DT = Diámetro de tallo



significativamente causas no aditivas (efectos de ACE) y aditivas (efectos de ACG de ambos progenitores). En el resto de las cruzas que produjeron los rendimientos de grano más altos, el valor de la media se debió principalmente a los altos efectos de ACE, como es el caso de las cruzas: 54x79, 79x128, 126x54, 126x84 y 79x128. Los cruzamientos con los más bajos rendimientos de grano, correspondieron a los progenitores que exhibieron bajos efectos de ACE y también, al menos en un progenitor, una baja ACG como es el caso de las cruzas 126x128, 54x84 y 52x17.

Para longitud de mazorca (LM), la media más alta corresponde a la craza 126x150; las líneas 150 y 126 exhibieron altos efectos de ACG (0.52 y 0.09 respectivamente), la primera de ellas presentó el valor más alto de todos los progenitores; además, esta craza ocupó el segundo sitio en los efectos de ACE. La craza 150x54, exhibió el valor más alto de ACE y una media muy similar, aunque inferior a la de la craza 126x150; se puede observar que ambas cruzas tienen un progenitor común, la línea: 150, cuyo efecto de ACG es el más alto para esta variable (Cuadro A23).

Para peso de oíote (PO), la craza 79x128 tuvo la media más alta; se observaron valores altos para los efectos de ACE (2.4) y ACG en ambos progenitores (0.98 y 0.76 respectivamente para 79 x 128). Las cruzas 126x150 y 54x79, cuyas medias ocuparon el segundo lugar, también con altos efectos de ACE y al menos uno de los progenitores con alta ACG (Cuadro A24).

Como se ve en el Cuadro A25, en la expresión de la media del carácter altura de planta (AP), fueron importantes los efectos de ACG y ACE; las cruzas más sobresalientes fueron: 87x52, 150x54, 126x54, 150x52 y 87x79; en ellas intervinieron los progenitores con los más altos efectos de ACG (54, 52, 79, 87 y 126, con valores de 0.03; 0.03; 0.03; 0.01 y 0.01 respectivamente).

El volúmen de grano (VG) estuvo determinado principalmente por altos efectos de ACE, como se observa en las cruzas 150x79, 54x87 y 79x17, 150x79 es la única crusa donde intervienen progenitores con altos efectos de ACG; en las demás cruzas, solo uno presenta valores elevados de ACG, como ocurrió con las líneas 79 y 54, cuyos efectos de ACG fueron respectivamente 0.50 y 0.13 (Cuadro A26).

#### 4.3. Correlaciones Simples

El Cuadro 14 presenta las correlaciones fenotípicas simples entre los diferentes caracteres estudiados. De un total de 210 coeficientes de correlación entre los caracteres, 136 fueron positivos y significativos (65%); 18 fueron negativos y significativos (9%); finalmente, los 56 restantes no fueron significativos.

Para el rendimiento de grano seco (RGS), las correlaciones positivas más altas se observaron con las variables: peso de grano seco (1.000\*\*), peso de mazorca seca (0.994\*\*), lon-

CUADRO 14. Correlaciones fenotípicas simples entre los caracteres bajo estudio. Marín, N.L. (Otoño, 1981).

	EE	NTH	HBMP	HAMP	NMP	AMP	IMP	DT	LM	DMC	NH	DO	VG	PO	PGS	DMC/L	DMS	IE	RGS
RE	.164*	.134	.121	.066	.171*	.283***	.271**	.185**	.097*	.066	.064	.049	-.008	.052	.185**	-.067	.171*	.184*	.185**
EE		.230**	.336**	-.155*	.069	.633***	.279**	.390**	.382**	.182*	-.007	-.042	.211**	.191**	.371**	-.303**	.356**	.250**	.371**
NTH			.838**	.377**	.136	.579**	.542**	.519**	.100	.223**	.304**	-.046	.053	.182*	.326**	.049	.316**	.110	.326**
HBMP				-.130	.150*	.637***	.731**	.589**	.164*	.207**	.208**	-.126*	.080	.184*	.368**	-.036	.352**	.179*	.368**
HAMP					.056	-.024	-.122*	-.059	-.097	.079	.218**	.147*	-.025	.048	.009	.169*	.016	-.100	.009
NMP						.139	-.125	.122	.137	-.122	-.008	-.175*	-.131	.205**	.289**	-.259**	.286**	.127	.289**
AP							-.945**	.798**	.623**	.445**	.119	.077	.388**	.437**	.651**	-.378**	.641**	.268**	.651**
AMP							.841**	.801**	.532**	.414**	.109	.015	.350**	.384**	.607**	-.295**	.595**	.264**	.607**
IPM							.609**	.609**	.252**	.250**	.067	.108	.192**	.183**	.383**	-.093	.367**	.212**	.383**
DT								.614**	.614**	.527**	.180**	.229**	.475**	.583**	.634**	-.309**	.650**	.040	.634**
LM									.614**	.525**	-.018	.286**	.551**	.657**	.744**	-.742**	.758**	.166*	.744**
DMC											.439**	.695**	.695**	.758**	.690**	.169	.726**	.049	.690**
NH												.437**	.009	.302**	.263**	.352**	.279**	.057	.263**
DO													.461**	.667**	.291**	.205**	.362**	-.314**	.291**
VG														.657**	.583**	-.094	.616**	-.007	.583**
PO															.726**	-.172*	.797**	-.192**	.726**
PGS																-.315**	.994**	.437**	1.000**
DMC/L																	-.304**	-.143*	-.315**
PMS																		.353**	.994**
IG																			.437**

\*\* Altamente significativa (1%)

\* Significativa (5%)

gitud de mazorca (0.744\*\*), peso de olote (0.726\*\*), diámetro de mazorca en el centro (0.690\*\*) y altura de planta (0.651\*\*). Las variables cuyos coeficientes de correlación fueron los más bajos, aunque positivos y significativos, correspondieron a: ramificaciones de la espiga (0.185\*\*), número de hileras (0.263\*\*), número de mazorcas por planta (0.289\*\*) y diámetro de olote (0.291\*\*). La variable relación diámetro de mazorca en el centro/longitud, estuvo correlacionada en forma negativa con el rendimiento de grano (-0.315\*\*). Finalmente, la correlación con el número de hojas arriba de la mazorca principal no fue significativa.

Dentro de los caracteres de planta, el número total de hojas, estuvo correlacionada en forma positiva y significativa con: número de hojas abajo de la mazorca principal (0.838\*\*) altura de la mazorca principal (0.627\*\*) y altura de planta (0.579\*\*); la longitud de excursión de la espiga presentó una correlación positiva y significativa con altura de planta (0.636\*\*); el número de ramificaciones de la espiga, también presentó correlación positiva con altura de planta (0.288\*\*), de igual forma la altura de la mazorca principal y el diámetro de tallo estuvieron estrechamente correlacionados con la altura de planta (0.945\*\* y 0.798\*\* respectivamente). En forma general, el carácter relación diámetro de mazorca en el centro/longitud, estuvo asociada en forma negativa y significativa con la mayoría de los caracteres, algunas variables que mostraron correlaciones positivas y significativas con

este carácter fueron únicamente hojas arriba de la mazorca principal (0.169\*\*), número de hileras (0.352\*\*) y diámetro de olote (0.205\*\*).

#### 4.4. Heredabilidad

Del análisis dialéctico, se obtuvieron las estimas de la heredabilidad, a través de las esperanzas de los cuadrados medios. El Cuadro 15 presenta la estimación de heredabilidad en sentido amplio ( $H^2$ ) y estricto ( $h^2$ ) para 11 caracteres.

Todas las variables presentaron valores positivos de heredabilidad en sentido amplio; sin embargo, para la heredabilidad en el sentido estricto, en cinco caracteres se observaron valores negativos, los cuales no se incluyeron y se interpretaron como cero. Las variables con mayor heredabilidad en sentido estricto fueron: ramificaciones de la espiga (50.9%), diámetro de mazorca en el centro (9.8%), peso de olote (7.5%), volúmen de grano (5.6%), longitud de mazorca (4.7%) y diámetro de tallo (2.1%). Como puede observarse, la  $\sigma^2D$  fue muy alta en los caracteres rendimiento de grano y sus componentes, en tanto que, para los caracteres de planta ésta fue de menor consideración e inferior a cero en algunos casos (RE).

#### 4.5. Predicción del Rendimiento

##### 4.5.1. Híbridos de Cruza Doble

El Cuadro A27 del Apéndice presenta los rendimientos espe

CUADRO 15. Estimación de heredabilidad en sentido amplio ( $H^2$ ) y estricto ( $h^2$ ) para 11 caracteres de planta y mazorca. Mañín, N.L. (Otoño, 1981).

Variable	$\hat{\sigma}^2_D$	$\hat{\sigma}^2_A$	$H^2(\%)$	$h^2(\%)$	C.V.G. (%)
RE	-0.45	2.3	*	50.9	6.6
AP	0.012	-0.001	*	*	-0.04
AMP	0.005	-0.0005	*	*	-0.03
DT	0.006	0.0007	21.0	2.1	0.02
LM	0.58	0.08	38.3	14.7	0.29
DMC	0.04	0.009	54.8	9.8	0.12
VG	0.20	0.08	19.9	5.6	0.41
PO	1.8	0.68	27.5	7.5	2.4
PGS	67.8	-21.4	*	*	-13.2
PMS	88.8	-30.0	*	*	-15.7
RGS	127039.2	-37183.2	*	*	-520.4

$$\text{C.V.G.} = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\bar{X}} \times 100, \text{ donde } \hat{\sigma}_g^2 = \hat{\sigma}_A^2 + \hat{\sigma}_D^2 \text{ y } \bar{X} = \text{media}$$

(\*) No se incluyeron porque la varianza de dominancia o aditiva fue negativa.

rados de los híbridos de cruza doble, formados a partir de las mejores cruzas simples, tanto por su rendimiento como por sus altos efectos de Aptitud Combinatoria Específica y en algunos casos participan líneas con Aptitud Combinatoria General sobresaliente. Como se puede observar, los tres primeros lugares corresponden a las cruzas dobles (126x17) x (54x79) con 3868 kg/ha, (126x17) x (150x54) con 3852 kg/ha y (79x128) x (150x54) cuyo rendimiento esperado es de 3843 kg/ha, cabe señalar que la cruza simple 126x17, ocupó el primer lugar por su Aptitud Combinatoria Específica y ambas líneas ocuparon el segundo y tercer lugar por su Aptitud Combinatoria General. En forma conjunta, los rendimientos teóricos son muy similares en esta muestra de híbridos de cruza doble.

#### 4.5.2. Sintéticos

En el Cuadro A28 del Apéndice se presentan los rendimientos teóricos de algunos sintéticos ( $\bar{F}_2$ ) formados a partir de dos, cuatro y seis líneas con los mejores efectos de Aptitud Combinatoria General y, como contraste se incluyen en algunos, líneas con baja ACG. Las estimaciones indican que los sintéticos formados con cuatro y seis líneas, donde intervienen líneas con alta Aptitud Combinatoria General, teóricamente son los más rendidores, como es el caso de: 126, 17, 54, 79 (3724); 126, 17, 150, 54 (3695); 126, 17, 54, 79, 87, 52 (3689); 126, 17, 150, 54 (3686) y 126, 17, 79, 128, 150, 54 (3676); el rendimiento más bajo correspondió al sintético 84, 120, 150, 52, 79, 17 (3505) mismo que incluye en mayor proporción líneas con baja Aptitud Combinatoria General.

## 5. DISCUSION

Para los 21 caracteres se observaron diferencias significativas entre repeticiones, lo que indica que fue efectivo el bloqueo al establecerse el experimento.

Como era de esperarse, se observaron diferencias significativas entre tratamientos; esto se explica porque se incluyeron líneas, cruza simple y testigos con diferente grado de adaptabilidad a las condiciones de Marín N.L. Sin embargo, contrario a lo que se esperaba, la mayoría de los testigos ocuparon los últimos lugares en rendimiento de grano; incluso estuvieron por debajo de algunas líneas; lo anterior quizás se explique por algunos factores ambientales, principalmente vientos fuertes que influyeron sobre los tratamientos en forma distinta provocando daños de acame.

La heterosis en relación a la media de los progenitores y progenitor superior, fue alta para los caracteres asociados con la producción, principalmente; el rendimiento de grano, peso de grano y peso de mazorca, que mostraron las máximas respuestas heteróticas en un gran número de cruza; esto coincide con lo que han observado otros investigadores (Fuentes, 1965; Sarria, 1966; Rivera, 1977; Velázquez et al., 1983 y López, s.f.)

Como se observó, las líneas progenitoras difieren claramente en la manifestación de la heterosis; de aquí se deduce la diversidad genética entre las líneas, que aún siendo fenotípicamente similares, por haberse derivado de la misma variedad, difieren por su genotipo; este hecho se demuestra porque no todas tienen el mismo rendimiento per se (De la Loma, 1963). Al cruzarse estas líneas entre sí, producen progenies con rendimientos frecuentemente superiores al progenitor más productivo, es decir, con una al-



ta heterosis, cuyos efectos se explican por la hipótesis de dominancia; tal hipótesis afirma que ocurre una complementación de genes dominantes, favorables de ambos progenitores (Allard, 1978). Otra hipótesis que trata de explicar la heterosis, es la que se basa en la sobredominancia, o la condición heterocigótica de la  $F_1$  (Allard, 1978); según esta hipótesis, existe un estímulo fisiológico del desarrollo que aumenta con la diversidad de los gametos que se unen. Los resultados sugieren que la hipótesis de sobredominancia puede explicar el mayor vigor exhibido por ciertas cruza, con respecto al promedio de sus padres o al progenitor superior, especialmente el rendimiento y sus componentes.

Por otra parte, se confirma la hipótesis de que los caracteres más correlacionados con el rendimiento de grano exhiben mayor heterosis y una heredabilidad baja, comparados con aquellos no correlacionados con él, como se mostraron en el Cuadro 15; resultados similares han sido observados por otros investigadores (Márquez, 1987\*).

Para el caso de rendimiento de grano, una tendencia que se observó regularmente en las  $F_1$  con las medias más altas, fue el proceder de progenitores donde al menos uno es altamente productivo; algunos investigadores han señalado que progenitores rendidores de buena Aptitud Combinatoria General, al cruzarse, producen híbridos o progenies sobresalientes con altos valores de heterosis (Paterniani y Lonquist, 1963; Jugenheimer, 1981; Márquez, 1987\*). Sin embargo, también se observó lo contrario como ocurrió en las cruza 79x128, 52x84, 150x84 y 79x52, con efectos de Aptitud Combinatoria Específica respectivos de: 676.9; 394.3; 256.6 y 158.5;

---

\* Comunicación personal

todas estas líneas tuvieron bajos efectos de Aptitud Combinatoria General y medias de rendimiento muy bajas ( $\leq 3378$  kg/ha). Esto quiere decir que la prueba per se (comportamiento medio de la línea en ensayos de rendimiento), no es un criterio confiable para descartar líneas potenciales para formar híbridos, aunque se ha demostrado que es poco probable que las líneas de bajo rendimiento originen híbridos de alto rendimiento; sin embargo, es posible obtener híbridos con buenos rendimientos cruzando líneas de rendimiento medio (Jones y Singleton, 1935, citados por De la Loma, 1963).

De lo anterior, se deduce que las diferencias en la Aptitud Combinatoria General de las líneas, se explican principalmente por su composición genética, principalmente efectos aditivos; por otro lado, los efectos de Aptitud Combinatoria Específica, se deben probablemente a la acción de componentes de dominancia y epístasis, así como al tipo de acción génica (Sprague, 1960). Las líneas 87, 17, y 126 mostraron buen comportamiento y sus efectos de Aptitud Combinatoria General fueron altos para rendimiento de grano seco, no así para peso de olote, donde ocuparon los últimos lugares, es decir, fueron las que mostraron un mayor porcentaje de grano; se deduce aquí la importancia que tiene la varianza genética aditiva en estas líneas y que puede ser explotada en forma adecuada en la formación de sintéticos. Ciertas líneas presentaron altos efectos de Aptitud Combinatoria General y Específica para rendimiento de grano seco y sus componentes, tal es el caso de las líneas: 17, 126, 54 y 79, en este contexto, produjeron híbridos altamente rendidores, por ejemplo, la cruce 54x79 exhibió el máximo valor heterótico en el rendimiento ( $h^1=76\%$ ) comparativamente con el resto de las cruces; además, su producción media ocupó el tercer lugar de todos los genotipos (4412 kg/ha) y muy próximo al de la cruce 126x17 (4564 kg/ha). Esto apoya las hipótesis planteadas inicialmente; por una

parte, las dos cruzas simples, al igual que una serie de 28 cruzas más, son iguales estadísticamente al híbrido H-417, que fue el mejor testigo; asimismo, se acepta la hipótesis de que ciertas líneas poseen alta Aptitud Combinatoria General y Específica, y se distinguen por su capacidad para producir híbridos de alto valor heterótico para el rendimiento y sus componentes.

Las correlaciones fenotípicas simples entre los caracteres estudiados, especialmente entre el rendimiento de grano seco y otras variables, tal es el caso de peso de grano seco, peso de mazorca seca y longitud de mazorca y que en este experimento, correspondieron a coeficientes altos, positivos y significativos; las variables que también estuvieron asociadas con el rendimiento en forma significativa, fueron: peso de olote, diámetro de mazorca y altura de planta. La correlación existente entre estos seis caracteres y el rendimiento, han sido reportadas en diversos trabajos (Sandoval, 1964, Ortiz, 1967 y Vargas, 1979). Las correlaciones significativas observadas, pueden explicarse en parte por la acción del ambiente, que influye de igual manera sobre las características asociadas, es decir, sobre los procesos fisiológicos que determinan la expresión final del rendimiento y sus componentes; sin embargo, no se descarta la influencia que ejercen causas genéticas, principalmente la pleiotropía (Falconer, 1972).

En cuanto a los valores de heredabilidad, como se esperaba, fueron mayores para caracteres de planta y menores para el rendimiento y sus componentes; esto último puede deberse a una mayor proporción de varianza de dominancia ( $\sigma^2 D$ ), respecto a la varianza genética aditiva ( $\sigma^2 A$ ), como se pudo observar en los Cuadros 9 y 15. En general, la heredabilidad fue baja para todos los caracteres (excepto ramificaciones de la espiga), de aquí se

infiere que la variación debida al ambiente, es mayor en relación a las variaciones hereditarias (Poehlman, 1979); Comstock y Harvey (1940); Gardner (1963), citados por Agudelo y Márquez (1975). Los resultados de otros investigadores reportan valores bajos de heredabilidad para el rendimiento de grano según la clasificación de Robinson (1965), el cual lo ubica del 5 al 10%; Hallauer y Miranda, citados por Coutiño (1982), lo clasifican en un rango menor del 30%. Otros trabajos en maíz que han obtenido resultados de heredabilidad que se agrupan dentro de alguna de estas clasificaciones y que no contradicen los obtenidos en este estudio, son los llevados a cabo por Oyervides, 1979 y Arizpe, 1985. Numerosos estudios hechos tanto en maíz como en otros cultivos, indican que el rendimiento y sus componentes son más afectados por el ambiente, principalmente porque son caracteres que están determinados por un gran número de pares de genes, de efectos menores y acumulativos; se ha observado que los caracteres gobernados por un par o pocos pares de genes, son menos afectados por el ambiente y tienen mayor heredabilidad.

## 6. CONCLUSIONES

1. Las líneas difieren significativamente en sus efectos de ACG y ACE siendo las más sobresalientes para rendimiento de grano por su ACG; 87, 17 y 126; por su ACE: 126x17, 54x79 y 79x128. El análisis de medias de las cruzas sobresalientes, indicó que los efectos de ACE fueron los más importantes.
2. Para la mayoría de los caracteres de planta y mazorca, más de 20 cruzas exhibieron heterosis con respecto al progenitor superior ( $h'$ ), siendo máxima para el rendimiento de grano y sus componentes. Las correlaciones más altas y significativas, entre el rendimiento y sus componentes, se observaron en los caracteres: peso de grano seco (1.000\*\*), peso de mazorca seca (0.994\*\*) y peso de olote (0.726\*\*), cuyos valores de heredabilidad fueron respectivamente: 0, 0 y 7.5%. El carácter ramificaciones de la espiga mostró la más alta heredabilidad (50.9) y una correlación con rendimiento de grano seco de 0.185\*\*.
3. Las cruzas simples de más alto rendimiento promedio, que ocuparon los primeros lugares después del híbrido H-417 (5460 kg/ha), fueron: 126x17 (4564 kg/ha), 54x79 (4412 kg/ha), 87x52 (4249 kg/ha), 126x54 (4163 kg/ha) y 79x128 (4159 kg/ha). Se proponen algunas cruzas dobles como las siguientes: (126x17) x (54x79), (126x17) x (150x54) y (79x128) x (150x54) cuyos rendimientos predichos son res

pectivamente: 3868, 3852 y 3843 kg/ha. El mejor sintético que puede formarse a partir de cuatro líneas (126, 17, 54 y 79), tendría un rendimiento teórico de 3724 kg/ha.

## 7. RESUMEN

En Marín, NL. (Ciclo Otoño, 1981) se evaluaron nueve líneas de maíz  $S_4$  y sus cruzas en un sentido. Los objetivos del presente estudio fueron: Conocer la Aptitud Combinatoria General y Específica de las nueve líneas; medir la heterosis y estimar la heredabilidad de diferentes características de planta y mazorca y seleccionar las mejores líneas que formarán híbridos o sintéticos rendidores.

Se estimó la Aptitud Combinatoria General (ACG) y Aptitud Combinatoria Específica (ACE) de las nueve líneas, utilizando el diseño de cruzas dialélicas (método 2 de Griffing); se llevó a cabo una selección de las mejores líneas, que se utilizarán en la formación de híbridos y sintéticos. Se estimaron también los valores de heterosis, heredabilidad y las correlaciones simples de algunos caracteres de planta y mazorca. La heterosis fue mayor para rendimiento de grano seco y los caracteres más correlacionados con éste, principalmente peso de grano seco y peso de mazorca seca; para el caso del rendimiento, la heterosis con respecto al progenitor superior, varió del 4 al 76%; la cruce 126x17 rindió 4564 kg/ha y fue estadísticamente igual al híbrido H-417 que tuvo el rendimiento más alto del experimento (5460 kg/ha). Las correlaciones más altas y significativas, entre el rendimiento y sus componentes, se observaron con los caracteres: peso de grano seco (1.000\*\*) peso de mazorca seca (0.994\*\*) y peso de olote (0.726\*\*), cuyos valores de heredabilidad fueron respectivamente: 0, 0 y 7.5%

El carácter ramificaciones de la espiga mostró la más alta heredabilidad (50.9%) y una correlación con rendimiento de grano seco de 0.185\*\*. Se observó que las líneas difieren significativamente en sus efectos de ACG y ACE; siendo las más sobresalientes para rendimiento de grano, por su ACG: 87, 17 y 126; por su ACE: 126x17, 54x79 y 79x128. Las cruzas simples de más alto rendimiento promedio que ocuparon los cinco primeros lugares después del mejor híbrido del experimento (H-417) fueron: 126x17 (4564 kg/ha), 54x79 (4412 kg/ha), 87x52 (4249 kg/ha), 126x54 (4163 kg/ha) y 79x128 (4159 kg/ha).

Finalmente, los resultados del experimento sugieren la posibilidad de formar híbridos de crusa doble o sintéticos que puedan superar a las variedades e híbridos sobresalientes de la zona, con un mayor rango de adaptación que las cruzas simples evaluadas en el presente estudio; se proponen algunas cruzas dobles como las siguientes (126x17) x (54x79), (126x17) x (150x54) y (79x128) x (150x54), cuyos rendimientos predichos son respectivamente: 3868, 3852 y 3843 kg/ha. El mejor sintético que se puede formar a partir de cuatro líneas (126 17, 54, 79), tendría un rendimiento teórico de 3724 kg/ha.



## 8. BIBLIOGRAFIA

- AGUDELO L., C. y MARQUEZ S., F. 1975. Estimación de la heredabilidad por medio de regresión progenie-progenitor usando componentes de varian-za en una población de maíz, en tres densidades de siembra. *Agrocien-cia* 21:91-100.
- ALLARD, R.W. 1978. Principios de la Mejora Genética de las Plantas. Trad. del inglés por José L. Montoya. 3a. ed. Omega. Barcelona. 498 p.
- AREVALO N., M. y MOLINA G., J. 1974. Eficiencia relativa de índices de se-lección para rendimiento de grano en cebada maltera (Hordeum vulgare L.), usando la información de progenitores solos y del diseño dialélico. *Agrociencia*. 16:83-95.
- \_\_\_\_\_. y MARTINEZ G., A. 1974. Estimación de parámetros genéticos pa-ra once caracteres de cebada maltera (Hordeum vulgare L.) mediante el análisis de cruzas dialélicas. *Agrociencia* 16:97-109.
- ARIZPE M., A. 1985. Cambios fenotípicos y parámetros de estabilidad de cuatro poblaciones de maíz Zea mays L. Tesis Profesional, Facultad de Agronomía, UANL. Marín, N.L. Méx.
- ARKIN, H. y COLTON, R.R. 1981. Métodos Estadísticos. Trad. Carlos Polo Mi-randa. 5a. ed. CEGSA. México. 341 p.
- ARREDONDO V., C. 1982. Aptitud combinatoria general y específica en líneas de trigo Triticum aestivum L. bajo el método riego-sequía. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.

- AVILA L., A. 1982. Indices de selección para el mejoramiento de maíz de alta calidad nutritiva. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- BARRIENTOS P., F. 1962. Aprovechamiento de cruas interracialas en el Programa de Mejoramiento de Maíz en la Mesa Central. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, Méx.
- BETANZOS M., E. y MOLINA G., J. 1979. Indices de selección para habilidad competitiva de plantas de Triticum aestivum L. *Agrociencia* 37:253-266.
- BRAUER H., O. 1980. Fitogenética Aplicada. LIMUSA, México. 518 p.
- BRIGGLE, E.W. 1963. Heterosis in Weat-A Review. *Crop Sci* 3:407-412.
- BUCIO A., L. 1954. Algunas observaciones del comportamiento de las  $F_1$  de las cruas entre las razas de maíz descritas en México. Tesis Profesional, E.N.A. Chapingo, Méx.
- CALIXTO C., N.; MOLINA G., J.D. y HERNANDEZ S., A. 1976. Detección de caracteres determinantes del rendimiento de grano de trigo, mediante índices de selección, coeficientes de sendero y regresión lineal múltiple. *Agrociencia* 24:95-113.
- CAMPO V., A.M. DEL, MOLINA G., J.D. 1982. Aptitud Combinatoria y Estabilidad en tres grupos de poblaciones de maíz en el Norte-Centro de México. *Agrociencia* 47:103-106.
- CARTUJANO R., F. 1964. Heterosis en las  $F_1$  en cruas de maíz primitivos. Tesis Profesional, E.N.A. Chapingo, Méx.

- CASAS D., E. y WELLHAUSEN, E.J. 1968. Diversidad genética y heterosis. Fito-tecnia Latinoamericana 5:53-61.
- CASTRO G., M. 1964. Rendimientos y heterosis con cruza interracial de maíz en México. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, Méx.
- GELIS A., H.; MOLINA G., J.D. y MARTINEZ G., A. 1986. Estimación de parámetros genéticos e índices de selección de la variedad de maíz (Zea mays L.) Zac.58. Agrociencia 63:121-138.
- COUTIÑO E., B. de Js. 1982. Variabilidad genética en cruza dialélicas de maíz formadas con poblaciones tropicales sobresalientes. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- ELLIOT, F.C. 1967. Mejoramiento de Plantas, Citogenética. Trad. del inglés por Antonio Marino A. CECOSA. México. 474 p.
- ESCOBAR P., R.; MOLINA G., J. Y CASAS D., E. 1972. Una extensión del diseño dialélico incluyendo (n-1) veces cada progenitor y su aplicación en trigo. Agrociencia 8:179-190.
- FALCONER, D.S. 1972. Introducción a la Genética Cuantitativa. Trad. del inglés por Fidel Márquez Sánchez. 1a. ed. CECOSA. México. 430 p.
- FLETES G., G.A. 1967. Determinación de índices de selección para mejorar el rendimiento en dos variedades de maíz de la raza Chalqueño. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, Méx.

- FUENTES C., S.A. 1965. Naturaleza de la heterosis en la cruz a intervarietal de Durango Gpo 1 x México Gpo 18. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, Méx.
- GARDNER, C.O. y LONNQUIST, J.H. 1966. Teoría genética estadística y procedimientos útiles para el estudio de las variedades y cruzamientos intervarietales de maíz. Trad. del inglés por Alfredo Carballo Q. CIMMYT. 37 p (Folleto de Investigación No. 2).
- GONZALEZ H., V.A.; ORTIZ C., J. y MENDOZA O., L.E. 1984. Rendimiento del maíz y sus componentes en respuesta a diversas prácticas culturales y criterios de selección. *Agrociencia* 58:101-112.
- GRIFFING, B. 1956. Concept of General and Specific Combining Ability in relation to diallel crossing Systems. *Austr. Jour. Biol. Sci.* 9:463-491.
- INFANTE H., L.; MARQUEZ S., F. y MIRANDA C., S. 1966. Vigor híbrido y su abatimiento en ocho cruza s de sorgo para grano. *Agrociencia* 1(1):107-115.
- JOHANSSON, I. y RENDEL, J. 1972. *Genética y Mejora Animal*. Trad. Francisco Puchal Mas; y Pedro Ducar Maluenda. Acribia, Zaragoza, España 567 p.
- JUGENHEIMER, R.W. 1981. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Trad. Rodolfo Piña García. Limusa, México 841 p.
- LALAMA H., M.; MARQUEZ S., F. y VILLEGAS, E. 1972. Estudio de la acción genética en cinco características de calidad del trigo estimada por cruzamientos dialélicos entre ocho variedades. *Agrociencia* 16:83-95.

- LASLEY, J.F. 1970. Genética del Mejoramiento del Ganado. Trad. Gustavo Reta. UTEHA. México. 378 p.
- EERNER, I.M. 1964. La Base Genética de la Selección. Trad. del inglés por José Ma. Soler Coll. Gea. Barcelona. España. 409 p.
- LOMA, J.L. de la: 1975. Genética General y Aplicada UTEHA. México. 752 p.
- LONNQUIST, J.H. 1965. Métodos de selección útiles para mejoramiento dentro de poblaciones. Trad. del inglés por Mario Gutiérrez Gutiérrez. Fito-tecnia Latinoamericana. 2:1-10.
- LOPEZ N., H. s.f. Heterosis en cruzas de maíces del Bajío y Valles Altos. Tesis profesional, Chapingo, Méx.
- LUSH, J.L. 1969. Bases para la Selección Animal. Trad. del inglés por Carlos Julio Fernández A. 10a. ed. Ediciones Agropecuarias Peri. Buenos Aires, Argentina. 673 p.
- MARQUEZ S., F. 1979. Respuesta esperada a la selección a largo plazo en maíz, en base a un estudio de una mezcla intervarietal. Colegio de Postgraduados, Rama de Genética, Chapingo, Méx. 85 p.
- MARTINEZ G., A. 1975. Diseño y Análisis de los Experimentos de Cruzas dialélicas. Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, México. 228 p.
- MEDINA A., J.A. 1965. Capacidad de combinación de maíces que han dado origen a híbridos en la Mesa Central de México. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, Méx.
- MEJIA C., J.A.; MARQUEZ S., F. y CARBALLO C., A. 1983. Cobertura de la mazorca del maíz: heredabilidad y correlación con otros caracteres. Agrociencia 54:111-123.

- ORTIZ C., J. 1967. Influencia de diferentes niveles de población en las correlaciones entre los caracteres de líneas  $S_2$  de maíz y sus mestizos. Resumen, Tesis Ph.D. Universidad de Iowa, USA.
- OSTLE, B. 1974. Estadística Aplicada. Trad. del inglés por Dagoberto de la Serna Valdivia. 1a. ed. Limusa. México. 629 p.
- OYERVIDES G., M. 1979. Estimación de parámetros genéticos, heterosis e índices de selección en variedades tropicales de maíz adaptadas a Nayarit. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados Chapingo, Mex.
- PATERNIANI, E. and LONNQUIST, J.H. 1963. Heterosis in Interracial Crosses of Corn (Zea mays L.) Crop. Sci. 3:504-507.
- PETR, F.C. and FREY, K.J. 1967. Heterosis in Oats. Crop Sci. 7:33-36.
- POEHLMAN, J.M. 1979. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Trad. Nicolás Sánchez Durón. Limusa. México. 453 p.
- RAMIREZ V., H.; VELASCO N., R. y PEÑA H., S. de la 1980. Aptitud Combinatoria General y Específica en líneas  $S_1$  de maíz (Zea mays L.). Memoria del Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI. Uruapan, Mich. p. 52-65.
- REYES C., P. 1978. Diseño de Experimentos Agrícolas. TRILLAS. México. 344 p.
- \_\_\_\_\_. 1985. Fitogenética Básica y Aplicada. AGT editor. 1a. ed. México 460 p.
- RIVERA F., C.H. 1977. Efecto de la divergencia genética en la heterosis de cruza intervarietales de maíz. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, Méx.

- ROBINSON, H.F. y C.C. COCKERHAM. 1965. Estimación y significado de los parámetros genéticos. Trad. del inglés por Mario Gutiérrez Gutiérrez. Fitotecnia Latinoamericana 2:23-38.
- \_\_\_\_\_ y R.H. MOLL. 1965. Procedimientos útiles para mejorar el comportamiento de cruces intervarietales. Trad. del inglés por Mario Gutiérrez Gutiérrez. Fitotecnia Latinoamericana 2:39-56.
- ROJAS, B.A. and SPRAGUE, G.F. 1952. A comparison of variance components in corn yield trials: III. General and Specific Combining Ability and Their Interaction with Locations and Years. Agr. Jour. 44:462-466.
- SANCHEZ-MONGE P., E. 1966. Genética. 3a. ed. Pessim Lumen. Madrid, España. 409 p.
- SANDOVAL S., A.A. 1964. Heterosis y componentes del rendimiento en ocho cruces raciales de maíces mexicanos y del Caribe. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, Méx.
- SARRIA V., D. 1966. Heterosis acción génica y correlaciones de catorce variedades de maíz en Colombia. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, Méx.
- SINNOT, E.W.; DUNN, L.C. y DOBZHANSKY, T. 1975. Principios de Genética. Trad. del inglés por Antonio Prevosti. 6a. ed. Omega. Barcelona 581 p.
- SPIEGEL, M.R. 1983. Estadística. Trad. José Luis Gómez E. McGraw-Hill. México. 357 p.
- SPRAGUE, G.F. 1960. Mejoramiento del Maíz. Trad. del capítulo V del libro Corn and Corn Improvement por Angel Salazar B. PCCMM. México. 75 p.

- SRB, A.M., OWEN, R.D. y EDGAR, R.S. 1971. Genética General. Trad. del inglés por Griselda Ribó. 2a. ed. Omega. 632 p.
- TORRES, G.J.; MOLINA G., J. y CASAS D., E. 1974. Correlaciones genéticas e índices de selección en la genotecnia de la papa (Solanum tuberosum L.). Agrociencia 16:21-37.
- VARGAS S., J.E. 1979. Efecto de la selección masal en los parámetros genéticos de la variedad de maíz Zac.58 y respuesta a diversos métodos de selección. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados Chapingo, Méx.
- VELAZQUEZ M., R.R.; MUÑOZ O., A.; CORDOVA, S.H. y MARTINEZ G., A. 1983. Híbridos simples entre familias de hermanos completos de diferentes poblaciones de maíz (Zea mays L.) Agrociencia 53:109-119.
- WELLHAUSEN, E.J. 1966. Germoplasma exótico para el mejoramiento del maíz en los Estados Unidos. Trad. Alfredo Carballo Carbaloo. CIMMYT. 16 p. (Folleto de Investigación No. 4).
- WILLIAMS, W. 1965. Principios de Genética y Mejora de las Plantas. Trad. Horacio Marco Moll. Acribia. Zaragoza, España. 527 p.



.9. APENDICE

CUADRO A1. Medias de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter rendimiento de grano seco (kg/ha).

Cruzas PixPj	Pi	Pj	$\frac{P_i + P_j}{2}$	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> respecto:		
					PM	PS	TS*
126x150	2387	2773	2580	3898	151	141	71
126x54	2387	2507	2447	4163	170	166	76
126x87	2387	3632	3010	3800	126	105	70
126x79	2387	2483	2435	3931	161	158	72
126x128	2387	3378	2882	2999	104	89	55
126x52	2387	3178	2782	3574	128	112	65
126x84	2387	3194	2791	4063	146	127	74
126x17	2387	3315	2851	4564	160	138	84
150x54	2773	2507	2640	4102	155	148	75
150x87	2773	3632	3203	3798	119	105	70
150x79	2773	2483	2628	3615	137	130	66
150x128	2773	3378	3076	3573	116	106	65
150x52	2773	3178	2975	3611	121	114	66
150x84	2773	3194	2984	3742	125	117	68
150x17	2773	3315	3044	3591	118	108	66
54x87	2507	3632	3069	3771	123	104	69
54x79	2507	2483	2495	4412	177	176	81
54x128	2507	3378	2942	3774	128	112	69
54x52	2507	3178	2842	3600	127	113	66
54x84	2507	3194	2851	3137	110	98	57
54x17	2507	3315	2911	3756	129	113	69
87x79	3632	2483	3057	3819	125	105	70
87x128	3632	3378	3505	3319	95	91	61
87x52	3632	3178	3405	4249	125	117	78
87x84	3632	3194	3413	3516	103	97	64
87x17	3632	3315	3474	3478	100	96	64
79x128	2483	3378	2930	4159	142	123	76
79x52	2483	3178	2830	3700	131	116	68
79x84	2483	3194	2838	3342	118	105	61
79x17	2483	3315	2899	3623	125	109	66
128x52	3378	3178	3278	3360	102	99	61
128x84	3378	3194	3286	3362	102	99	62
128x17	3378	3315	3347	3588	107	106	66
52x84	3178	3194	3186	3886	122	122	71
52x17	3178	3315	3247	3209	99	97	59
84x17	3194	3315	3255	3582	110	108	66

(\*) Testigo superior: H-417;  $\bar{X}$  = 5460

CUADRO A2. Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter longitud de mazorca (cm)

Cruzas P <sub>i</sub> xP <sub>j</sub>	P <sub>i</sub>	P <sub>j</sub>	$\frac{P_i + P_j}{2}$	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> respecto:		
					PM	PS	TS*
126x150	12.0	12.9	12.5	15.9	128	123	105
126x54	12.0	11.5	11.7	14.9	127	124	98
126x87	12.0	14.1	13.0	14.7	113	104	97
126x79	12.0	12.3	12.1	14.7	121	119	97
126x128	12.0	14.3	13.2	13.7	104	95	90
126x52	12.0	12.8	12.4	12.8	104	100	85
126x84	12.0	12.2	12.1	13.5	112	111	89
126x17	12.0	13.9	12.9	14.4	111	104	95
150x54	12.9	11.5	12.2	15.7	129	122	104
150x87	12.9	14.1	13.5	15.0	111	107	99
150x79	12.9	12.3	12.6	14.1	112	109	93
150x128	12.9	14.3	13.6	14.5	106	101	96
150x52	12.9	12.8	12.8	13.7	110	106	90
150x84	12.9	12.2	12.6	14.3	114	110	94
150x17	12.9	13.9	13.4	14.3	107	103	94
54x87	11.5	14.1	12.8	14.3	112	102	95
54x79	11.5	12.3	11.9	14.9	125	121	99
54x128	11.5	14.3	12.9	14.0	109	98	93
54x52	11.5	12.8	12.1	12.7	104	99	84
54x84	11.5	12.2	11.8	13.2	112	109	88
54x17	11.5	13.9	12.7	13.3	105	96	88
87x79	14.1	12.3	13.2	13.8	105	98	91
87x128	14.1	14.3	14.2	13.3	93	92	88
87x52	14.1	12.8	13.4	14.6	109	104	97
87x84	14.1	12.2	13.1	13.2	100	94	87
87x17	14.1	13.9	14.0	13.5	97	96	90
79x128	12.3	14.3	13.3	15.1	114	105	100
79x52	12.3	12.8	12.5	14.1	113	111	93
79x84	12.3	12.2	12.2	13.7	112	111	90
79x17	12.3	13.9	13.1	14.3	109	103	94
128x52	14.3	12.8	13.6	12.4	91	86	82
128x84	14.3	12.2	13.3	13.7	103	95	90
128x17	14.3	13.9	14.1	14.7	104	102	97
52x84	12.8	12.2	12.5	12.5	100	98	83
52x17	12.8	13.9	13.3	13.9	104	100	92
84x17	12.2	13.9	13.0	13.5	104	98	90

(\*) Testigo superior : H-417;  $\bar{X} = 15.1$

CUADRO A3. Media de cruzas expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter diámetro de mazorca en el centro (cm).

Cruzas PixPj	Pi	Pj	$\frac{P_i + P_j}{2}$	F <sub>1</sub>	PM	F <sub>1</sub> respecto: PS	TS*
126x150	3.4	3.8	3.6	3.9	107	102	89
126x54	3.4	3.3	3.3	3.6	107	104	82
126x87	3.4	3.4	3.4	3.6	105	104	83
126x79	3.4	3.6	3.5	3.8	108	105	88
126x128	3.4	3.8	3.6	3.5	97	93	82
126x52	3.4	3.8	3.6	3.6	100	95	83
126x84	3.4	3.6	3.5	3.8	107	105	87
126x17	3.4	3.5	3.4	3.8	108	107	87
150x54	3.8	3.3	3.5	3.7	105	98	86
150x87	3.8	3.4	3.6	3.9	107	102	89
150x79	3.8	3.6	3.7	3.8	101	99	87
150x128	3.8	3.8	3.8	3.7	98	98	86
150x52	3.8	3.8	3.8	3.9	103	103	90
150x84	3.8	3.6	3.7	3.9	106	103	91
150x17	3.8	3.5	3.7	3.6	99	96	84
54x87	3.3	3.4	3.3	3.7	111	108	86
54x79	3.3	3.6	3.4	3.7	109	103	86
54x128	3.3	3.8	3.5	3.7	105	97	85
54x52	3.3	3.8	3.5	3.8	108	100	88
54x84	3.3	3.6	3.4	3.5	103	98	81
54x17	3.3	3.5	3.4	3.6	107	103	84
87x79	3.4	3.6	3.5	3.7	106	103	86
87x128	3.4	3.8	3.6	3.5	97	93	81
87x52	3.4	3.8	3.6	3.8	106	101	88
87x84	3.4	3.6	3.5	3.7	104	102	84
87x17	3.4	3.5	3.5	3.5	101	100	81
79x128	3.6	3.8	3.7	3.8	103	101	89
79x52	3.6	3.8	3.7	3.8	103	101	88
79x84	3.6	3.6	3.6	3.8	105	104	87
79x17	3.6	3.5	3.6	3.6	101	99	83
128x52	3.8	3.8	3.8	3.8	101	101	88
128x84	3.8	3.6	3.7	3.8	103	100	88
128x17	3.8	3.5	3.7	3.5	94	91	80
52x84	3.8	3.6	3.7	3.8	102	99	87
52x17	3.8	3.5	3.7	3.5	97	93	82
84x17	3.6	3.5	3.7	3.7	105	104	86

(\*) Testigo superior: H-417;  $\bar{X} = 4.3$

CUADRO A4. Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter número de hileras.

Cruzas PixPj	Pi	Pj	$\frac{P_i + P_j}{2}$	F <sub>1</sub>	PM	F <sub>1</sub> respecto: PS	TS*
126x150	11.9	11.4	11.7	11.6	100	98	81
126x54	11.9	11.3	11.6	11.3	97	95	79
126x87	11.9	12.0	12.0	12.5	105	104	87
126x79	11.9	12.1	12.0	11.1	93	92	78
126x128	11.9	11.0	11.5	11.4	100	96	80
126x52	11.9	12.0	12.0	12.1	101	101	84
126x84	11.9	12.5	12.2	12.5	102	100	87
126x17	11.9	10.8	11.3	11.8	104	99	82
150x54	11.4	11.3	11.4	11.1	98	97	77
150x87	11.4	12.0	11.7	11.9	102	99	83
150x79	11.4	12.1	11.8	11.1	95	92	77
150x128	11.4	11.0	11.2	11.8	106	104	82
150x52	11.4	12.0	11.7	12.8	109	107	89
150x84	11.4	12.5	12.0	12.6	105	101	88
150x17	11.4	10.8	11.7	11.4	103	100	79
54x87	11.3	12.0	11.7	11.8	101	98	82
54x79	11.3	12.1	11.7	11.8	100	97	82
54x128	11.3	11.0	11.8	11.3	101	100	79
54x52	11.3	12.0	11.7	12.0	103	100	84
54x84	11.3	12.5	11.9	11.5	97	92	80
54x17	11.3	10.8	11.0	12.1	110	107	84
87x79	12.0	12.1	12.1	11.9	99	98	83
87x128	12.0	11.0	11.5	11.6	101	96	81
87x52	12.0	12.0	12.0	12.1	101	109	84
87x84	12.0	12.5	12.3	11.8	96	95	82
87x17	12.0	10.8	11.4	11.6	102	96	80
79x128	12.1	11.0	11.6	12.0	104	99	83
79x52	12.1	12.0	12.1	12.1	100	100	84
79x84	12.1	12.5	12.3	11.5	94	92	80
79x17	12.1	10.8	11.4	10.7	94	88	74
128x52	11.0	12.0	11.5	12.6	109	104	87
128x84	11.0	12.5	11.7	12.3	105	99	86
128x17	11.0	10.8	10.8	10.7	99	97	74
52x84	12.0	12.5	12.3	13.4	109	107	93
52x17	12.0	10.8	11.4	12.5	110	104	87
84x17	12.5	10.8	11.7	11.2	96	90	78

(\*) Testigo superior: H-417;  $\bar{X} = 14.4$

CUADRO A5. Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter diámetro de olote (cm).

Cruzas PixPj	Pi	Pj	$\frac{P_i + P_j}{2}$	F <sub>1</sub>	PM	F <sub>1</sub> respecto: PS	TS*
126x150	1.9	2.2	2.0	2.3	113	104	87
126x54	1.9	1.6	1.7	1.9	107	101	71
126x87	1.9	1.8	1.8	1.9	107	104	74
126x79	1.9	2.3	2.1	2.2	107	97	84
126x128	1.9	2.1	2.0	1.9	94	89	71
126x52	1.9	2.1	2.0	1.9	95	90	72
126x84	1.9	2.1	2.0	2.0	103	97	78
126x17	1.9	1.8	1.8	2.0	110	109	77
150x54	2.2	1.6	1.9	2.0	102	89	74
150x87	2.2	1.8	2.0	2.1	107	96	80
150x79	2.2	1.3	2.2	2.0	91	89	77
150x128	2.2	2.1	2.2	2.2	101	99	83
150x52	2.2	2.1	2.1	2.3	106	104	87
150x84	2.2	2.1	2.1	2.2	102	100	84
150x17	2.2	1.8	2.0	2.0	100	91	76
54x87	1.6	1.8	1.7	1.9	109	106	71
54x79	1.6	2.3	2.0	1.9	99	85	74
54x128	1.6	2.1	1.9	1.9	103	91	74
54x52	1.6	2.1	1.9	2.0	107	95	76
54x87	1.6	2.1	1.9	1.8	98	88	70
54x17	1.6	1.8	1.7	1.8	104	99	68
87x79	1.8	2.3	2.0	1.9	96	86	74
87x128	1.8	2.1	1.9	1.9	100	91	74
87x52	1.8	2.1	1.9	2.0	104	95	76
87x84	1.8	2.1	1.9	1.8	95	88	70
87x17	1.8	1.8	1.8	1.9	107	106	73
79x129	2.3	2.1	2.2	2.3	104	100	86
79x52	2.3	2.1	2.2	2.1	99	95	82
79x84	2.3	2.1	2.2	2.1	96	93	80
79x17	2.3	1.8	2.0	1.2	97	87	75
128x52	2.1	2.1	2.1	2.1	100	99	80
128x84	2.1	2.1	2.1	2.2	103	102	82
128x17	2.1	1.8	2.0	1.9	96	89	71
52x84	2.1	2.1	2.1	2.2	105	105	84
52x17	2.1	1.8	1.9	1.9	95	89	71
84x17	2.1	1.8	1.9	2.0	105	98	78

(\*) Testigo superior: H-417;  $\bar{X} = 2.6$

CUADRO A6. Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter volumen de grano (cm<sup>3</sup>).

Cruzas PixPj	Pi	Pj	$\frac{P_i + P_j}{2}$	F <sub>1</sub>	PM	F <sub>1</sub> respecto: PS	TS*
126x150	8.3	9.8	9.0	10.2	113	105	84
126x54	8.3	9.2	8.7	10.3	117	111	85
126x87	8.3	8.8	8.5	9.3	109	106	77
126x79	8.3	8.9	8.6	10.4	121	116	86
126x128	8.3	10.2	9.2	8.7	94	85	72
126x52	8.3	9.4	8.8	8.2	93	88	68
126x84	8.3	9.1	8.7	9.1	104	99	75
126x17	8.3	9.6	9.0	9.6	107	99	79
150x54	9.8	9.2	9.5	10.1	106	103	83
150x87	9.8	8.8	9.3	10.0	108	103	83
150x79	9.8	8.9	9.4	11.8	126	121	97
150x128	9.8	10.2	10.0	8.8	88	86	72
150x52	9.8	9.4	9.6	10.3	107	105	85
150x84	9.8	9.2	9.5	10.2	108	105	85
150x17	9.8	9.6	9.7	9.5	98	97	78
54x87	9.2	8.8	9.0	10.7	118	116	88
54x79	9.2	8.9	9.1	10.5	116	114	87
54x128	9.2	10.2	9.7	9.7	99	95	80
54x52	9.2	9.4	9.3	9.8	105	104	81
54x84	9.2	9.1	9.2	9.0	98	98	74
54x17	9.2	9.6	9.4	9.2	98	96	76
87x79	8.8	8.9	8.9	9.8	111	110	81
87x128	8.8	10.2	9.5	8.7	91	85	72
87x52	8.8	9.4	9.1	2.0	109	106	82
87x84	8.8	9.1	9.0	9.3	104	102	77
87x17	8.8	9.6	9.2	9.1	98	94	75
79x128	8.9	10.2	9.6	10.0	104	98	83
79x52	8.9	9.4	9.2	10.3	113	110	85
79x84	8.9	9.1	9.1	10.4	115	113	86
79x17	8.9	9.6	9.3	10.6	114	109	87
128x52	10.2	9.4	9.8	8.4	85	82	69
128x84	10.2	9.2	9.7	9.9	103	97	82
128x17	10.2	9.6	9.9	8.9	89	87	73
52x84	9.4	9.2	9.3	10.1	109	108	84
52x17	9.4	9.6	9.5	8.6	91	90	71
84x17	9.2	9.6	9.4	10.2	108	105	84

(\*) Testigo superior: H-417;  $\bar{X} = 12.1$

CUADRO A7. Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter peso de olote (gr).

Cruzas PixPj	Pi	Pj	$\frac{P_i + P_j}{2}$	F <sub>1</sub>	PM	F <sub>1</sub> respecto: PS	TS*
126x150	10.5	12.5	11.5	17.8	155	142	61
126x54	10.5	10.8	10.6	14.2	133	131	49
126x87	10.5	11.4	10.9	13.1	120	115	45
126x79	10.5	14.7	12.6	16.0	127	109	55
126x128	10.5	16.9	13.7	13.0	95	77	45
126x52	10.5	14.3	12.4	13.2	107	92	46
126x84	10.5	13.6	12.1	15.0	124	110	52
126x17	10.5	12.3	11.4	17.5	154	143	60
150x54	12.5	10.8	11.6	16.4	141	131	57
150x87	12.5	11.4	12.0	15.4	129	123	53
150x79	12.5	14.7	13.6	14.8	109	100	51
150x128	12.5	16.9	14.7	16.3	111	96	56
150x52	12.5	14.3	13.4	17.0	127	119	59
150x84	12.5	13.6	13.1	16.2	124	118	56
150x17	12.5	12.3	12.4	14.7	119	118	51
54x87	10.8	11.4	11.1	12.8	115	112	44
54x79	10.8	14.7	12.7	17.8	140	121	61
54x128	10.8	16.9	13.8	14.2	103	84	49
54x52	10.8	14.3	12.5	13.4	107	94	46
54x84	10.8	13.6	12.2	11.6	95	85	40
54x17	10.8	12.3	11.5	11.6	101	95	40
87x79	11.4	14.7	13.0	13.0	100	88	45
87x128	11.4	16.9	14.2	11.8	83	70	41
87x52	11.4	14.3	12.9	15.0	117	105	52
87x84	11.4	13.6	12.5	14.0	112	103	48
87x17	11.4	12.3	11.8	11.8	100	97	41
79x128	14.7	16.9	15.8	18.0	117	109	64
79x52	14.7	14.3	14.5	16.0	110	109	55
79x84	14.7	13.6	14.2	15.1	107	103	52
79x17	14.7	12.3	13.5	13.4	100	91	46
128x52	16.9	14.3	15.6	13.7	88	81	47
128x84	16.9	13.6	15.3	15.4	101	91	53
128x17	16.9	12.3	14.6	14.8	101	87	51
52x84	14.3	13.6	14.0	14.9	106	104	51
52x17	14.3	12.3	13.0	11.5	87	80	40
84x17	13.6	12.3	13.0	16.1	128	118	56

(\*) Testigo superior: H-417; X = 29.0



CUADRO A8. Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter peso de grano seco (gr).

Cruzas PixPj	Ri	Pj	$\frac{P_i + P_j}{2}$	F <sub>1</sub>	PM	F <sub>1</sub> respecto: PS	TS*
126x150	54	63	59	89	151	141	71
126x54	54	57	56	95	170	166	76
126x87	54	82	68	86	126	105	70
126x79	54	56	55	89	161	158	72
126x128	54	77	65	68	104	89	55
126x52	54	72	63	81	128	112	65
126x84	54	73	63	92	146	127	74
126x17	54	75	65	104	160	138	84
150x54	63	57	60	93	155	148	75
150x87	63	82	73	86	119	105	70
150x79	63	56	60	82	137	130	66
150x128	63	77	70	81	116	106	65
150x52	63	72	68	82	121	114	66
150x84	63	73	68	85	125	117	68
150x17	63	75	69	82	118	108	66
54x87	57	82	70	86	123	104	69
54x79	57	56	57	100	177	176	81
54x128	57	77	67	86	128	112	69
54x52	57	72	65	82	127	113	66
54x84	57	73	65	71	110	98	57
54x17	57	75	66	85	129	113	69
87x79	82	56	69	87	125	105	70
87x128	82	77	80	75	95	91	61
87x52	82	72	77	97	125	117	78
87x84	82	73	78	80	103	97	64
87x17	82	75	79	79	100	96	64
79x128	56	77	67	94	142	123	76
79x52	56	72	64	84	131	116	68
79x84	56	73	64	76	118	105	61
79x17	56	75	66	82	125	109	66
128x52	77	72	74	76	102	99	61
128x84	77	73	75	76	102	99	62
128x17	77	75	76	81	107	106	66
52x84	72	73	72	88	122	122	71
52x17	72	75	74	73	99	97	59
84x17	73	75	74	81	110	108	66

(\*) Testigo superior: H-417;  $\bar{X} = 124$

CUADRO A9. Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter peso de mazorca seca (gr).

Cruzas PixPj	Pi	Pj	Pi + Pj		F <sub>1</sub> respecto:		
			2	F <sub>1</sub>	PM	PS	TS*
126x150	65	75	70	106	152	141	69
126x54	65	68	66	109	164	161	71
126x87	65	94	79	99	125	106	65
126x79	65	71	68	105	155	148	69
126x128	65	94	79	81	102	87	53
126x52	65	86	76	94	125	109	62
126x84	65	86	75	107	142	124	70
126x17	65	88	76	121	159	138	79
150x54	75	68	72	110	153	145	72
150x87	75	94	85	102	120	108	66
150x79	75	71	73	97	132	128	63
150x128	75	94	85	97	115	104	64
150x52	75	86	81	99	122	114	65
150x84	75	86	81	101	125	117	66
150x17	75	88	82	96	118	110	63
54x87	68	94	81	98	122	105	64
54x79	68	71	69	118	170	166	77
54x128	68	94	81	100	124	107	65
54x52	68	86	77	95	123	110	62
54x84	68	86	77	83	108	96	54
54x17	68	88	78	97	125	111	63
87x79	94	71	82	100	121	106	65
87x128	94	94	94	87	93	93	57
87x52	94	86	90	112	124	119	73
87x84	94	86	90	94	104	100	61
87x17	94	88	91	91	100	97	59
79x128	71	94	82	113	137	121	74
79x52	71	86	79	100	127	116	65
79x84	71	86	79	91	116	106	59
79x17	71	88	79	96	121	109	63
128x52	94	86	90	90	100	96	59
128x84	94	86	90	92	102	98	60
128x17	94	88	91	96	106	103	63
52x84	86	86	86	103	119	119	67
52x17	86	88	87	84	97	96	55
84x17	86	88	87	97	112	111	64

(\*) Testigo superior: H-417; X = 153

CUADRO A10. Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter relación diámetro de mazorca en el centro/longitud.

Cruzas PixPj	Pi	Pj	$\frac{P_i + P_j}{2}$	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> respecto:		TS*
					PM	PS	
126x150	.29	.30	.29	.24	83	80	77
126x54	.29	.29	.29	.24	83	83	77
126x87	.29	.25	.27	.25	93	100	81
126x79	.29	.30	.29	.26	90	87	84
126x128	.29	.27	.28	.26	93	90	84
126x52	.29	.30	.29	.29	100	97	93
126x84	.29	.29	.29	.28	96	96	90
126x17	.29	.25	.27	.26	96	90	84
150x54	.30	.29	.29	.24	83	80	77
150x87	.30	.25	.27	.26	96	87	84
150x79	.30	.30	.30	.27	90	90	87
150x128	.30	.27	.28	.26	93	87	84
150x52	.30	.30	.30	.29	97	97	93
150x84	.30	.29	.29	.28	96	93	90
150x17	.30	.25	.27	.26	96	87	84
54x87	.29	.25	.27	.26	96	90	84
54x79	.29	.30	.29	.27	93	90	87
54x128	.29	.27	.28	.26	93	90	84
54x52	.29	.30	.29	.30	103	100	97
54x84	.29	.29	.29	.27	93	93	87
54x17	.29	.25	.27	.28	104	96	90
87x79	.25	.30	.27	.27	100	90	87
87x128	.25	.27	.26	.27	104	100	87
87x52	.25	.30	.27	.26	96	87	84
87x84	.25	.29	.27	.28	104	96	90
87x17	.25	.25	.25	.26	104	104	84
79x128	.30	.27	.28	.25	89	83	81
79x52	.30	.30	.30	.27	90	90	87
79x84	.30	.29	.29	.28	96	93	90
79x17	.30	.25	.27	.25	93	83	81
128x52	.27	.30	.28	.31	111	103	100
128x84	.27	.29	.28	.28	100	96	90
128x17	.27	.25	.26	.24	92	89	77
52x84	.30	.29	.29	.30	103	100	97
52x17	.30	.25	.27	.26	96	87	84
84x17	.29	.25	.27	.28	104	96	90

(\*) Testigo superior: A-305-W;  $\bar{X} = .31$

CUADRO A11. Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter índice de grano.

Cruzas PixPj	Pi	Pj	$\frac{P_i + P_j}{2}$	F <sub>1</sub>	PM	F <sub>1</sub> respecto: PS	TS*
126x150	.84	.83	.83	.83	100	99	100
126x54	.84	.85	.84	.87	104	102	105
126x87	.84	.88	.86	.87	101	99	105
126x79	.84	.79	.81	.85	105	101	102
126x128	.84	.81	.82	.84	102	100	101
126x52	.84	.83	.83	.86	104	102	104
126x84	.84	.84	.84	.86	102	102	104
126x17	.84	.86	.85	.85	100	99	102
150x54	.83	.85	.84	.84	100	99	101
150x87	.83	.88	.85	.84	99	95	101
150x79	.83	.79	.81	.85	105	102	102
150x128	.83	.81	.82	.83	101	100	100
150x52	.83	.83	.83	.83	100	100	100
150x84	.83	.84	.83	.84	101	100	101
150x17	.83	.86	.84	.85	101	99	102
54x87	.85	.88	.86	.87	101	99	105
54x79	.85	.79	.82	.85	104	100	102
54x128	.85	.81	.83	.86	104	101	104
54x52	.85	.83	.84	.86	102	101	104
54x84	.85	.84	.84	.86	102	101	104
54x17	.85	.86	.85	.88	103	102	106
87x79	.88	.79	.83	.87	105	99	105
87x128	.88	.81	.84	.86	102	98	120
87x52	.88	.83	.85	.87	102	99	105
87x84	.88	.84	.86	.84	98	95	101
87x17	.88	.86	.87	.87	100	99	105
79x128	.79	.81	.80	.83	104	102	100
79x52	.79	.83	.81	.84	104	101	101
79x84	.79	.84	.81	.82	101	98	99
79x17	.79	.86	.82	.86	105	100	104
128x52	.81	.83	.82	.84	102	101	101
128x84	.81	.84	.82	.83	101	99	100
128x17	.81	.86	.83	.84	101	98	101
52x84	.83	.84	.83	.85	102	101	102
52x17	.83	.86	.84	.85	101	99	102
84x17	.84	.86	.85	.84	99	98	101

(\*) Testigo superior: V-402;  $\bar{X} = .83$

CUADRO A12. Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter ramificaciones de la espiga.

Cruzas PixPj	Pi	Pj	$\frac{P_i + P_j}{2}$	F <sub>1</sub>	-PM	F <sub>1</sub> respecto: PS	TS*
126x150	14.1	15.3	14.7	16.3	111	107	92
126x54	14.1	15.8	14.9	16.9	113	107	96
126x87	14.1	15.8	15.0	16.2	108	102	91
126x79	14.1	19.4	16.7	18.8	112	97	106
126x128	14.1	16.0	15.0	15.7	105	98	89
126x52	14.1	16.5	15.3	14.3	93	87	81
126x84	14.1	17.7	15.9	15.6	98	88	88
126x17	14.1	15.8	15.0	18.4	123	116	104
150x54	15.3	15.8	15.5	15.9	102	101	90
150x87	15.3	15.8	15.6	16.7	107	105	94
150x79	15.3	19.4	17.3	19.5	113	101	110
150x128	15.3	16.0	15.6	19.5	125	122	110
150x52	15.3	16.5	15.9	19.5	123	118	110
150x84	15.3	17.7	16.5	15.6	95	88	88
150x17	15.3	15.8	15.6	17.8	114	112	100
54x87	17.0	15.8	15.8	17.2	109	109	97
54x79	17.0	19.4	17.6	19.6	111	101	111
54x128	17.0	16.0	15.9	18.4	116	115	104
54x52	17.0	16.5	16.1	16.1	100	98	91
54x84	17.0	17.7	16.8	17.2	103	97	97
54x17	17.0	15.8	15.8	16.4	104	103	92
87x79	17.0	19.4	17.6	18.5	105	96	105
87x128	17.0	16.0	15.9	15.3	96	96	87
87x52	17.0	16.5	16.2	17.5	108	106	99
87x84	17.0	17.7	16.8	16.6	99	93	94
87x17	17.0	15.8	15.8	17.7	111	111	100
79x128	19.4	16.0	17.7	20.3	115	105	115
79x52	19.4	16.5	17.9	18.1	101	94	102
79x84	19.4	17.7	18.6	18.1	97	93	102
79x17	19.4	15.8	17.6	20.8	118	107	118
128x52	16.0	16.5	16.2	18.5	114	112	105
128x84	16.0	17.7	16.9	16.8	100	95	95
128x17	16.0	15.8	15.9	17.2	108	108	97
52x84	16.5	17.7	17.1	16.8	98	95	95
52x17	16.5	15.8	16.2	16.4	101	99	93
84x17	17.7	15.8	16.8	16.1	96	91	91

(\*) Testigo superior: H-417;  $\bar{X} = 17.7$

CUADRO A13. Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter excursión de la espiga (cm)

Cruzas PixPj	Pi	Pj	$\frac{P_i + P_j}{2}$	F <sub>1</sub>	PM	F <sub>1</sub> respecto: PS	TS*
126x150	5.3	2.2	3.8	4.5	120	85	162
126x54	5.3	3.9	4.6	4.6	101	87	165
126x87	5.3	4.0	4.6	6.1	131	115	217
126x79	5.3	5.1	5.2	4.9	95	93	176
126x128	5.3	3.1	4.2	4.5	108	86	162
126x52	5.3	4.3	4.8	4.8	101	91	172
126x84	5.3	2.0	3.6	4.4	120	83	157
126x17	5.3	4.1	4.7	4.2	89	79	150
150x54	2.2	3.9	3.1	5.4	177	140	194
150x87	2.2	4.0	3.1	3.7	120	94	134
150x79	2.2	5.1	3.7	4.6	126	91	165
150x128	2.2	3.1	2.7	3.1	114	98	110
150x52	2.2	4.3	3.3	5.2	159	122	186
150x84	2.2	2.0	2.1	4.6	216	203	164
150x17	2.2	4.1	3.2	4.5	143	110	162
54x87	4.0	4.0	3.9	3.4	87	85	122
54x79	4.0	5.1	4.5	5.2	116	102	185
54x128	4.0	3.1	3.5	4.6	132	119	165
54x52	4.0	4.3	4.1	5.3	130	124	189
54x84	4.0	2.0	2.9	3.7	125	95	131
54x17	4.0	4.1	4.0	3.5	88	85	125
87x79	4.0	5.1	4.5	5.3	118	105	191
87x128	4.0	3.1	3.6	4.2	118	105	151
87x52	4.0	4.3	4.1	5.5	134	130	198
87x84	4.0	2.0	3.0	2.6	88	66	94
87x17	4.0	4.1	4.5	3.7	82	90	132
79x128	5.1	3.1	4.1	4.6	111	90	163
79x52	5.1	4.3	4.7	5.2	112	103	186
79x84	5.1	2.0	3.5	4.4	125	87	158
79x17	5.1	4.1	4.6	5.3	117	105	191
128x52	3.1	4.3	3.7	3.6	98	85	130
128x84	3.1	2.0	2.6	4.8	186	152	171
128x17	3.1	4.1	3.6	5.6	156	138	202
52x84	4.3	2.0	3.1	4.2	134	98	150
52x17	4.3	4.1	4.2	5.2	125	122	186
84x17	2.0	4.1	3.5	5.0	144	123	180

(\*) Testigo superior: V-402;  $\bar{X} = 2.8$

CUADRO A14. Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter número total de hojas.

Cruzas PixPj	Pi	Pj	$\frac{P_i + P_j}{2}$	F <sub>1</sub>	PM	F <sub>1</sub> respecto: PS	TS*
126x150	13.0	11.5	12.3	12.6	103	97	97
126x54	13.0	12.6	12.8	12.8	100	98	99
126x84	13.0	12.1	12.6	13.0	104	100	100
126x79	13.0	12.0	12.5	12.3	98	95	95
126x128	13.0	12.0	12.6	12.9	102	99	99
126x52	13.0	13.0	12.9	13.2	103	101	102
126x84	13.0	13.1	13.1	13.4	102	102	103
126x17	13.0	13.1	13.1	13.0	98	99	100
150x54	11.5	12.6	12.1	12.5	103	99	96
150x87	11.5	12.1	11.8	12.1	103	101	93
150x79	11.5	12.0	11.8	12.2	104	102	94
150x128	11.5	12.2	11.9	12.8	108	105	98
150c52	11.5	12.7	12.1	12.9	106	101	99
150x84	11.5	13.1	12.3	12.6	102	96	97
150x17	11.5	13.1	12.3	12.4	101	95	96
54x87	12.6	12.1	12.4	12.9	104	102	99
54x79	12.6	12.0	12.3	13.0	105	103	100
54x128	12.6	12.2	12.4	13.0	105	103	100
54x52	12.6	12.7	12.7	13.3	104	104	102
54x84	12.6	13.1	12.9	12.9	100	98	99
54x17	12.6	13.1	12.9	13.2	103	101	102
87x79	12.1	12.0	12.1	13.0	108	108	100
87x128	12.1	12.2	12.1	12.7	105	104	98
87x52	12.1	13.0	12.4	13.0	105	102	100
87x84	12.1	13.1	12.6	13.1	104	98	101
87x17	12.1	13.1	12.6	12.6	101	97	96
79x128	12.0	12.2	12.1	13.0	107	107	100
79x52	12.0	13.0	12.4	13.6	109	106	104
79x84	12.0	13.1	12.6	13.1	104	100	101
79x17	12.0	13.1	12.6	12.1	96	92	93
128x52	12.2	12.7	12.5	13.4	108	105	103
128x84	12.2	13.1	12.7	13.2	104	100	101
128x17	12.2	13.1	12.6	12.1	96	92	93
52x84	12.7	13.1	12.9	13.2	102	101	102
52x17	12.7	13.1	12.9	13.0	100	99	100
84x17	13.1	13.1	13.1	12.3	94	93	95

(\*) Testigo superior: H-417;  $\bar{X} = 13.0$

CUADRO A15. Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter hojas abajo de la mazorca principal.

Cruzas PixPj	Pi	Pj	$\frac{P_i + P_j}{2}$	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> respecto:		TS*
					PM	PS	
126x150	6.7	5.7	6.2	6.9	111	103	109
126x54	6.7	6.6	6.7	6.8	101	100	106
126x87	6.7	6.1	6.4	6.7	105	100	105
126x79	6.7	6.2	6.5	6.4	99	95	100
126x128	6.7	6.2	6.5	6.8	105	101	106
126x52	6.7	6.9	6.8	7.1	105	104	114
126x84	6.7	6.9	6.8	7.2	106	105	113
126x17	6.7	6.6	6.7	7.0	106	104	110
150x54	5.7	6.6	6.2	6.8	110	102	106
150x87	5.7	6.1	5.9	6.2	105	101	97
150x79	5.7	6.2	6.0	6.6	110	106	103
150x128	5.7	6.2	6.0	6.8	114	109	107
150x52	5.7	6.9	6.3	6.9	109	100	108
150x84	5.7	6.9	6.3	6.6	104	95	103
150x17	5.7	6.6	6.2	6.6	108	100	104
54x87	6.6	6.1	6.4	6.9	108	103	107
54x79	6.6	6.2	6.4	7.3	113	110	114
54x128	6.6	6.2	6.4	7.0	109	106	110
54x52	6.6	6.9	6.8	7.2	107	105	112
54x84	6.6	6.9	6.8	7.0	103	57	109
54x17	6.6	6.6	6.6	7.2	109	109	113
87x79	6.1	6.2	6.2	6.7	108	107	104
87x128	6.1	6.2	6.2	6.7	108	107	105
87x52	6.1	6.9	6.5	6.9	106	100	107
87x84	6.1	6.9	6.5	7.2	110	104	112
87x17	6.1	6.6	6.4	6.9	109	105	109
79x128	6.2	6.2	6.2	6.7	107	107	105
79x52	6.2	6.9	6.5	7.0	107	102	110
79x84	6.2	6.9	6.6	6.9	106	100	109
79x17	6.2	6.6	6.4	6.3	98	95	98
128x52	6.2	6.9	6.6	7.4	114	108	116
128x84	6.2	6.9	6.6	7.0	106	101	109
128x17	6.2	6.6	6.4	6.2	97	94	97
52x84	6.9	6.9	6.9	7.0	102	102	110
52x17	6.9	6.6	6.7	6.9	102	100	108
84x17	6.9	6.6	6.8	6.4	95	93	100

(\*) Testigo superior: V-401;  $\bar{X} = 6.4$



CUADRO A16. Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter hojas arriba de la mazorca principal.

Cruzas PixPj	Pi	Pj	$\frac{P_i + P_j}{2}$	F <sub>1</sub>	PM	F <sub>1</sub> respecto: PS	TS*
126x150	5.3	4.8	5.1	5.0	93	89	85
126x54	5.3	5.0	5.1	5.0	98	95	91
126x87	5.2	4.9	5.1	5.2	102	99	95
126x79	5.3	4.8	5.1	4.9	98	93	89
126x128	5.3	5.0	5.1	5.1	94	96	92
126x52	5.3	4.9	5.1	5.2	102	98	94
126x84	5.3	5.0	5.2	5.1	99	97	93
126x17	5.3	5.3	5.3	5.0	94	94	90
150x54	4.8	5.0	4.9	4.7	96	95	84
150x87	4.8	4.9	4.9	4.9	100	99	89
150x79	4.8	4.8	4.8	5.3	109	100	96
150x128	4.8	5.0	4.9	4.9	101	100	89
150x52	4.8	4.9	4.9	5.0	103	102	90
150x84	4.8	5.1	5.0	5.0	102	99	91
150x17	4.8	5.3	5.1	4.8	95	91	87
54x87	5.0	4.9	5.0	5.0	101	101	91
54x79	5.0	4.8	4.9	5.0	101	100	90
54x128	5.0	5.0	5.0	4.9	100	100	89
54x52	5.0	4.9	4.9	5.0	103	102	91
54x84	5.0	5.1	5.0	4.9	98	97	90
54x17	5.0	5.3	5.1	5.2	102	99	94
87x79	4.9	4.8	4.9	5.3	109	100	97
87x128	4.9	5.0	5.0	5.0	101	101	91
87x52	4.9	4.9	4.9	5.2	105	104	93
87x84	4.9	5.1	5.1	5.2	103	102	94
87x17	4.9	5.3	5.1	4.7	92	89	85
79x128	4.8	5.0	4.9	5.3	107	106	95
79x52	4.8	4.9	4.9	5.5	114	113	100
79x84	4.8	5.1	5.0	5.1	103	101	93
79x17	4.8	5.3	5.1	5.0	99	95	91
128x52	5.0	4.9	4.9	5.0	101	100	90
128x84	5.0	5.1	5.0	5.2	103	102	94
128x17	5.0	5.3	5.1	4.9	95	93	88
52x84	4.9	5.1	5.0	5.2	104	102	94
52x17	4.9	5.3	5.1	5.1	100	96	92
84x17	5.0	5.3	5.2	5.0	96	95	90

(\*) Testigo superior: H-417;  $\bar{X} = 5.5$

CUADRO A17. Medias de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter número de mazorcas por planta.

Cruzas PixPj	Pi	Pj	$\frac{P_i + P_j}{2}$	F <sub>1</sub>	PM	F <sub>1</sub> respecto: PS	TS*
126x150	1.15	1.07	1.11	1.07	96	93	79
126x54	1.15	1.38	1.26	1.35	107	98	100
126x87	1.15	1.33	1.24	1.18	95	89	87
126x79	1.15	1.02	1.08	1.10	102	96	81
126x128	1.15	1.08	1.11	1.10	99	96	81
126x52	1.15	1.23	1.19	1.27	107	103	94
126x84	1.15	1.18	1.16	1.23	106	104	91
126x17	1.15	1.23	1.19	1.35	113	110	100
150x54	1.07	1.38	1.22	1.27	104	92	94
150x87	1.07	1.33	1.20	1.02	85	77	75
150x79	1.07	1.02	1.04	1.15	111	107	85
150x128	1.07	1.08	1.07	1.27	119	118	94
150x52	1.07	1.23	1.15	1.15	100	93	85
150x84	1.07	1.18	1.12	1.15	103	97	85
150x17	1.07	1.23	1.15	1.15	100	93	85
54x87	1.38	1.33	1.35	1.20	89	87	89
54x79	1.38	1.02	1.20	1.40	117	101	104
54x128	1.38	1.08	1.23	1.20	98	87	89
54x52	1.38	1.23	1.30	1.33	115	82	84
54x84	1.38	1.18	1.28	1.35	105	98	100
54x17	1.38	1.23	1.30	1.20	92	87	89
87x79	1.33	1.02	1.17	1.13	97	85	84
87x128	1.33	1.08	1.20	1.27	106	95	94
87x52	1.33	1.23	1.28	1.17	91	88	87
87x84	1.33	1.18	1.25	1.30	104	88	96
87x17	1.33	1.23	1.28	1.20	94	90	89
79x128	1.02	1.08	1.05	1.35	129	125	100
79x52	1.02	1.23	1.12	1.10	98	89	81
79x84	1.02	1.18	1.10	1.08	98	91	80
79x17	1.02	1.23	1.12	1.08	96	88	80
128x52	1.08	1.23	1.15	1.25	109	102	93
128x84	1.08	1.18	1.13	1.10	97	93	81
128x17	1.08	1.23	1.15	1.33	116	108	98
52x84	1.23	1.18	1.20	1.10	92	89	81
52x17	1.23	1.23	1.23	1.05	85	85	78
84x17	1.18	1.23	1.20	1.20	100	98	89

(\*) Testigo superior: H-417;  $\bar{X} = 1.35$

CUADRO A18. Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter altura de planta (m).

Cruzas PixPj	Pi	Pj	$\frac{P_i + P_j}{2}$	F <sub>1</sub>	PM	F <sub>1</sub> respecto: PS	TS*
126x150	1.33	1.30	1.31	1.62	124	122	112
126x54	1.33	1.35	1.34	1.72	128	127	119
126x87	1.33	1.40	1.36	1.69	124	121	117
126x79	1.33	1.35	1.34	1.67	125	124	116
126x128	1.33	1.51	1.42	1.62	114	107	112
126x52	1.33	1.48	1.40	1.59	114	107	110
126x84	1.33	1.37	1.35	1.58	117	115	110
126x17	1.33	1.44	1.38	1.66	120	115	115
150x54	1.30	1.35	1.32	1.77	134	131	123
150x87	1.30	1.40	1.35	1.53	113	109	106
150x79	1.30	1.35	1.32	1.54	117	114	107
150x128	1.30	1.51	1.40	1.55	111	103	108
150x52	1.30	1.48	1.39	1.71	123	115	119
150x84	1.30	1.37	1.33	1.56	117	114	108
150x17	1.30	1.44	1.37	1.58	115	110	110
54x87	1.35	1.40	1.37	1.73	126	124	120
54x79	1.35	1.35	1.35	1.67	124	124	116
54x128	1.35	1.51	1.43	1.69	118	112	117
54x52	1.35	1.48	1.41	1.65	117	111	115
54x84	1.35	1.37	1.36	1.58	116	115	110
54x17	1.35	1.44	1.39	1.61	116	112	112
87x79	1.40	1.35	1.37	1.70	124	121	118
87x128	1.40	1.51	1.45	1.57	108	104	109
87x52	1.40	1.48	1.44	1.78	124	120	124
87x84	1.40	1.37	1.38	1.53	111	109	106
87x17	1.40	1.44	1.42	1.52	107	105	105
79x128	1.35	1.51	1.43	1.75	122	116	121
79x52	1.35	1.48	1.41	1.80	128	122	125
79x84	1.35	1.37	1.36	1.65	121	120	115
79x17	1.35	1.44	1.39	1.65	119	115	115
128x52	1.51	1.48	1.49	1.55	104	103	108
128x84	1.51	1.37	1.44	1.61	112	107	112
128x17	1.51	1.44	1.47	1.59	108	105	110
52x84	1.48	1.37	1.42	1.57	111	106	109
52x17	1.48	1.44	1.46	1.58	108	107	110
84x17	1.37	1.44	1.40	1.40	100	97	97

(\*) Testigo superior: H-417;  $\bar{X} = 1.44$

CUADRO A19. Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter altura de mazorca principal (m).

Cruzas PixPj	Pi	Pj	$\frac{P_i + P_j}{2}$	F <sub>1</sub>	PM	F <sub>1</sub> respecto: PS	TS*
126x150	0.70	0.66	0.68	0.92	135	131	130
126x54	0.70	0.75	0.72	0.90	125	120	127
126x87	0.70	0.69	0.69	0.86	125	123	121
126x79	0.70	0.70	0.70	0.91	130	130	128
126x128	0.70	0.77	0.73	0.86	118	112	121
126x52	0.70	0.77	0.73	0.84	115	109	118
126x84	0.70	0.70	0.70	0.86	123	123	121
126x17	0.70	0.81	0.75	0.92	123	114	130
150x54	0.70	0.75	0.70	0.99	141	132	139
150x87	0.66	0.69	0.67	0.82	122	119	115
150x79	0.66	0.70	0.68	0.83	122	119	117
150x128	0.66	0.77	0.71	0.87	122	113	122
150x52	0.66	0.77	0.71	0.93	131	121	131
150x84	0.66	0.70	0.68	0.82	121	117	115
150x17	0.66	0.81	0.73	0.88	120	109	124
54x87	0.75	0.69	0.72	0.98	136	131	138
54x79	0.75	0.70	0.72	0.93	129	124	131
54x128	0.75	0.77	0.76	0.95	125	123	134
54x52	0.75	0.77	0.76	0.94	124	122	132
54x84	0.75	0.70	0.72	0.85	118	113	120
54x17	0.75	0.81	0.78	0.91	117	112	128
87x79	0.69	0.70	0.69	0.92	133	131	130
87x128	0.69	0.77	0.73	0.82	112	106	115
87x52	0.69	0.77	0.73	0.99	136	129	139
87x84	0.69	0.70	0.69	0.87	126	124	122
87x17	0.69	0.81	0.75	0.81	108	100	114
79x128	0.70	0.77	0.73	1.01	138	131	142
79x52	0.70	0.77	0.73	0.96	131	125	135
79x84	0.70	0.70	0.70	0.91	130	130	128
79x17	0.70	0.81	0.75	0.86	115	106	121
128x52	0.77	0.77	0.77	0.88	114	114	124
128x84	0.77	0.70	0.73	0.86	118	112	121
128x17	0.77	0.81	0.79	0.84	106	104	118
52x84	0.77	0.70	0.73	0.87	119	113	122
52x17	0.77	0.81	0.79	0.84	106	104	118
84x17	0.70	0.81	0.75	0.74	99	91	104

(\*) Testigo superior: H-417;  $\bar{X} = 0.71$

CUADRO A20. Medias de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter diámetro de tallo (cm).

Cruzas PixPj	Pi	Pj	$\frac{P_i + P_j}{2}$	F <sub>1</sub>	PM	F <sub>1</sub> respecto: PS	TS*
126x150	1.7	1.9	1.8	2.0	108	104	94
126x54	1.7	1.7	1.7	2.0	117	114	96
126x87	1.7	1.8	1.8	1.9	106	104	90
126x79	1.7	1.8	1.8	2.0	114	112	96
126x128	1.7	1.9	1.8	2.0	112	107	97
126x52	1.7	1.8	1.8	1.8	101	99	86
126x84	1.7	1.8	1.8	1.9	108	105	92
126x17	1.7	1.8	1.8	2.0	114	111	98
150x54	1.9	1.7	1.8	2.0	113	106	96
150x87	1.9	1.8	1.8	2.0	109	106	96
150x79	1.9	1.8	1.8	2.0	109	106	97
150x128	1.9	1.9	1.9	2.0	109	108	99
150x52	1.9	1.8	1.8	2.2	120	117	106
150x84	1.9	1.8	1.8	2.0	110	107	98
150x17	1.9	1.8	1.9	2.0	107	106	96
54x87	1.7	1.8	1.7	2.1	123	118	102
54x79	1.7	1.8	1.7	2.0	116	111	96
54x128	1.7	1.9	1.8	1.9	107	100	91
54x52	1.7	1.8	1.7	1.9	112	108	93
54x84	1.7	1.8	1.7	1.9	110	105	92
54x17	1.7	1.8	1.7	2.0	114	108	96
87x79	1.8	1.8	1.8	2.0	113	113	98
87x128	1.8	1.9	1.8	1.9	103	100	91
87x52	1.8	1.8	1.8	2.1	116	116	100
87x84	1.8	1.8	1.8	2.0	109	109	95
87x17	1.8	1.8	1.8	1.9	102	101	89
79x128	1.8	1.9	1.8	2.1	116	113	102
79x52	1.8	1.8	1.8	2.1	116	116	100
79x84	1.8	1.8	1.8	1.9	107	105	92
79x17	1.8	1.8	1.8	1.9	103	101	89
128x52	1.9	1.8	1.8	1.9	103	100	91
128x84	1.9	1.8	1.8	1.9	102	100	91
128x17	1.9	1.8	1.9	1.9	101	100	90
52x84	1.8	1.8	1.8	1.9	107	106	93
52x17	1.8	1.8	1.8	1.9	105	104	92
84x17	1.8	1.8	1.8	1.9	105	105	93

(\*) Testigo superior: H-417;  $\bar{X} = 2.1$

CUADRO A21. Media de cruzas, expresadas como porcentaje respecto al progenitor medio (PM) y progenitor superior (PS) para el carácter índice de posición de la mazorca.

Cruzas PixPj	Pi	Pj	$\frac{P_i + P_j}{2}$	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> respecto:		
					PM	PS	TS*
126x150	.53	.51	.52	.56	108	106	114
126x54	.53	.55	.54	.52	96	94	106
126x87	.53	.49	.51	.50	98	94	102
126x79	.53	.50	.51	.54	106	102	110
126x128	.53	.51	.52	.53	102	100	108
126x52	.53	.51	.52	.53	102	100	108
126x84	.53	.51	.52	.54	104	102	110
126x17	.53	.55	.54	.55	102	104	112
150x54	.51	.55	.53	.55	104	100	112
150x87	.51	.49	.50	.53	106	104	108
150x79	.51	.50	.50	.54	108	106	110
150x128	.51	.51	.51	.56	110	110	114
150x52	.51	.51	.51	.55	108	108	112
150x84	.51	.51	.51	.53	104	104	108
150x17	.51	.55	.53	.55	104	100	112
54x87	.55	.49	.52	.57	110	104	116
54x79	.55	.50	.52	.55	106	100	112
54x128	.55	.51	.53	.56	106	102	114
54x52	.55	.51	.53	.57	107	104	116
54x84	.55	.51	.53	.54	102	98	110
54x17	.55	.55	.55	.56	102	102	114
87x79	.49	.50	.49	.54	110	108	110
87x128	.49	.51	.50	.52	104	102	106
87x52	.49	.51	.50	.55	110	108	112
87x84	.49	.51	.50	.56	112	110	114
87x17	.49	.55	.52	.53	102	96	108
79x128	.50	.51	.50	.57	114	112	116
79x52	.50	.51	.50	.53	106	104	108
79x84	.50	.51	.50	.54	108	106	110
79x17	.50	.55	.52	.52	100	94	106
128x52	.51	.51	.51	.57	112	112	116
128x84	.51	.51	.51	.53	104	104	108
128x17	.51	.55	.53	.53	100	96	108
52x84	.51	.51	.51	.55	108	108	112
52x17	.51	.55	.53	.53	100	93	108
84x17	.51	.55	.53	.52	98	94	106

(\*) Testigo superior: H-417;  $\bar{X} = .49$

CUADRO A22. Análisis de cruzas en términos de los efectos de ACG y ACE para la variable rendimiento de grano seco (kg/ha).

Cruzas	$\bar{X}_{F_1}$	$\bar{X}_{..}$	Componentes de la media		
			$g_i$	$g_j$	$s_{ij}$
126x150	3898	3573	3.76	-22.63	344.7
126x54	4163	3573	3.76	0.38	586.7
126x87	3800	3573	3.75	162.62	61.5
126x79	3931	3573	3.76	-14.43	369.5
126x128	2999	3573	3.76	-76.03	-501.7
126x52	3574	3573	3.76	-16.32	13.8
126x84	4063	3573	3.76	-64.34	551.3
126x17	4564	3573	3.76	26.97	960.6
150x54	4102	3573	-22.63	0.38	551.5
150x87	3798	3573	-22.63	162.62	85.7
150x79	3615	3573	-22.63	-14.43	79.0
150x128	3573	3573	-22.63	-76.03	98.8
150x52	3611	3573	-22.63	-16.32	77.6
150x84	3742	3573	-22.63	-64.34	256.6
150x17	3591	3573	-22.63	26.97	14.6
54x87	3771	3573	0.38	162.62	35.2
54x79	4412	3573	0.38	-14.43	853.5
54x128	3774	3573	0.38	-76.03	277.1
54x52	3600	3573	0.38	-16.32	43.8
54x84	3137	3573	0.38	-64.34	-372.5
54x17	3756	3573	0.38	26.97	156.5
87x79	3819	3573	162.62	-14.43	98.4
87x128	3319	3573	162.62	-76.03	-340.5
87x52	4249	3573	162.62	-16.32	530.4
87x84	3516	3573	162.62	-64.34	-155.3
87x17	3478	3573	162.62	26.97	-284.0
79x128	4159	3573	-14.43	-76.03	676.9
79x52	3700	3573	-14.43	-16.32	158.5
79x84	3342	3573	-14.43	-64.34	-152.0
79x17	3623	3573	-14.43	26.97	38.2
128x52	3360	3573	-76.03	-16.32	-119.8
128x84	3362	3573	-76.03	-64.34	-70.6
128x17	3588	3573	-76.03	26.97	64.6
52x84	3886	3573	-16.32	-64.34	394.3
52x17	3209	3573	-16.32	26.97	-374.6
84x17	3582	3573	-64.34	26.97	46.4

CUADRO A23. Análisis de cruzas en términos de los efectos de ACG y ACE para la variable longitud de mazorca (cm).

Cruzas	$\bar{X}_{F_1}$	Componentes de la media			
		$\bar{X}_{..}$	$g_i$	$g_j$	$S_{ij}$
126x250	15.9	13.8	0.09	0.52	1.5
126x54	14.9	13.8	0.09	-0.22	1.3
126x87	14.7	13.8	0.09	0.19	0.6
126x79	14.7	13.8	0.09	-0.02	0.8
126x128	13.7	13.8	0.09	0.22	-0.4
126x52	12.8	13.8	0.09	-0.48	0.5
126x84	13.5	13.8	0.09	-0.50	0.2
126x17	14.4	13.8	0.09	0.20	0.4
150x54	15.7	13.8	0.52	-0.22	1.7
150x87	15.0	13.8	0.52	0.19	0.5
150x79	14.1	13.8	0.52	-0.02	-0.2
150x128	14.5	13.8	0.52	0.22	-0.1
150x52	13.7	13.8	0.52	-0.48	-0.1
150x87	14.3	13.8	0.52	-0.50	0.5
150x17	14.3	13.8	0.52	0.20	-0.2
54x87	14.3	13.8	-0.22	0.19	0.6
54x79	14.9	13.8	-0.22	-0.02	0.4
54x128	14.0	13.8	-0.22	0.22	0.3
54x52	12.7	13.8	-0.22	-0.48	-0.4
54x84	13.2	13.8	-0.22	-0.50	0.2
54x17	13.3	13.8	-0.22	0.20	-0.4
87x79	13.8	13.8	0.19	-0.02	-1.1
87x128	13.3	13.8	0.19	0.22	-0.9
87x52	14.6	13.8	0.19	-0.48	1.2
87x84	13.2	13.8	0.19	-0.50	-0.2
87x17	13.5	13.8	0.19	0.20	-0.6
79x128	15.1	13.8	-0.02	0.22	1.2
79x52	14.1	13.8	-0.02	-0.48	0.9
79x84	13.7	13.8	-0.02	-0.50	0.4
79x17	14.3	13.8	-0.02	0.20	0.4
128x52	12.4	13.8	0.22	-0.48	-1.1
128x84	13.7	13.8	0.22	-0.50	0.2
128x17	14.7	13.8	0.22	0.20	0.5
52x84	12.5	13.8	-0.48	-0.50	-0.2
52x17	13.9	13.8	-0.48	0.20	0.4
84x17	13.5	13.8	-0.50	0.20	0.1



CUADRO A24. Análisis de cruzas en términos de los efectos de ACG y ACE para la variable peso de olote (gr).

Cruzas	$\bar{X}_{F_1}$	$\bar{X}_{..}$	Componentes de la media		
			$g_i$	$g_j$	$S_{ij}$
126x150	17.8	14.3	-0.21	0.95	2.8
126x54	14.2	14.3	-0.21	-0.87	0.9
126x87	13.1	14.3	-0.21	-1.22	0.2
126x79	16.0	14.3	-0.21	0.98	0.9
126x128	13.0	14.3	-0.21	0.76	-1.9
126x52	13.2	14.3	-0.21	0.03	-0.9
126x84	15.0	14.3	-0.21	0.22	0.7
126x17	17.5	14.3	-0.21	-0.64	4.0
150x54	16.4	14.3	0.95	-0.87	2.0
150x87	15.4	14.3	0.95	-1.22	1.3
150x79	14.8	14.3	0.95	0.98	-1.5
150x128	16.3	14.3	0.95	0.76	0.3
150x52	17.0	14.3	0.95	0.03	1.7
150x84	16.2	14.3	0.95	0.22	0.7
150x17	14.7	14.3	0.95	-0.64	0.1
54x87	12.8	14.3	-0.87	-1.22	0.6
54x79	17.8	14.3	-0.87	0.98	3.4
54x128	14.2	14.3	-0.87	0.76	0.0
54x52	13.4	14.3	-0.87	0.03	-0.3
54x84	11.6	14.3	-0.87	0.22	-2.1
54x17	11.6	14.3	-0.87	-0.64	-1.2
87x79	13.0	14.3	-1.22	0.98	-1.1
87x128	11.8	14.3	-1.22	0.76	-2.0
87x52	15.0	14.3	-1.22	0.03	1.9
87x84	14.0	14.3	-1.22	0.22	0.7
87x17	11.8	14.3	-1.22	-0.64	-0.6
79x128	18.5	14.3	0.98	0.76	2.4
79x52	16.0	14.3	0.98	0.03	0.7
79x84	15.1	14.3	0.98	0.22	-0.4
79x17	13.4	14.3	0.98	-0.64	-1.2
128x52	13.7	14.3	0.76	0.03	-1.4
128x84	15.4	14.3	0.76	0.22	0.1
128x17	14.8	14.3	0.76	-0.64	0.3
52x84	14.9	14.3	0.03	0.22	0.3
52x17	11.5	14.3	0.03	-0.64	-2.2
84x17	16.1	14.3	0.22	-0.64	2.2

CUADRO A25. Análisis de cruzas en términos de los efectos de ACG y ACE para la variable altura de planta (m).

Cruzas	$\bar{X}_{F_1}$	$\bar{X}_{..}$	Componentes de la Media		$S_{ij}$
			$g_i$	$g_j$	
126x150	1.62	1.58	0.01	-0.03	0.08
126x54	1.72	1.58	0.01	0.03	0.10
126x87	1.69	1.58	0.01	0.01	0.11
126x79	1.67	1.58	0.01	0.03	0.06
126x128	1.62	1.58	0.01	0.01	0.02
126x52	1.59	1.58	0.01	0.03	-0.03
126x84	1.58	1.58	0.01	-0.05	0.05
126x17	1.66	1.58	0.01	-0.03	0.11
150x54	1.77	1.58	-0.03	0.03	0.19
150x87	1.53	1.58	-0.03	0.01	0.02
150x79	1.54	1.58	-0.03	0.03	-0.02
150x128	1.55	1.58	-0.03	0.01	-0.04
150x52	1.71	1.58	-0.03	0.03	-0.02
150x84	1.56	1.58	-0.03	-0.05	0.13
150x17	1.58	1.58	-0.03	-0.03	0.06
54x87	1.73	1.58	0.03	0.01	0.12
54x79	1.67	1.58	0.03	0.03	0.13
54x128	1.69	1.58	0.03	0.01	0.07
54x52	1.65	1.58	0.03	0.03	0.01
54x84	1.58	1.58	0.03	-0.05	0.02
54x17	1.61	1.58	0.03	-0.03	0.03
87x79	1.70	1.58	0.01	0.03	0.08
87x128	1.57	1.58	0.01	0.01	-0.03
87x52	1.78	1.58	0.01	0.03	0.16
87x84	1.53	1.58	0.01	-0.05	0.00
87x17	1.52	1.58	0.01	-0.03	-0.04
79x128	1.75	1.58	0.03	0.01	0.13
79x52	1.80	1.58	0.03	0.03	0.15
79x84	1.65	1.58	0.03	-0.05	0.09
79x17	1.65	1.58	0.03	-0.03	0.07
128x52	1.55	1.58	0.01	0.03	-0.08
128x84	1.61	1.58	0.01	-0.05	0.07
128x17	1.59	1.58	0.01	-0.03	0.26
52x84	1.57	1.58	0.03	-0.05	0.01
52x17	1.58	1.58	0.03	-0.03	-0.01
84x17	1.40	1.58	-0.05	-0.03	-0.09

CUADRO A26. Análisis de cruzas en términos de los efectos de ACG y ACE para la variable volúmen de grano ( $\text{cm}^3$ ).

Cruzas	$\bar{X}_{F_1}$	Componentes de la media			
		$\bar{X}_{..}$	gi	gj	Sij
126x150	10.2	9.6	-0.36	0.38	0.6
126x54	10.3	9.6	-0.36	0.13	0.9
126x87	9.3	9.6	-0.36	-0.16	0.2
126x79	10.4	9.6	-0.36	0.50	0.6
126x128	8.9	9.6	-0.36	-0.26	-0.3
126x52	8.2	9.6	-0.36	-0.14	-0.9
126x84	9.1	9.6	-0.36	0.04	-0.2
126x17	9.6	9.6	-0.36	-0.12	0.4
150x54	10.1	9.6	0.38	0.13	-0.1
150x87	10.0	9.6	0.38	-0.16	0.2
150x79	11.9	9.6	0.38	0.50	1.3
150x128	8.8	9.6	0.38	-0.26	-1.0
150x52	10.3	9.6	0.38	-0.14	0.4
150x84	10.2	9.6	0.38	0.04	0.2
150x17	9.5	9.6	0.38	-0.12	-0.4
54x87	10.7	9.6	0.13	-0.16	1.1
54x79	10.5	9.6	0.13	0.50	0.3
54x128	9.7	9.6	0.13	-0.26	0.2
54x52	9.8	9.6	0.13	-0.14	0.2
54x84	9.0	9.6	0.13	0.04	-0.9
54x17	9.2	9.6	0.13	-0.12	-0.4
87x79	9.8	9.6	-0.16	0.50	-0.1
87x128	8.7	9.6	-0.16	-0.26	-0.5
87x52	10.0	9.6	-0.16	-0.14	0.6
87x84	9.3	9.6	-0.16	0.04	-0.2
87x17	9.1	9.6	-0.16	-0.12	-0.3
79x128	10.0	9.6	0.50	-0.26	0.1
79x52	10.3	9.6	0.50	-0.14	0.4
79x84	10.4	9.6	0.50	0.04	0.2
79x17	10.6	9.6	0.50	-0.12	0.6
128x52	8.4	9.6	-0.26	-0.14	-0.8
128x84	9.9	9.6	-0.26	0.04	0.5
128x17	8.9	9.6	-0.26	-0.12	-0.4
52x84	10.1	9.6	-0.14	0.04	0.6
52x17	8.6	9.6	-0.14	-0.12	-0.7
84x17	10.2	9.6	0.04	-0.12	0.6

CUADRO A27. Predicción del rendimiento de grano (kg/ha) de híbridos de cruza doble potencial. Marín, N.L. (Otoño, 1981).

Cruzamiento	Rendimiento esperado (HCD)
(126x17) x (54x79) 4564*      4412	3868
(126x17) x (79x128) 4564      4159	3535
(126x17) x (150x54) 4564      4102	3852
(126x17) x (87x52) 4564      4249	3515
(54x79) x (126x84) 4412      4063	3643
(54x79) x (87x52) 4412      4249	3722
(79x128) x (126x54) 4159      4163	3779
(79x128) x (150x54) 4159      4102	3843
(79x128) x (126x84) 4159      4063	3408
(79x128) x (87x52) 4159      4249	3549
(126x54) x (87x52) 4163      4249	3686
(150x54) x (126x84) 4102      4063	3735
(150x54) x (87x52) 4102      4249	3695
(126x84) x (87x52) 4063      4249	3694

(\*) Es el rendimiento en kg/ha de las cruzas simples progenitoras.

NOTA: El rendimiento esperado (HCD), se basa en el rendimiento medio de las cuatro cruzas simples, que no intervinieron directamente en la cruza doble.

CUADRO A28. Predicción del rendimiento (kg/ha) de sintéticos de dos, cuatro y seis líneas. Marín, N.L. (Otoño, 1981).

Líneas que lo forman	No. de cruzas simples posibles	Rendimiento esperado sintético ( $\hat{F}_2$ )
126,17	1	3707
84,52	1	3536
87,17	1	3475
87,126	1	3404
84,150	1	3362
84,128	1	3324
128,150	1	3324
79,17	1	3661
126, 17, 54, 79	6	3724
126, 17, 150, 54	6	3695
128, 52, 79, 54	6	3686
87, 126, 17, 79	6	3640
87, 17, 79, 54	6	3603
84, 128, 150, 52	6	3474
84, 128, 150, 79	6	3463
128, 150, 126, 79	6	3461
126, 17, 54, 79, 87, 52	15	3689
126, 17, 79, 128, 150, 54	15	3676
87, 52, 79, 128, 54, 150	15	3658
126, 17, 54, 79, 84, 150	15	3658
84, 128, 150, 52, 79, 54	15	3587
126, 17, 79, 128, 87, 52	15	3586
84, 128, 150, 52, 79, 126	15	3528
84, 128, 150, 52, 79, 17	15	3505

$$\hat{F}_2 = \bar{F}_1 - \frac{(\bar{F}_1 - P)}{n}$$

en donde:

$\hat{F}_2$  es el rendimiento esperado del sintético  $F_2$ .

$\bar{F}_1$  es el rendimiento promedio de las cruzas simples posibles entre las n líneas

$\bar{P}$  es el promedio de las n líneas como tales

n es el número de líneas

