UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

ESTIMACION DE LA APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECIFICA EN LINEAS "A" Y "R" DE SORGO PARA GRANO (Sorghum bicolor Moench). CICLOS PRIMAVERA-VERANO Y OTOÑO-INVIERNO DE 1981, MARIN, N. L.

TESIS

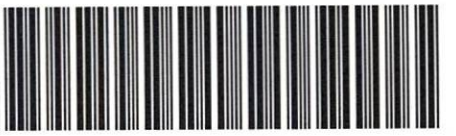
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

DANIEL BECERRA GARCIA

MARIN, N. L. OCTUBRE DE 1988

T
SB235
B42
c.1


1080060976

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

ESTIMACION DE LA APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECIFICA EN LINEAS "A" Y "R" DE SORGO PARA GRANO (Sorghum bicolor Moench), CICLOS PRIMAVERA-VERANO Y OTOÑO-INVIERNO DE 1981, MARIN, N. L.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

DANIEL BECERRA GARCIA

09959m

MARIN, N. L. OCTUBRE DE 1988

T
SB235
B42

Biblioteca Central
Magna Solidaridad
F. Tesis

B U Raúl Rangel Frías
UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

040.633
FA31
1988
c.5

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESTIMACION DE LA APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECIFICA EN LINEAS "A" Y "R" DE SORGO PARA GRANO(Sorghum bicolor Moench).CICLOS PRIMAVERA-VERANO Y OTOÑO-INVIERNO DE 1981 , MARIN, N.L.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

DANIEL BECERRA GARCIA

MARIN, N.L. OCTUBRE DE 1988

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

T E S I S

ESTIMACION DE LA APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECIFICA EN LINEAS "A" Y "R" DE SORGO PARA GRANO(Sorghum bicolor Moench).CICLOS PRIMAVERA-VERANO Y OTOÑO-INVIERNO DE 1981, MARIN, N.L.

ELABORADA POR :

DANIEL BECERRA GARCIA

ACEPTADA Y APROBADA COMO REQUISITO PARA OPTAR POR EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

COMISION REVISORA :

Ph.D.CIRO G.S.VALDES L.
Asesor principal

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

M.C. LEONEL ROMERO H.
Asesor auxiliar

D E D I C A T O R I A

A D I O S — Por permitirme terminar este trabajo.

Para mis abuelitas — Chanita y Toñita.

A la memoria de mi madre — A. Apolinar García de Becerra.

A mi padre — Máximo Becerra González.

A mis hermanos — José Luis y Sara.

Irma Margarita y José.

Alicia y Benito.

Gloria y Armando.

Salvador y Juany.

A todos mis sobrinos y familiares.

A todos mis maestros.

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

AL :

Centro de Investigaciones Agropecuarias de la F.A.U.A.N.L.

Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo.

Dr. Ciro G. S. Valdés Lozano.

Por su asesoría en la conducción y revisión del escrito.

Ing. M. C. Francisco Zavala G.

Por la asesoría en la conducción y revisión del presente trabajo.

Ing. M. C. Gilberto E. Salinas G.

Por la revisión y sugerencias para el escrito.

Ing. M. C. Leonel Romero Herrera.

Por las sugerencias aportadas para el escrito.

Personal del P.M.M.F. y S.

NOTA ACLARATORIA:

El presente trabajo se inició y se condujo hasta la etapa de un borrador preliminar bajo la dirección del M.C. Francisco Zavala García, quien por salir a estudios doctorales turnó el trabajo de asesoría al PhD. Ciro G.S.Valdés Lozano.

C O N T E N I D O

	PAGINA
LISTA DE ESQUEMAS Y CUADROS	viii
I. RESUMEN	xii
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Mejoramiento por Introducción	4
2.2 Mejoramiento por Selección	5
2.2.1 Selección en poblaciones con variación natural	6
2.2.2 Selección individual	7
2.2.3 Selección masal	8
2.2.4 Métodos de selección que siguen al cruzamiento	9
2.2.4.1 Importancia del cruzamiento antes de la selección	10
2.2.4.1.1 Elección de progenitores	11
2.2.4.1.2 Métodos de emasculación en sorgo	11
2.2.4.1.2.1 Emasculación manual	12
2.2.4.1.2.2 Emasculación con agua caliente	13
2.2.4.1.2.3 Emasculación con alcohol etílico	14
2.2.4.1.2.4 Emasculación con bolsa de plástico	14
2.2.4.1.2.5 Otros procedimientos de emasculación	15
2.2.4.2 Método genealógico	16
2.2.4.3 Método masivo o H.I.S.M.S.I	17
2.2.4.4 Método de la retrocruza	17
2.3 Mejoramiento por Hibridación	18
2.3.1 Antecedentes del visor híbrido	18
2.3.1.1 Heterosis	19
2.3.1.2 Importancia de la heterosis	21
2.3.1.3 Teorías que tratan de explicar el visor híbrido	22
2.3.1.3.1 Teoría de la dominancia	22
2.3.1.3.2 Teoría de la heterocigosis	24
2.3.2 Antecedentes sobre androesterilidad y el mejoramiento en sorgo	25
2.3.2.1 Androesterilidad genética(AG)	27
2.3.2.1.1 Uso de la AG en la producción de semilla híbrida	27
2.3.2.1.2 Uso de la AG en poblaciones recombinantes	29
2.3.2.2 Androesterilidad citoplásmica (AC)	30
2.3.2.3 Androesterilidad génico-citoplásmica (AGC)	30
2.3.2.3.1 Uso de AGC en la formación de variedades híbridas	35
2.3.2.3.1.1 Formación de progenitores de híbridos	36
2.3.2.3.1.1.1 Obtención de líneas A mediante genotipos con reacción B	37
2.3.2.3.1.1.1.1 Androesterilización de líneas B	37
2.3.2.3.1.1.1.2 Androesterilización durante formación de las líneas B	38
2.3.2.3.1.1.2 Consideraciones para la formación de líneas restauradoras de la androfertilidad (líneas R)	40
2.3.2.3.1.1.2.1 Selección de líneas R mediante el método genealógico	43
2.3.2.3.1.1.2.2 Selección de líneas R por el método masivo.	44
2.3.2.3.1.1.2.3 Formación de líneas R a partir de híbridos comerciales	45
2.3.3 Clasificación de progenitores de híbridos	46
2.3.3.1 Aptitud combinatoria general (ACG)	46
2.3.3.2 Aptitud combinatoria específica (ACE)	48
2.3.3.3 Métodos de estimación de la ACG y ACE	49
2.3.3.3.1 Método clásico	49
2.3.3.3.2 Prueba de mestizos para ACG	50
2.3.3.3.3 Prueba de líneas per-se	50
2.3.3.3.4 Diseños dialélicos	51
2.3.3.3.5 Métodos de Griffing	51
2.3.3.3.6 Métodos de Carolina del Norte	56
2.3.3.3.7 Prueba de cruzas línea x probador de ACE	58
2.3.3.3.8 Uso de esperanzas de cuadrados medios de ensayos de líneas bajo diseño experimental	59
2.4 Trabajos Relacionados	63

3. MATERIALES Y METODOS..... 68
3.1 Materiales..... 68
3.2 Métodos..... 69
3.2.1 Evaluación de híbridos A x R..... 73
3.2.1.1 Variables cuantificadas..... 75
3.2.1.2 Estimación de los componentes de variación..... 77
3.2.1.3 Estimación de la ACG y ACE..... 80
3.2.1.4 Estimación de heterosis..... 83
3.2.1.5 Comparación de promedios de tratamientos..... 84
3.2.1.6 Estimación de coeficientes de correlación..... 86
3.2.1.7 Análisis de regresión..... 88
4. RESULTADOS..... 89
4.1 Comparación de líneas A y R en base a totales de cruzamiento (Efectos principales)..... 94
4.2 Identificación de las mejores combinaciones híbridas (ACE) mediante criterio basado en diseño de bloques al azar..... 99
4.3 Evaluación de líneas A, R en base a su comportamiento híbrido con un progenitor común R y A respectivamente. 112
4.3.1 Rendimiento de grano..... 112
4.3.1.1 Líneas R en una línea A fija..... 112
4.3.1.2 Líneas A en una línea R fija..... 112
4.3.2 Perímetro del tallo..... 115
4.3.2.1 Líneas R en una línea A fija..... 115
4.3.2.2 Líneas A en una línea R fija..... 117
4.3.3 Longitud de excersión..... 117
4.3.3.1 Líneas R en una línea A fija..... 117
4.3.3.2 Líneas A en una línea R fija..... 120
4.3.4 Longitud de panoja..... 120
4.3.4.1 Líneas R en una línea A fija..... 120
4.3.4.2 Líneas A en una línea R fija..... 123
4.3.5 Dias a floración..... 123
4.3.5.1 Líneas R en una línea A fija..... 123
4.3.5.2 Líneas A en una línea R fija..... 126
4.3.6 Altura de planta..... 126
4.3.6.1 Líneas R en una línea A fija..... 126
4.3.6.2 Líneas A en una línea R fija..... 129
4.4 Análisis de sanidad vegetal..... 135
4.5 Correlaciones..... 139
4.6 Regresión lineal múltiple..... 146
4.7 Heterosis y heterobeltiosis..... 148
4.8 Componentes de varianza..... 152
5. DISCUSION..... 153
5.1 Consideraciones respecto a la comparación de líneas A y R en base a efectos principales..... 154
5.2 Comparación de combinaciones híbridas..... 157
5.3 Comportamiento de las líneas A en una línea R fija y viceversa para el carácter rendimiento de grano..... 159
5.4 Comparación de líneas A en una línea R fija o viceversa para cualquier carácter estudiado..... 162
5.5 Análisis de Correlación..... 163
5.6 Análisis de Regresión..... 167
5.7 Efectos de Heterosis..... 169
5.8 Componentes de Varianza..... 173
6. CONCLUSIONES..... 175
6.1 Estimación de aptitud combinatoria general(ACG)..... 175
6.2 Estimación de aptitud combinatoria especifica(ACE)..... 175
6.3 Efectos de Heterosis..... 176
6.4 Análisis de Correlación..... 176
6.5 Análisis de Regresión..... 177
6.6 Conclusiones Generales..... 177
7. BIBLIOGRAFIA..... 178
8. APENDICE..... 180

LISTA DE ESQUEMAS Y CUADROS

ESQUEMA — PAGINA

1 Modalidades de cruzamiento bajo los sistemas de androesterilidad genética..... 28

2 Modalidad de cruzamiento bajo el sistema de androesterilidad citoplásmica..... 31

3 Modalidades de cruzamiento bajo el sistema de androesterilidad génico-citoplásmica..... 33

4.- Formación de líneas A cuando el progenitor B es homocigote (líneas B)..... 39

5.- Formación de líneas androestériles(líneas A), mediante genotipos de reacción B en vías de constituirse en líneas B..... 42

6.- Formación de líneas R a partir de híbridos comerciales de sorgo. 47

CUADRO

1.- Análisis de variación para dialelos con el diseño II de Griffing. 55

2.- Análisis de varianza derivado de cuadro de doble entrada..... 58

3.- Análisis de varianza para líneas A y R de sorgo para grano en base a un diseño de parcelas divididas..... 61

4.- Líneas A y R de sorgo para grano consideradas en la estimación de ACG y ACE..... 70

5.- Apareamiento en base al diseño II de Carolina del Norte..... 72

6.- Obtención de la suma de cuadrados para factor A(líneas A); factor B (bloques) y error de A, considerando un diseño experimental de parcelas divididas..... 78

7.- Obtención de la suma de cuadrados para tratamientos(híbridos); factor R(líneas R); interacción AR y el error de R, considerando un diseño de parcelas divididas..... 79

8.- Significancia de las variables analizadas..... 90

9.- Comparación de promedios de líneas A y R para los caracteres longitud de panoja, días a floración y altura de planta..... 91

CUADRO PAGINA

10.- Comparación de promedios de líneas R para el carácter perímetro de tallo..... 92

11.- Estadísticos principales observados en las variables estudiadas. 93

12.- Promedios de combinación y varianzas de progenies de cada línea A, en cruzamiento con todas las líneas R, para los caracteres rendimiento de grano, perímetro de tallo y longitud de excersión. 96

13.- Promedios de combinación y varianzas de progenies de cada línea R, en cruzamiento con todas las líneas A, para los caracteres rendimiento de grano, perímetro de tallo y longitud de excersión. 98

14.- Promedios de combinación y varianzas de progenies de cada línea R, en cruzamiento con todas las líneas A, para los caracteres rendimiento de grano, perímetro de tallo y longitud de excersión. 100

15.- Comparación de tratamientos(hibridos), para el carácter días a floración..... 101

16.- Comparación de tratamientos para rendimiento de grano por planta. 102

17.- Comparación de tratamientos para longitud de excersión..... 104

18.- Comparación de tratamientos para altura de planta..... 105

19.- Comparación de tratamientos para longitud de panoja..... 106

20.- Comparación de tratamientos para perímetro de tallo..... 107

21.- Promedios de combinación y varianzas de progenies de cada línea A, en cruzamiento con todas las líneas R, para los caracteres longitud de panoja, días a flor y altura de planta..... 108

22.- Promedios de combinación y varianzas de progenies de cada línea R, en cruzamiento con todas las líneas A, para los caracteres longitud de panoja, días a flor y altura de planta..... 110

23.- Promedios de combinación y varianzas de progenies de cada línea A, en cruzamiento con todas las líneas R, para el carácter días a madurez fisiológica..... 111

24.- Comparación de líneas R en una línea A fija para el carácter rendimiento de grano..... 113

25.- Comparación de líneas A en una línea R fija para rendimiento de grano..... 114

26.- Comparación de líneas R en una línea A fija, para perímetro de tallo..... 116

27.- Comparación de líneas A en una línea R fija, para perímetro de tallo..... 118

CUADRO PAGINA

28.- Comparación de líneas R en una línea A fija, para longitud de excersión..... 119

29.- Comparación de líneas A en una línea R fija, para longitud de excersión..... 121

30.- Comparación de líneas R en una línea A fija, para longitud de panoja..... 122

31.- Comparación de líneas A en una línea R fija, para longitud de panoja..... 124

32.- Comparación de líneas R en una línea A fija, para días a floración..... 125

33.- Comparación de líneas A en una línea R fija, para días a floración..... 127

34.- Comparación de líneas R en una línea A fija, para altura de planta..... 128

35.- Comparación de líneas A en una línea R fija, para altura de planta..... 130

36.- Ordenamiento de las líneas R o (A) estadísticamente equivalentes en la expresión del carácter longitud de excersión por sus cruzas con cada una de las líneas A o (R)..... 132

37.- Ordenamiento de las líneas R o (A) estadísticamente equivalentes en la expresión del carácter longitud de panoja por sus cruzas con cada una de las líneas A o (R)..... 133

38.- Ordenamiento de las líneas R o (A) estadísticamente equivalentes en la expresión del carácter días a flor por sus cruzas con cada una de las líneas A o (R)..... 134

39.- Ordenamiento de las líneas R o (A) estadísticamente equivalentes en la expresión del carácter altura de planta por sus cruzas con cada una de las líneas A o (R)..... 136

40.- Ordenamiento de las líneas R o (A) estadísticamente equivalentes en la expresión del carácter perímetro de tallo por sus cruzas con cada una de las líneas A o (R)..... 137

41.- Ordenamiento de las líneas R o (A) estadísticamente equivalentes en la expresión del carácter rendimiento de grano por sus cruzas con cada una de las líneas A o (R)..... 138

42.- Grado de sanidad observada en los híbridos originados, considerando cada línea R como progenitor común..... 140

43.- Grado de sanidad observada en los híbridos originados, considerando cada línea A como progenitor común..... 141

CUADRO PAGINA

44.- Coeficientes de correlación y significancia estadística para las variables estudiadas en los híbridos originados..... 142

45.- Coeficientes de correlación entre líneas progenitoras (promedio entre ambas) con respecto a sus progenies para las variables rendimiento de grano, longitud de panoja y altura de planta..... 144

46.- Análisis de varianza de la regresión progenitor medio <> progenie, para el carácter altura de planta..... 147

47.- Efectos de heterosis obtenidos en el carácter longitud de panoja para las combinaciones híbridas A x R..... 149

48.- Efectos de heterosis obtenidos para el carácter rendimiento de grano en las combinaciones híbridas A x R..... 150

49.- Efectos de heterosis obtenidos para el carácter altura de planta en las combinaciones híbridas A x R..... 151

50.- Componentes de variación para los caracteres días a floración, longitud de panoja y altura de planta..... 152

E S Q U E M A S D E L A P E N D I C E

1.- Distribución de tratamientos por unidad experimental (Croquis). 181

C U A D R O S D E L A P E N D I C E

1.- Resultados promedios de todas las combinaciones híbridas originadas a partir de una determinada línea A fija ($\bar{X}$ de Rep.)..... 182

2.- Denominación convencional y original de los híbridos originados en la estimación de la ACG y ACE de líneas A y R de sorgo para grano..... 184

3.- Datos utilizados en el análisis de correlación entre líneas progenitoras (promedio entre ambas) y sus progenies para los caracteres rendimiento de grano, longitud de panoja y altura de planta 185

RESUMEN

Con el propósito de seleccionar las líneas A y R de sorgo por su aptitud combinatoria general(ACG) y específica(ACE),e identificar progenies híbridas de alta heterosis,se establecieron dos experimentos con 15 líneas R y 10 líneas A en el ciclo P81 en el campo experimental de la FAUANL. Los experimentos fueron bajo el arreglo de parcelas divididas en diseño de bloques completos al azar.Las variables estudiadas fueron : rendimiento de grano,longitud de excersión,longitud de la panoja,días a floración,días a madurez fisiológica,altura de planta y perímetro de tallo. El experimento II se perdió por no tener suficientes plantas por parcela,en consecuencia los resultados obtenidos se basaron en datos derivados del experimento I donde la parcela grande incluía las líneas A y la parcela chica las R. Las líneas A-2 y A-6 coinciden en su alto valor de ACG para los caracteres altura de planta y longitud de panoja. Las líneas R-1,R-2 y R-4 presentaron un alto valor de ACG para altura de planta y longitud de panoja. Las combinaciones híbridas para una mayor expresión del rendimiento de grano,altura de planta y longitud de panoja fueron respectivamente : A2xR1,A6xR9 y A6xR6. La combinación híbrida de menor número de días a floración fue A5xR7. La cruza A6xR9,para altura de planta no se identificó como de alto valor heterótico mientras que las cruzas A4xR1,A5xR7,A3xR4,A2xR9,A1xR5 y A6xR6 presentaron alta heterosis para esta característica. Para rendimiento de grano se identificaron A2xR1 y A2xR3 con alta heterosis y A6xR6,A1xR5 y A2xR9 como de alta heterosis para longitud de panoja. Se recomienda efectuar las siembras de este tipo de experimento en alta densidad para luego ralear y asegurar una densidad de población óptima y también más adecuada a los experimentos para evitar pérdidas de información de los mismos.

1. INTRODUCCION

Los principios de la herencia aplicados en el mejoramiento de las plantas han contribuido significativamente al aumento de la eficiencia en la producción; por ejemplo, la creación de variedades resistentes a enfermedades, insectos y a condiciones climatológicas desfavorables proporcionan protección contra fallas generalizadas de las cosechas lo que permite conseguir mejores rendimientos que los ordinariamente obtenidos con cultivos no mejorados.

La importancia básica del mejoramiento genético de las plantas radica en que se propicia el aumento de ingresos, por parte de los agricultores como consecuencia del incremento en la producción de los cultivos mejorados. Sin embargo, los beneficios de las nuevas y mejores variedades de cultivos se manifiestan también entre los consumidores; que demandan una mayor variedad y abundancia de alimentos, fibras, bebidas, etc.

La alta demanda de sorgo ha provocado un nivel alto en las importaciones realizadas manifestándose una insuficiente producción. En consecuencia para cumplir con la demanda nacional se hace necesario el mejoramiento del cultivo mediante la producción de variedades adecuadas para las diferentes zonas de temporal y de riego; de esta manera los agricultores temporaleros y los de regadío tendrán alternativas para elegir el tipo de semilla más conveniente según las características de su agricultura. Esto incrementaría sustancialmente el rendimiento tanto de grano como de forraje.

El camino que representa el mejor método de mejoramiento del sorgo, al inducir incrementos significativos de producción es a través de la utilización de los efectos de heterosis o vigor híbrido, los cuales son expresados claramente en plantas de sorgo y en las de otros cultivos tales como maíz, tabaco, algodón, etc.

Así, en sorgo se han tenido altos incrementos en su productividad, como consecuencia de la aplicación del mejoramiento genético en la formación de sorgos híbridos. Esta metodología de mejoramiento se fundamenta en el aprovechamiento del efecto de heterosis o vigor híbrido, el cual consiste en un incremento de la expresión de caracteres tales como el rendimiento en la progenie obtenida al cruzar dos progenitores seleccionados en base a su capacidad para generar progenies altamente productivas.

Dentro del Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo (P.M.M.F.y S.) para las zonas bajas del Estado de Nuevo León, se ha obtenido un gran número de líneas, las cuales tienen como finalidad el formar variedades de polinización libre o bien, entrar en la formación de híbridos, que sean al menos iguales a los comerciales. Se ha demostrado ampliamente que para formar buenos híbridos en sorgo es necesario seleccionar las mejores líneas progenitoras en base a su aptitud combinatoria general (A.C.G.) y aptitud combinatoria específica (A.C.E.). La A.C.G., se ha definido como la capacidad de una planta o población (línea) para producir progenies de buen comportamiento en cruzamientos múltiples con otras plantas o poblaciones. En cuanto a la A.C.E., ésta se refiere a la capacidad de las plantas o poblaciones (líneas) que al cruzarse producen combinaciones híbridas con caracteres que superan a

los progenitores o al promedio de los mismos. En sorgo los progenitores de un híbrido son dos líneas o poblaciones homogéneas de buena A.C.E. Una de estas líneas es androestéril,esto es,no produce polen y es conocida como la línea "A" o hembra ,mientras que la otra sí lo produce y tiene la capacidad de restaurar la facultad de producirlo en la progenie obtenida de cruza con la primera,esta línea es conocida como "R" o restauradora de la androfertilidad.

El programa de sorgo del P.M.M.F.,y S.,ha adquirido un grupo de líneas "A" y ha formado un número considerable de líneas "R" de las cuales no se conoce su A.C.G.,y A.C.E.,debido a lo anterior el presente estudio ha sido desarrollado para cubrir los siguientes objetivos :

1).- Seleccionar líneas "A" y "R" de sorgo para grano en base a su A.C.G., y A.C.E.

2).- Identificar progenies híbridas con alta heterosis.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Mejoramiento por Introducción

Las maneras mediante las cuales es posible producir variedades comerciales de especies cultivadas mediante introducciones son :

1.- El cultivo de la variedad introducida en forma masiva.

2.- Selección de líneas convenientes dentro del material introducido.

3.- El uso de la variedad introducida como progenitor en una cruza.

Para el primer caso puede señalarse que una determinada variedad después de ser introducida, puede ser sometida a ensayos experimentales para su evaluación general de comportamiento ante el nuevo ambiente; si en este nuevo habitat muestra buenas perspectivas, se procede a la formación de una nueva variedad mediante el método masal, para posteriormente distribuirla entre los agricultores.

Es muy poco frecuente utilizar la selección en masa para la producción de nuevas variedades de sorgo, aún cuando se ha considerado en alguna ocasión como un medio para conservar o mejorar la pureza de las variedades.

En el segundo caso se considera la posibilidad de que dentro de una variedad introducida e incluso ya con alto grado de adaptación, se encuentre alguna planta con características particulares deseables en una variedad comercial; de tal manera que el fitomejorador procederá a

realizar la selección, multiplicación y distribución de la semilla obtenida a partir de una sola planta.

La frecuente producción de híbridos naturales en los campos de sorgo que muestran mayor vigor ha llevado a la selección ocasional, por los agricultores y los fitomejoradores, de plantas con desarrollo vigoroso, como fuente de nuevas variedades.

Entre las variedades que se han originado, al parecer, de esta manera, figuran las Brohomas, Sunrise Kafir, Daun Kafir, Darso y Westland. La variedad Westland fue seleccionada principalmente por su resistencia a la enfermedad del mildiu.

Con respecto al tercer caso, la variedad introducida puede presentar características favorables, deseables de observar en alguna variedad ya adaptada; de tal manera que mediante hibridaciones es posible obtener una nueva variedad dotada de características más adecuadas para efectuar sus funciones vitales.

En Africa se encontró en 1952, una variedad con endosperma amarillo con un contenido de caroteno semejante al del maíz amarillo.

La incorporación del endosperma amarillo a las variedades comerciales, aumentaría el valor nutritivo del grano de sorgo; también se han identificado algunas variedades cuyas flores no se abren durante la floración. En consecuencia esta característica podría ser incorporada a líneas de sorgo con buen rendimiento de grano; pero altamente susceptibles al ataque de la mosca de la panoja (Poehlman, 1979).

2.2 Mejoramiento por Selección

La naturaleza, considerada como un concepto que describe lo ex-

istente, asociándola a las plantas de todas las especies, tiende por diversos mecanismos evolutivos a conseguir individuos con características definidas que los hace aptos para sobrevivir en su medio. Esto sugiere o supone la eliminación paulatina de los individuos con características poco adecuadas para apoyar los procesos vitales que originan un mejor desarrollo fisiológico y que en consecuencia los provee de una estructura física superior.

En el mejoramiento de las plantas, es posible llegar a tipos sobresalientes agronómicamente a partir de poblaciones naturales. Para ello existe el método de selección y sus diversas variantes como camino hacia la obtención de tipos de plantas superiores; sin embargo la validez o eficacia de dicho procedimiento está determinado básicamente por dos condiciones:

a).- Sólo puede obtenerse respuesta cuando la selección se fundamenta en características genéticas o heredables.

b).- Mediante la selección no se crean nuevas formas; sino que únicamente actúa sobre la diversidad genética existente en las poblaciones separando los tipos superiores.

2.2.1 Selección en Poblaciones con Variación Natural.

Consideradas las condiciones anteriores, justificadas para selección en poblaciones naturales, el mejoramiento por eliminación o selección puede aplicarse mediante dos métodos principales; es decir, selección individual y selección masal.

En la selección individual la separación entre líneas es muy

importante debido a que la variabilidad genética se encuentra repartida entre líneas más que dentro de ellas, dado que se trata de especies autofecundadas y que en consecuencia los nuevos tipos transmitirán fielmente sus características a sus progenies, pudiéndose originar, así, una variedad de línea pura.

2.2.2 Selección Individual.

La manera de obtener una línea pura es mediante la multiplicación de la progenie resultante de la autofecundación. Esta variedad es más uniforme que aquella obtenida por selección en masa; ya que todas las plantas en una variedad de línea pura son exactamente iguales;es decir,el método por selección de líneas puras en sorgo se ajusta al procedimiento general utilizado en las especies autofecundadas y consiste básicamente en lo siguiente(partiendo de variedades criollas):

1.- Selección de plantas individuales.

2.- Sembrar las progenies de cada planta en surcos individuales.

3.- Cosechar las progenies superiores y mezclar la semilla de plantas de cada surco.

4.- Cultivar las líneas originadas, en lotes de observación, cosechando las sobresalientes.

5.- Continuar con ensayos de rendimiento de líneas superiores.

6.- Seleccionar la mejor línea e iniciar su multiplicación.

Debe considerarse que mediante el método de selección de líneas

puras no se crean nuevos genotipos. El mejoramiento a través de este procedimiento de selección queda limitado a la separación de los mejores genotipos ya presentes en la población original(Poehlman, 1979).

2.2.3 Selección masal.

La selección masal en las plantas autofecundadas tiene como una de sus aplicaciones básicas la referida a la homogenización, en corto tiempo, de las poblaciones en variedades adoptadas en ciertas zonas agrícolas. Donde pudieran tenerse poblaciones(variedades) con diferencias en cuanto a madurez, susceptibilidad a enfermedades, etc., lo cual mermaría el rendimiento potencial de las variedades al perderse sus características generales distintivas. Este procedimiento se extiende a la depuración de variedades en la producción de semilla a nivel comercial.

El procedimiento seguido para formar una variedad de sorgo mediante selección en masa, en generaciones segregantes avanzadas,consiste básicamente en lo siguiente:

1.- Seleccionar un número conveniente de plantas con fenotipo semejante, cosecharlas y mezclar la semilla.
2.- Cultivar en pruebas preliminares de rendimiento.
3.- Continuar con pruebas de rendimiento y adaptación.
4.- Multiplicación y distribución.

La selección masal obtenida de una especie autofecundada estará constituida de genotipos semejantes.

Toda aquella variedad que se crea o se origine por selección masal será relativamente pura para las características que pueden obser-

varse a simple vista y que pueden ser utilizadas como criterios de selección pero las líneas pueden diferir en características cuantitativas tales como el rendimiento, tamaño, calidad, etc., ello debido a que los caracteres cuantitativos generalmente no pueden ser clasificados y detectados fácilmente (Poehlman, 1979). En forma general, este método se basa en que las plantas se seleccionan tomando como criterio básico de selección al fenotipo procediéndose después a la mezcla de la semilla, sin tomar en cuenta la importancia de la prueba de progenie.

Para este método de mejoramiento se presentan dos serias objeciones:

a).- No hay seguridad de que las plantas agrupadas sean homocigotes o heterocigotes. Puede ser necesario repetir la selección fenotípica, debido a que las plantas heterocigotes segregan en la siguiente generación.

b).- El medio ecológico en el cual se cultiva una planta influye en su desarrollo y pureza. Al realizar una selección en masa, no es posible tener la seguridad de que el fenotipo seleccionado sea superior en apariencia como consecuencia de factores hereditarios o como producto del medio ambiente(Poehlman, 1979).

2.2.4 Métodos de selección que siguen al cruzamiento.

En las especies con autofecundación, se utilizan dos métodos de selección para llegar a la formación de nuevas variedades constituídas por líneas puras o mezclas de líneas puras: El método genealógico y el método HISMSI. Estos dos métodos siguen al cruzamiento, por lo que a continuación se mencionará la importancia de este y la técnica más deli-

cada de su ejecución, la emasculación.

2.2.4.1 Importancia del cruzamiento antes de la selección.

Mediante este proceso, como método de mejoramiento, es posible obtener variedades de polinización libre, que estarán constituídas por una línea pura o una mezcla de líneas puras.

La obtención de la primera generación filial, F1, o el híbrido F1, se logra por medio de la hibridación o cruza de dos variedades y es mediante la que se obtienen recombinaciones génicas que proporcionan una amplia variabilidad de genotipos en las generaciones subsecuentes, entre los que se seleccionan los más apropiados de acuerdo al interés que se tenga de cada cruzamiento.

En esta sección debe considerarse que por hibridación se está refiriendo al cruzamiento entre dos plantas pertenecientes a dos líneas homocigóticas deseables, una actuando como progenitor hembra y la otra como progenitor macho. Este cruzamiento es importante para lograr recombinar características que se encuentran por separado en los progenitores involucrados en el cruzamiento, de tal manera que en las poblaciones se puedan detectar plantas homocigóticas que combinen las características por las cuales los progenitores fueron seleccionados como adecuados para la hibridación. Estas plantas homocigóticas son seleccionadas individualmente y al cosecharse por separado, una vez autofecundadas natural y artificialmente, darán origen a líneas puras las cuales de ser superiores en evaluaciones constituirán nuevas y mejores variedades.

Cuando se pretende originar variedades de polinización libre a

través del método de hibridación, seguido de selección, se practica la selección en las descendencias segregantes, generadas a partir del cruzamiento de los dos genotipos. Este cruzamiento en sorgo puede lograrse mediante la técnica de emasculación basándose en varios métodos que se diferencian entre si por su nivel de efectividad.

2.2.4.1.1 Elección de progenitores.

La selección de progenitores encaminados a producir variedades de polinización libre mediante la hibridación, debe considerar el hecho de que están presentes en ellos características favorables complementarios deseables de reunir en la variedad por formar. Para cuando se hayan identificado las características buscadas en progenitores potenciales, ya deberá tenerse estructurado todo un esquema de mejora que involucre desde la formación del híbrido hasta los procedimientos de selección que le seguirán.

2.2.4.1.2 Métodos de emasculación en sorgo.

Al hablar de emasculación se hace referencia inmediata a la emasculación manual; sin embargo existen otros métodos de androesterilización los cuales se basan en el empleo de ciertos factores físicos para hacer infértil las partes masculinas(anteras) de las flores en plantas de sorgo. Dichos métodos son:

2.2.4.1.2.1 Emasculación manual.

En plantas de sorgo, la floración de la espiga comienza en el ápice y continúa de manera regular hacia la base; tardando alrededor de siete días en alcanzar la floración completa. En base a esto se considera que el momento más propicio para emascular sucede cuando las floreciillas del ápice de la panícula o espiga comienzan a abrirse; siendo las espiguillas de la parte media las que serán emasculadas porque como la floración es hacia abajo y habiendo floreado las primeras, entonces estas últimas habrán alcanzado un estado de desarrollo adecuado para poder removerles las anteras sin provocar su desecamiento (caso de emasculación prematura); además de evitar desecamiento por emasculación prematura, tomando como base la floración del ápice de la panícula para remoción de anteras, también es posible tener un cierto grado de control en los cruzamientos posibles; ya que emasculando de la manera indicada, los estigmas serán receptivos a más tardar a los dos días después de remover anteras lo cual es importante cuando los progenitores masculinos tienen rangos de floración más cortos, lo cual disminuye el número de hibridaciones a realizar porque cuando estas floreen será necesario tener plantas hembras emasculadas ya receptivas para conseguir semilla híbrida. Esto no es problema significativo cuando los progenitores masculinos tienen un rango de floración más amplio porque los estigmas de las plantas emasculadas serán receptivos teóricamente por un período aproximado de ocho días.

Antes de realizar la emasculación deben cortarse las floreciincipientes, pues con el tiempo pueden llegar a desarrollarse y soltar el

polen. El raleo o aclareo de la panícula no debe ser excesivo porque podría presentarse un desecamiento total de la misma.

El procedimiento de emasculación consiste básicamente en lo siguiente:

a).- Identificar plantas con floración incipiente.

b).- Cortar la tercera parte superior e inferior de la panícula.

c).- Aclarear o ralear la parte conservada de la panícula(sección media).

d).- Remover o cortar florecillas incipientes en las espiguillas por emascular.

e).- Emascular.

f).- Cubrir la panícula con bolsa de glacine.

Cuando son requeridas pequeñas cantidades de semillas, el método de emasculación manual es efectivo.

2.2.4.1.2.2 Emasculación con agua caliente.

El método de emasculación con agua caliente se basa en que las partes masculinas que producen el polen son más sensitivas a la influencia del calor que las partes femeninas de una flor.

El procedimiento consiste en aplicar, por un período aproximado de 10 minutos, agua caliente a la panícula de sorgo. Posteriormente se embolsa para prevenir la polinización indeseable. Stephens y Quinby (1934) fueron los primeros en probar éste método de emasculación en sorgo;

ellos encontraron que el tratamiento más adecuado fue el resultante de aplicar el agua a una temperatura de 42 °C sobre la panoja y dejándose enfriar hasta transcurridos 10 minutos.

Mediante este procedimiento puede obtenerse relativamente alta cantidad de semilla de cruzamientos; el método es también aplicable a pequeños granos y a la mayoría de las siembras hortícolas. Se considera que es adecuado para la hibridación interespecífica e intergenérica (L.R.House, 1982).

2.2.4.1.2.3 Emasculación con alcohol etílico.

En una comparación de efectos de emasculación entre el método de succión (descripción posterior) y el método a base de alcohol etílico se encontró que éste último resultó más eficiente en el caso de la alfalfa.

El procedimiento a base de alcohol etílico consiste en cortar los estandartes de las flores en pleno florecimiento y luego las flores son recortadas, dejando la columna estigmática expuesta para el tratamiento. Todas las flores que han de ser emasculadas en racimo son tratadas de esa manera. Posteriormente todo el racimo es sumergido en un vaso que contiene 57 % de alcohol etílico, durante un período de 10 segundos (Ramos,T.U, 1970).

2.2.4.1.2.4 Emasculación con bolsa de plástico.

Otra técnica que consigue un considerable grado de androesterilización de panículas de sorgo es la basada en el uso de bolsas de plástico.

El procedimiento consiste en colocar la bolsa de plástico sobre la panoja a media tarde -4 P.M.- aproximadamente -y posteriormente se revisa, cada día, el avance de emergencia de anteras en la panícula. Cuando se considere que el avance es suficiente , entonces se sacude la panícula para separar las anteras que están todavía unidas a las florecillas cuyos estigmas no han sido polinizados por aquellas, por no haber soltado aún el polen debido a que no han llegado a ese punto de desarrollo; ya que la emergencia prematura de anteras es provocada por la alta humedad creada dentro de la bolsa de plástico.

La polinización se hace al momento de quitar la bolsa de plástico con polen suficiente de una panícula específica para el cruzamiento. La panícula puede polinizarse repetidamente -cuando se tenga suficientes espiguillas pendientes que lo justifiquen - aunque podría ser más conveniente remover las ramificaciones que aún no están floreando.

Estudios realizados por Schertz y Clark , citados por House(1982), señalan que la semilla F1 obtenida por la técnica de bolsa de plástico puede variar de 40 a 90 % en dicha condición.

2.2.4.1.2.5 Otros procedimientos de emasculación.

Emasculación por enfriamiento: Este método ha sido aplicado en trigo, con variaciones en la temperatura de -3 ^{o} a 2 ^{o}C. Es importante considerar el tiempo de tratamiento , así como también las variaciones de enfriamiento para cada variedad específica.

Emasculación por succión: Aunque con ciertas reservas, este método ha sido considerado como un procedimiento estándard para emascular alfalfa y trébol oloroso (Ramos,T.U, 1970).

09959

2.2.4.2 Método genealógico.

El método de mejoramiento por pedigree o genealógico es un procedimiento que opera sobre genotipos segregantes derivados de cruzamientos entre progenitores previamente identificados como los adecuados a los fines propuestos.

En el método de selección por pedigree, la separación de los mejores tipos comienza en la F_2, considerándose que el número de selecciones por realizar dependerá del número de materiales que se estará en condiciones de manejar en la generación F_2. Las plantas seleccionadas en la F_2, se llevan a planta por surco en la siguiente generación; es decir, originando familias por surco. En éstas, la proporción de heterocigotes tenderá a disminuir conforme avanzan las selecciones practicadas dentro de ellas, en las generaciones sucesivas. En la F_6 o F_7, aproximadamente la variación genética dentro de cada familia prácticamente habrá terminado. Procediéndose entonces a la eliminación de las familias poco prometedoras y a las evaluaciones preliminares de las familias sobresalientes.

La selección por pedigree tiene como principal inconveniente el requerir mucho tiempo para llevar a cabo cada una de las etapas que supone su ejecución. Así mismo, requiere de registros muy detallados de las relaciones progenitor-descendencia que podrían ser innecesarios por el hecho de que podría decidirse eliminar materiales poco prometedores desde las primeras generaciones de selección. No obstante, este procedimiento permite al fitomejorador aplicar sus conocimientos de seleccionador al identificar los individuos que según él originarán las mejores descendencias.

Los registros de la relación progenitor-progenie que se llevan a ca-

bo permiten identificar familias con antecesores en común, lo cual nos lleva a descartarlas por tener comportamientos muy semejantes.

2.2.4.3 Método Masivo o H.I.S.M.S.I.

Otro de los procedimientos de mejora genética que tienen como punto de partida el cruzamiento, es el método masivo o H.I.S.M.S.I (hibridación, siembra en masa y selección individual). Donde el tipo de cruzamiento elegido dependerá de la urgencia en la obtención del material segregante. Pudiéndose utilizar cruzas simples si se pretende comenzar de inmediato el mejoramiento; o bien cruzas múltiples cuando se pretenda reunir en el híbrido los genes de todos los progenitores por involucrar. cuando se tengan las poblaciones segregantes, no deberá efectuarse ninguna selección, sino que las progenies obtenidas deberán cosecharse en masa y llevarlas hasta la generación F_6 donde teóricamente deberá tenerse un alto grado de estabilidad genética y en consecuencia la selección individual estará fundamentada (Brauer, H.O., 1969).

2.2.4.4 Método de la retrocruza.

El procedimiento de la cruza regresiva o retrocruza se aplica cuando los caracteres que se pretende transmitir de un genotipo (progenitor donante) a otro (progenitor recurrente) no están determinados por muchos pares de genes.

El uso más frecuente, de éste método, se presenta en el mejoramiento de variedades sobresalientes, que todavía tienen algunas deficiencias, las cuales pueden anularse mediante la incorporación de los genes responsables pero con efectos positivos los cuales pueden encontrarse en

otras variedades menos deseables agronómicamente. Su ejecución consiste en un proceso continuado de cruzas sucesivas, iniciado en el híbrido F_1, entre las plantas seleccionadas portadoras del gen de importancia y las plantas del progenitor recurrente. Al final de los retrocruzamientos, teóricamente los caracteres provenientes del progenitor recurrente serán homocigóticos, a diferencia del carácter a transferir o incorporar que será heterocigote; siendo necesario autofecundar para que su expresión sea permanente.

2.3 Mejoramiento por Hibridación.

De los avances más importantes conseguidos en el mejoramiento genético de las plantas, el de mayor impacto económico ha resultado ser la producción de variedades híbridas tanto en plantas autógamas como alógamas. Las variedades híbridas resultan del cruzamiento planeado de progenitores seleccionados en base a diferentes técnicas o procedimientos que los catalogan o clasifican según el potencial para la producción de progenies altamente calificadas. Cuando los progenitores seleccionados son los más indicados, los híbridos resultantes presentarán un aumento en la eficiencia de sus procesos vitales, lo cual originará un mejor desarrollo vegetal a lo cual se le ha llamado vigor híbrido o heterosis.

2.3.1. Antecedentes del vigor híbrido.

El conocimiento del vigor híbrido o heterosis se remonta a los primeros años del presente siglo; siendo G.H. Shull (1914) quien los reconoció y lo asoció con la condición heterocigótica de los genes, por lo cual siem-

pre que se presente un desarrollo sobresaliente de progenies híbridas se le mencionará como heterosis o vigor híbrido.

2.3.1.1 Heterosis.

La hibridación tiene como ventaja principal el inducir mayor vigor en el híbrido, en comparación con las líneas progenitoras involucradas en la formación de mismo. Esta característica de aumento en el vigor es conocida genéticamente con el nombre de heterosis, la cual es consecuencia de la aptitud de un individuo para desarrollarse en alto grado.

El fenómeno de aumento de vigor en el híbrido se presenta en mayor intensidad cuando los individuos cruzados son homocigotes y contrastantes genéticamente. El híbrido de la primera generación, en este caso, es heterocigote para un número de pares más o menos grande; a medida que se van obteniendo nuevas generaciones sin hibridación partiendo de ese primer híbrido , la heterosis va siendo menos intensa , probablemente porque los individuos van siendo heterocigotes para un número de pares de genes más pequeños y homocigotes para un número de pares más grande(De la Loma, 1973).

Las causas que influyen en la aptitud para llevar a cabo las funciones vitales de manera óptima son poco conocidas debido a la complejidad para interpretar de manera satisfactoria las manifestaciones externas o morfológicas de dicha aptitud. Ello indica que cualquier intento tendiente a medir el vigor o vitalidad , por la observación de un carácter morfológico sería arbitrario (De la Loma, 1973).

Las características fundamentales de los factores que intervienen en el vigor híbrido son tres:

1. Ser muy numerosos; 2. Tienden preferentemente a ser completamente dominantes sobre sus alelomorfos y 3. son complementarios unos de otros (De la Loma, 1973).

Estas conclusiones afirman al respecto lo siguiente:

a). La heterosis es el resultado de la interacción de un gran número de factores independientes , aportados por los dos progenitores y reunidos en el híbrido.

b). La población F_1 es la que exhibe la heterosis con mayor intensidad y es tan homogénea como sus progenitores, puesto que si estos son homocigotes, consta de un solo genotipo.

c). La población F_2 es mucho más variable que la F_1 y exhibe una heterosis menos intensa que ella. Este hecho se debe a que los individuos que constituyen la población F_2 no pertenecen a un genotipo único, por haber sufrido una mayor o menor segregación.

d). A medida que el número de generaciones aumenta, si no se efectúa selección, el efecto de la heterosis va desapareciendo rápidamente y se llega a un estado en que cada generación no difiere escencialmente de la anterior. Sin embarso en tal momento la variación de la población será mayor que en la de los progenitores P_1 y que la de F_1 (De la Loma, 1973).

La teoría del vigor híbrido se originó a partir de las investigaciones realizadas en el cultivo de maíz por Shull y East en 1908 seguidos por Jones entre otros, quienes encontraron que el maíz híbrido tenía más vigor que las líneas endogámicas o aquellas variedades de polinizaci-

ón abierta entonces en uso. La utilización práctica de dichas observaciones significó un aumento considerable en la producción no solo en maíz sino también en cultivos tales como el sorgo, trigo, tabaco, etc. (Gardner, E.J, 1971).

Se considera que la heterosis contribuye con un 20% a 40% del aumento en la producción y el resto corresponde a los beneficios de un buen riego y fertilización (Barajas, L.M, 1977).

2.3.1.2 Importancia de la heterosis.

La manifestación de la heterosis ha sido comprobada en numerosos casos; por ejemplo se han detectado efectos de heterosis dentro de los cruzamientos de Nicotina marylandica. Por otra parte, Hayes y East demostraron que el cruzamiento de Nicotina tabacum y Nicotina Sylvestris origina híbridos con altura de aproximadamente un 35% mayor que la de los progenitores y son más vigorosos que estos últimos.

El cruzamiento de Nicotina tabacum X Nicotina rústica da descendientes cuya altura supera en un 80% a la de sus padres. El híbrido de rábano (Raphanus sativus) y la col (Brassica oleracea), denominada Raphanobrassica, ha alcanzado en varias ocasiones proporciones gigantescas en relación con las que presentaban los progenitores (De la Loma, 1963).

Karper y Quinby citados por De la Loma (1963), describieron un caso de heterosis muy significativo en el sorgo; cruzando la variedad Hegari con la denominada Dwarf Broom Corn, se obtuvo un notable híbrido cuya altura era dos veces y media la de sus progenitores y que produjo aproximadamente tres veces más forraje que cualquiera de ellos.

En el cultivo del maíz, Shull, East y Jones encontraron que cuando se hibridan artificialmente dos variedades distintas, el híbrido de la primera generación es claramente más vigoroso que cualquiera de los progenitores de los que procede.

Los datos anteriores muestran que la heterosis puede ser lo bastante considerable para sugerir su aprovechamiento como medio para formar genotipos prometedores y sobre todo cuando hay la posibilidad de cruzamientos entre genotipos lo menos emparentados posible.

Estudios realizados por Jones , citado por De la Loma 1979, muestran la disminución de la altura de plantas de maíz en las generaciones que siguen a una hibridación, hasta llegar a ser menor que en los progenitores. Esto lleva a la conclusión de que para mantener el efecto de la hibridación, es preciso realizar anualmente la hibridación para obtener siempre híbridos de primera generación.

2.3.1.3 Teorías que tratan de explicar el vigor híbrido.

Existen dos explicaciones, las mejor fundamentadas, para entender el fenómeno de la heterosis o vigor híbrido; sin embargo, ambas no alcanzan a cubrir todos los casos de manera satisfactoria. Ellas son la teoría de la dominancia y la teoría de la condición heterocigótica.

2.3.1.3.1 Teoría de la dominancia.

La teoría de la dominancia propuesta por Bruce, citado por Poehlman (1979), es aquella que tiene como suposición fundamental de que el vigor híbrido es consecuencia de la acción e interacción de factores dominantes favorables para el crecimiento(frecuentemente ligados).

Esta teoría supone que los genes favorables para el vigor y desarrollo son dominantes y los genes desfavorables para los individuos son recesivos. Los factores o genes dominantes con los que contribuye un progenitor, pueden complementar a los genes dominantes aportados por el otro progenitor de tal forma que la F_1 tendrá una combinación más favorable de genes dominantes que aquella encontrada en cualquiera de los progenitores. La primera generación del cruzamiento mostrará los caracteres determinados por los genes dominantes de ambos progenitores, sin manifestarse los recesivos a menos que se encuentren presentes en los dos gametos que se unieron en la cruza (De la Loma, 1963).

Como ejemplo fundamentado en la teoría de la dominancia , podemos presentar el siguiente caso:

Sea el genotipo aaBBCCddEEffGG con ciertos factores dominantes y homocigotes, el cual se cruzará con el progenitor cuyo genotipo es AAbbccDDeeffgg que presenta genes dominantes para caracteres diferentes a los determinados por los genes dominantes del primer progenitor. De esta hibridación se obtendrán progenies que presentarán los caracteres determinados por los genes dominantes complementarios y manifestándose los recesivos cuando se encuentren en condición homocigota; es decir, se obtiene el siguiente genotipo: AaBbCcDdEeFfGg; observándose que esta progenie presenta un mejor grupo o combinación de genes en comparación con sus progenitores.

Una de las objeciones de esta teoría, es que si fuera exacta y general, sería factible obtener, mediante autofecundaciones a partir del híbrido F_1, líneas homocigóticas que tuvieran reunidas en dicha condición las características favorables de los progenitores del cruzamien

to, que serían tan vigorosos como el híbrido; sin embargo, estas líneas no han sido obtenidas. Se presenta como justificación a dicha irregularidad el hecho de que parece ser que la cantidad de genes que intervienen en un carácter cuantitativo, como el vigor, es tan grande que no es posible recuperarlo totalmente en estado homocigótico en una planta individual (Poehlman, 1979).

La teoría de la dominancia en el vigor híbrido da por hecho el que las interacciones génicas no alélicas incrementan la heterosis. Una de las interacciones génicas no alélicas más importantes para la heterosis es la de los genes complementarios (Brewbaker, 1967).

2.3.1.3.2 Teoría de la heterocigosis.

La otra teoría que trata de explicar el vigor híbrido , es la propuesta por East y Shull (1908). Esta teoría tiene como principio hipotético el señalar que la heterosis sucede cuando el genotipo tiene el mayor número de genes en condición heterocigótica. Al cruzarse por ejemplo dos líneas autofecundadas de maíz y por tanto homocigotes para una gran cantidad de pares alelomórficos, el híbrido F_1 será heterocigote para un número de pares mucho mayor que cualquiera de los progenitores considerando líneas homocigóticas y contrastantes en los caracteres, se piensa que existe alго en la condición heterocigótica de los pares de genes, la cual determina una mayor actividad vegetativa ocasionando un mayor vigor y desarrollo de los tejidos (De la Loma, 1963).

La teoría de la heterocigosis supone que existen alelos contrastantes para un mismo locus y cada alelo produce efectos favorables pero diferentes en la planta, de tal manera que en una planta heteroci-

sótica se origina una combinación de efectos más favorables, que el efecto producido por cualquiera de los alelos por si solo. Se ha empleado el término de sobredominancia para enunciar el hecho de que el heterocigote sea superior a cualquiera de los homocigotes.

Como ejemplo de presencia de heterosis explicada por esta teoría podemos suponer el cruzamiento entre dos progenitores de contraste génico absoluto para cinco pares de genes: aabbccddee x AABBCCDDEE, obteniéndose el híbrido AaBbCcDdEe. De acuerdo con el fundamento teórico de la heterosis de que el vigor híbrido es mayor cuanto más diferentes son los progenitores, la teoría de la dominancia pierde validez en este caso, debido a que (de acuerdo con dicha teoría) la progenie híbrida no podría superar al progenitor superior, siendo entonces oportunidad de que la teoría de la heterocigosis explique la heterosis expresada.

2.3.2 Antecedentes sobre androesterilidad y el mejoramiento en Sorgo.

La técnica del mejoramiento genético de los cultivos entre ellos el sorgo, recibió un impulso bastante significativo en el alcance y aplicación de sus métodos al descubrirse y controlarse el mecanismo genético de la androesterilidad . Se ha reconocido que la androesterilidad está determinada por dos condiciones especificas de los genotipos; es decir, una condición de esterilidad resida por efectos génicos y otra asociada con una interacción de los genes con factores citoplásmicos. Esta última ha resultado ser la más utilizada debido a la facilidad, precisión y economía de su método.

El mecanismo hereditario responsable de la androesterilidad

génico - citoplásmica comenzó a esclarecerse a raíz de las observaciones practicadas por Stephens y Holland (1954) en los progenies derivadas del cruzamiento entre plantas de tipo milo con plantas del tipo kafir. Encontrándose variaciones de los híbridos con respecto a esterilidad, según fuera el tipo de acción de los progenitores; es decir los cruzamientos recíprocos originaron resultados distintos (androestéril cuando el Milo funsía como hembra). Esto susirió una interacción de los factores genéticos con los citoplásmicos, llegándose a denominar o caracterizar a este tipo de androesterilidad, como de condición génico-citoplásmica.

En la esterilidad, los gametos no son funcionales como resultado de polen u óvulos defectuosos producto de aberraciones cromosómicas acciones génicas o influencias citoplásmicas que producen el aborto o la modificación de anteras, o pistilos.

La esterilidad deseada es aquella en que no se hacen funcionales los gametos masculinos, androesterilidad, como consecuencia de efectos de genes nucleares, plasmagenes o por la interacción de los mismos. Las plantas androestériles han sido espontáneas en las poblaciones naturales, y las causas de su androesterilidad representan, al conocerse y controlarse, un medio muy adecuado para 'emascular' plantas genéticamente. Estas plantas aparecen tanto en poblaciones autógamas como alógamas a consecuencia de mutaciones en cualquiera de los múltiples loci que determinan las diferentes etapas vitales para la formación del polen.

La emasculación genética simplifica el proceso de formación de híbridos, de tal manera que ha sido factible extender esta metodología a especies multiflorales donde las cruzas artificiales para obtener semilla F (Semilla híbrida) en gran escala eran prohibitivas dados los al-

tos costos de emasculación. También la emasculación genética ha permitido formar poblaciones artificiales alógamas en especies autógamas con propósitos de mejora.

La androesterilidad actualmente usada como forma de emasculación genética puede ser consecuencia de diferentes efectos: a). génicos; b). citoplásmicos y c). génico-citoplásmicos.

2.3.2.1 Androesterilidad genética (AG).

En algunas especies cultivadas tales como la cebada, el maíz, el sorgo y la remolacha azucarera, se ha observado que la esterilidad masculina es consecuencia absoluta de la acción de efectos génicos. Este tipo de androesterilidad es controlada generalmente por un gen recesivo, lo cual implica que para mantener las plantas recesivas para el carácter androesterilidad, sea necesario cruzarlas con las heterocigóticas, que serán naturalmente fértiles. Con ello se originará una descendencia estéril en un 50%, en tanto que la restante será fértil y heterocigótica esto se presenta en el Esquema 1 (Santos, 1978).

2.3.2.1.1 Uso de la AG en la producción de semilla híbrida.

La androesterilidad genética tiene gran importancia en la formación de sorgos híbridos a nivel experimental; es decir, por ejemplo para generar poblaciones a las cuales se pueda ajustar algún método de selección. Pero no puede tener aplicación práctica en la formación de sorgos híbridos a nivel comercial, dadas las condiciones que exige su manejo y control. Esto debido, más que nada, a la dificultad para descartar las plantas fértiles de los surcos de androestériles antes de la

Esquema 1. Modalidades de cruzamiento bajo los sistemas de androesterilidad genética.

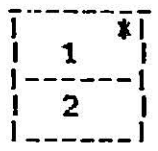
Androesterilidad genética.

*: Determinante del carácter androesterilidad en la progenie.

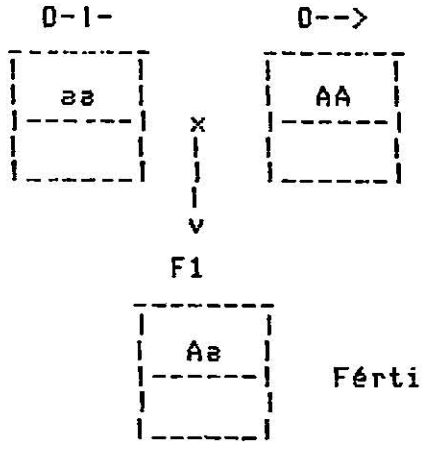
1: Base genética ; 2: Base citoplásmica.

aa: Condición recesiva de fertilidad.

AA: Condición dominante de fertilidad.

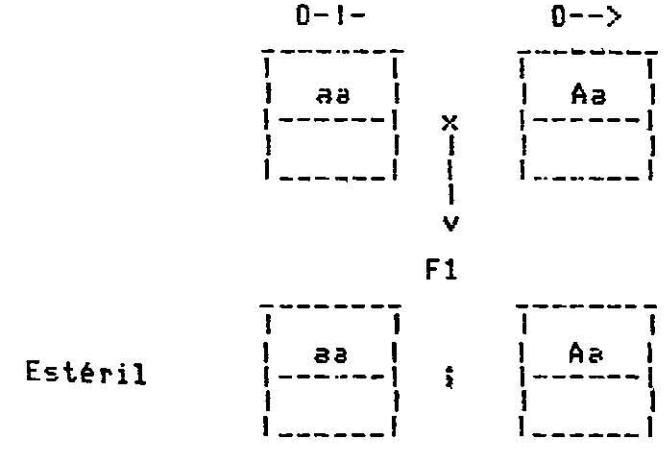


Modalidad 1.



Progenitor masculino homocigote dominante; originando en consecuencia progenie fértil.

Modalidad 2.



Progenitor masculino heterocigote derivando progenies en proporción de 50% estériles y 50% fértiles.

polinización.

El inconveniente para la producción de semilla híbrida, radica en que no siempre es posible desechar las plantas fértiles de los surcos de androestériles antes de la polinización (Santos, 1978).

2.3.2.1.2 Uso de la AG en poblaciones recombinantes.

La androesterilidad genética tiene también aplicación importante en mejoramiento del sorgo basado en la formación de poblaciones recombinantes. Estas se originan mediante selecciones continuadas de plantas sobresalientes derivadas de un cruzamiento original de plantas androestériles convenientes con polen de plantas sobresalientes; es decir, el proceso comienza cuando en la población a mejorar se identifican las plantas androestériles las cuales se polinizan con una mezcla de polen colectado de las mejores plantas fértiles. Esto ocasiona que la progenie de cada planta constituya familias de medios hermanos, siendo en estas (establecidos en surcos individuales el siguiente ciclo) donde se identifican y seleccionan únicamente las plantas fértiles superiores que a su vez se llevan a siembra por surco en el siguiente ciclo, donde se identifican las plantas androestériles, descartándose, identificando y seleccionando las mejores plantas fértiles que a su vez se siembran en surcos individuales, de donde se vuelven a eliminar las plantas estériles, que teóricamente serán menos, seleccionando las mejores plantas fértiles. Este procedimiento se repite hasta la 6a. o 7a. generación donde se seleccionan las mejores plantas de las mejores familias y se forma un compuesto balanceado constituyéndose así la población re-

combinante lista para incremento de semilla.

2.3.2.2 Androesterilidad citoplásmica(AC).

El tipo de androesterilidad citoplásmica es utilizado generalmente en especies cultivadas en las cuales se utiliza alguna parte vegetativa de la planta como producto comercial. Es originado por un tipo especial de citoplasma (herencia materna), cuyas plantas portadoras pueden producir semilla si están presentes las plantas polinizadoras (Esquema 2). La semilla F_1 originada producirá sólo plantas androestériles; ya que su citoplasma deriva totalmente del gameto femenino (Santos, 1978).

2.3.2.3 Androesterilidad génico-citoplásmica (AGC).

La androesterilidad génico-citoplásmica es consecuencia de la interacción hereditaria entre factores citoplásmicos y cromosómicos. La importancia de la influencia citoplásmica en este tipo de herencia, radica en que permite mantener una línea estéril usando como progenitores femeninos a las plantas que son portadoras de genes cromosómicos de esterilidad en combinación con un factor citoplásmico de esterilidad, polinizándolas con otras que llevan los factores de esterilidad en los cromosomas y cuya sola diferencia está en el citoplasma fértil, de tal manera que ésta última línea es fértil y por tanto autofecundable (Brauer, 1978).

En este tipo de androesterilidad la descendencia de las plantas androestériles no es necesariamente androestéril, como en el caso de la androesterilidad citoplásmica; sino que pueden ser androfértiles

Esquema 2. Modalidad de cruzamiento bajo el sistema de androesterilidad citoplásmica.

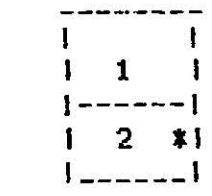
Androesterilidad citoplásmica.

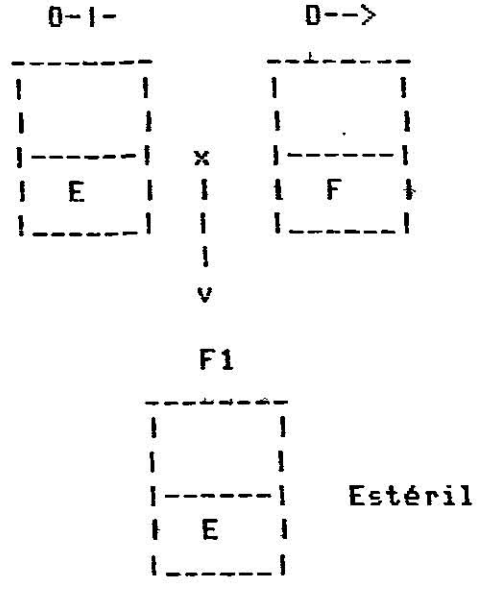
*: Determinante del carácter androesterilidad en la progenie.

1: Base genética ; 2: Base citoplásmica.

E : Determinante de esterilidad.

F : Determinante de fertilidad.





Progenitor femenino estéril por efectos citoplásmicos; derivando una progenie en consecuencia estéril, independientemente de la condición genética del progenitor masculino.

cuando se utilizan ciertas plantas como polinizadoras (Esquema 3). Los progenitores masculinos que originan una descendencia F_1 androfértil llevan genes que tienen la propiedad de restaurar la capacidad de producir polen al influir en el citoplasma androestéril; siendo así como los casos de androesterilidad se convierten en androfértiles a consecuencia de la acción de los genes restauradores (Santos, 1978).

El modelo utilizado para dar cuenta del carácter androesterilidad génico-citoplásmica está basado en la influencia de genes nucleares y factores citoplásmicos; considerándose dos tipos de citoplasma: estéril (E) y normal (N), cuyos contenidos plasmagénicos en interacción con el par de alelos R, r, producen los siguientes fenotipos y genotipos:

Genotipo	(E) rr	(E) Rr	(E) RR	(N)rr	(N) Rr	(N) RR
Fenotipo	androestéril	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

El gen dominante R determina la androfertilidad, independientemente de la condición alélica en la que se encuentre (homocigosis o heterocigósis) y del tipo del citoplasma asociado. Los plasmagenes y genes nucleares potenciales de la androesterilidad se expresan solamente como tales en ausencia del gen dominante restaurador R.

Los efectos provocados por el alelo restaurador de la fertilidad son semejantes a los determinados por la acción de un alelo supresor sobre el citoplasma inductor de la esterilidad, de tal manera que no quede modificado permanentemente de la androesterilidad; sino que de retirarse el alelo restaurador, el citoplasma vuelva a expresar la condición original de esterilidad masculina; es decir, la condición citoplás-

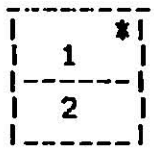
Esquema 3. Modalidades de cruzamiento bajo el sistema de andro-esterilidad génico-citoplásmica.

*: Determinante del carácter androesterilidad en la progenie.

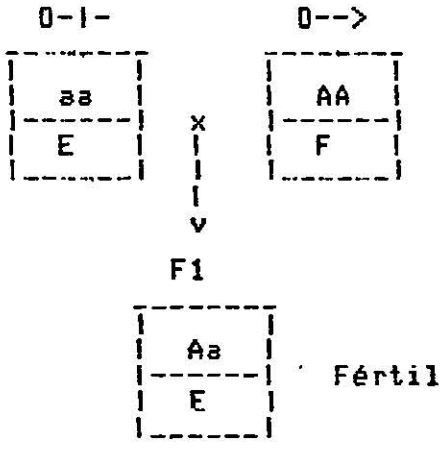
1: Base genética ; 2: Base citoplásmica.

aa: Condición recesiva de fertilidad.

AA: Condición dominante de fertilidad.

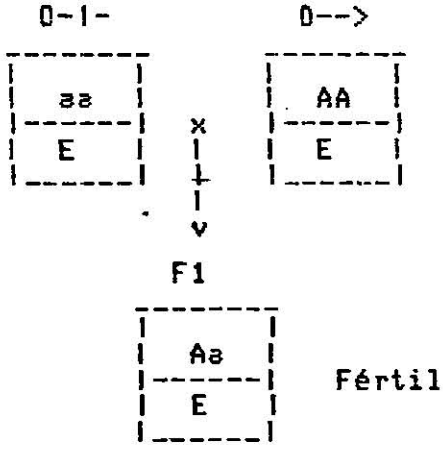


Modalidad 1.



Progenitor masculino fértil por efecto génico-citoplásmico; siendo la progenie fértil a causa de los factores génicos.

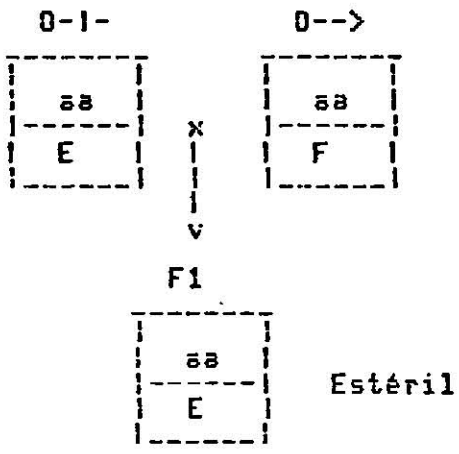
Modalidad 2.



Progenitor masculino fértil por efecto génico; siendo la progenie fértil por causa de los factores génicos.

...Continúa esquema 3.

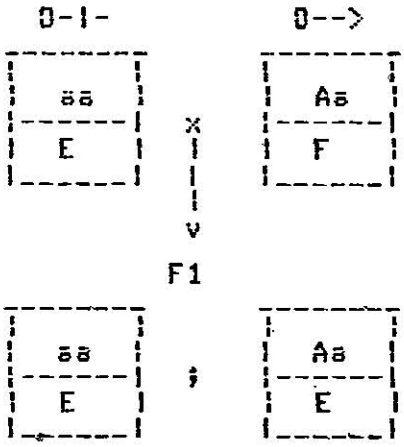
Modalidad 3.



Progenitor masculino fértil por efectos citoplásmicos; obteniéndose por lo tanto progenie estéril.

Estéril

Modalidad 4.

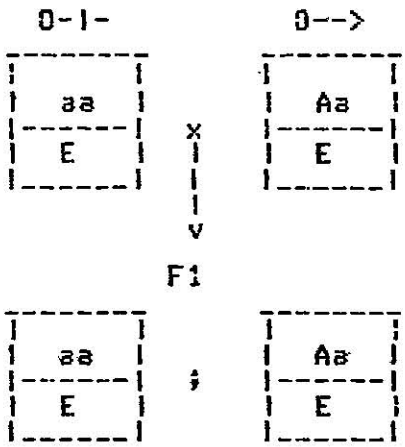


Progenitor masculino fértil por efectos génico-citoplásmicos; obteniéndose una proporción de progenies de 50% estéril y 50% fértil.

Estéril

Fértil

Modalidad 5.



Progenitor masculino fértil por efectos génicos; derivando progenies en proporción de 50% estériles y 50% fértiles.

Estéril

Fértil

mica no queda anulada mediante la presencia de los alelos restauradores, solamente se encuentra suprimida.

La conservación e incremento de los individuos (E) rr se efectúa por cruzamiento con genotipos (N) rr obteniéndose sólo individuos (E) rr debido a que el citoplasma se hereda a través de la línea materna. La línea A, androestéril, tiene el genotipo (E) rr; mientras que el de la línea normalmente denominada B es (N) rr.

La línea R de genotipo (E)RR o (N)RR se cruza con la línea (A) cuyo genotipo es (E) rr, obteniéndose un híbrido fértil de genotipo (E) Rr. Este híbrido al autofecundarse segregará en la F_2, originando una proporción fenotípica de 3 (E)R_; 1 (E)rr. A partir de esta progenie es posible iniciar la selección de plantas fértiles de las cuales se podrán llegar a formar nuevas líneas restauradoras.

2.3.2.3.1 Uso de la AGC en la formación de variedades híbridas.

La metodología utilizada en sorgo para formar variedades híbridas se fundamenta principalmente en el uso del carácter androesterilidad génico-citoplásmica (Estrada,1975). Este método constituye la mejor opción para producir semillas de sorgo híbridas por ser práctico y económico; y se basa en el aprovechamiento de la heterosis resultante de cruzar una línea de esterilidad masculina (línea A) con una línea restauradora de la androfertilidad (línea R).

Para llevar a cabo la formación del híbrido, deberán formarse y probarse los progenitores del mismo;para ello puede considerarse el manejo del carácter génico-citoplásmico de androesterilidad el cual pre-

supone el uso de líneas A, androestériles; líneas B, mantenedoras de la androesterilidad y líneas R, restauradoras de la fertilidad del polen (Informe de actividades del PMMFyS, FAUANL, 1980).

La línea A es idéntica a la B, con excepción de que esta tiene fertilidad masculina controlada citoplásmicamente; es decir, la diferencia entre ellas radica en el citoplasma pues en la línea A, androestéril, es inductor de esterilidad, en tanto que en la línea B el citoplasma es normal.

Para determinar el comportamiento de una línea o variedad con respecto a la restauración de la androfertilidad o de mantener la androesterilidad de las líneas A, se necesita observar la progenie F_1 del cruzamiento de la línea o variedad en estudio con la línea A;si la reacción de la F_1 es androestéril, entonces el progenitor macho en estudio tiene efectos mantenedores de la androesterilidad y en consecuencia se trata de una línea o variedad con reacción B. Si el comportamiento de la F_1 es de androfertilidad, la variedad o línea mencionada tiene genes restauradores de la fertilidad del polen y por lo tanto se trata de un genotipo R.

2.3.2.3.1.1 Formación de progenitores de híbridos

Todo proceso de mejoramiento encaminado a la formación de variedades híbridas, incluye como material básico de operación grupos de líneas A, B y R. Los cuales son utilizados en procedimientos específicos tales como incremento de semilla básica de líneas A (androestériles) mediante sus respectivas líneas isogénicas (líneas B), que mantie-

nen la androesterilización de líneas B convenientes y evaluaciones preliminares de progenies híbridas A X R. Las líneas R (restauradoras de androfertilidad) pueden derivarse de generaciones avanzadas de híbridos comerciales.

2.3.2.3.1.1.1 Obtención de líneas A mediante genotipos con reacción B.

Las líneas A pueden obtenerse por varios métodos que suponen una determinada condición genética del progenitor B. Estas condiciones son:

2.3.2.3.1.1.1.1 Androesterilización de líneas B.

El procedimiento básico para la formación de líneas A se fundamenta en la cruza regresiva; la cual es una forma de hibridación recurrente por medio de la cual se incorpora una característica. Tiene como propósito el recuperar el genotipo del progenitor recurrente, excepto en lo que se refiere a la adición de un gene (o genes) para el carácter sobresaliente que se le está agregando, como contribución del progenitor no recurrente. La única selección que se practica es la relativa a un carácter importante aportado por el progenitor no recurrente.

El procedimiento de cruza regresiva se lleva a cabo con mayor facilidad cuando el carácter que se está agregando se hereda en forma simple, dominante y de fácil reconocimiento en las plantas híbridas (Poehlman, 1979). En este caso el carácter de la androesterilidad se hereda de la planta hembra (línea o planta A) cuya progenie se cruza regresiva y sucesivamente a la línea B por lo tanto, para el caso parti-

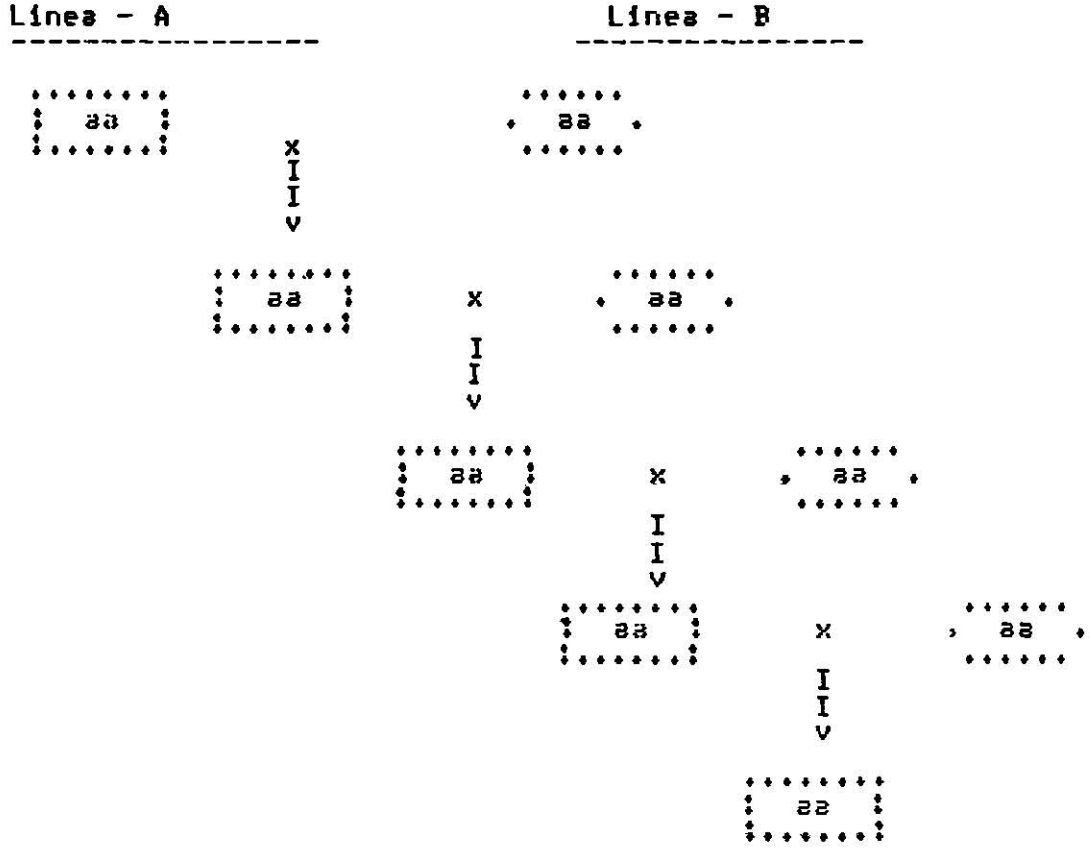
cular de la obtención de líneas A, el progenitor recurrente es la línea B; debido a que es el que se selecciona cada vez que se hace un nuevo cruzamiento. Mediante la selección se pretende ir conservando la androesterilidad obtenida de la línea A a través de varias generaciones. La retrocruza hacia B, pretende acumular el mayor número posible de los factores hereditarios típicos de esta línea (Esquema 4).

2.3.2.3.1.1.1.2 Androesterilización durante formación de las líneas B.

Cuando la androesterilización del genotipo B comienza antes de que sea homocigote (durante su formación) se utiliza el método de surcos apareados el cual se fundamenta también en el retrocruzamiento; el proceso es que mientras se desarrolla el carácter de androesterilidad, se efectúa selección en busca de caracteres agronómicos favorables. Es necesario efectuar el cruzamiento apareado de progenie, porque la androesterilidad se expresa en la progenie híbrida y la selección se produce en el progenitor recurrente. El procedimiento que se sigue es el siguiente:

La progenie de cada selección del genotipo B y la de su cruzamiento con las líneas A son sembradas en hileras adyacentes (apareadas). Después que la floración está bien avanzada y se pueda evaluar la androesterilidad de las plantas en las hileras de la línea A, progenie del cruzamiento A X B, se cruzan las panojas de la hilera de mayor androesterilidad con plantas de la línea B (en formación) apareada, registrándose las plantas cruzadas. Las semillas de los nuevos cruzamientos y las del genotipo B utilizado en la cruza, se siembran en progenies apa-

Esquema 4. Formación de líneas A cuando el progenitor B es homocigote(líneas B).



aa = citoplasma androestéril.

aa = citoplasma androfértil.

* = F1 (50% línea A y 50% línea B) y retrocruza 1.

** = F2 (25% línea A y 75% línea B); selección hacia línea B y androesterilidad.Retrocruza 2.

*** = F3 (12.5% línea A y 87.5% línea B); selección hacia línea B y androesterilidad.Retrocruza 3.

**** = F4 (6.25% de línea A y 93.75% de línea B); "línea B" (ahora línea A) genéticamente definida y androestéril citoplásmicamente por lo que será isogénica de su inductora; es decir, de la línea B cuyo citoplasma es normal (androfértil).

readas de A y B en la generación siguiente. Los cruzamientos posteriores se realizan considerando plantas de la línea A y B cuyas hileras de líneas A sean androestériles y cuyas hileras de línea B sean agronómicamente aceptables. Este proceso continúa hasta que dentro de una familia, las hileras de línea B sean similares entre sí y con respecto a las líneas A, cuya sola diferencia respecto a la línea B será la androesterilidad (Esquema 5).

2.3.2.3.1.1.2 Consideraciones para formación de líneas restauradoras de la androfertilidad(líneas R).

En los procesos de mejoramiento encaminados a la formación de líneas R, debe considerarse que todas las características deseables en un progenitor determinado, difícilmente se encuentran en una sola variedad y por lo tanto es necesario realizar cruzamientos múltiples entre líneas R para posteriormente seleccionar, por métodos de mejoramiento convenientes tales como el genealógico o masivo, durante las generaciones subsecuentes, plantas recombinantes de los mejores caracteres, las cuales pueden dar origen a nuevas y mejores líneas R dotadas de genotipos adecuados para formar híbridos altamente productivos. Las características consideradas en la selección de líneas A, B y R son principalmente las referentes a la maduración, altura, resistencia a las plagas y enfermedades, tipo de panoja y rendimiento. Particularmente en la formación de líneas R se consideran características más específicas tales como índices fisiológicos, dispersión del polen, grado de reacción R, etc.. La elección de progenitores para el cruzamiento inicial y la selección posterior constituyen las etapas más importantes en la obtención de líneas R. Para lo cual debe considerarse que los caracteres

Descripción del esquema 5 (Formación de líneas A cuando el progenitor de reacción B está también en formación).

1). Selección de plantas sobresalientes en el genotipo B y cruzamiento con plantas androestériles (líneas A).

2A). Progenie segregante de cruza L(A)* x G(B)** y androestéril.

2B). Progenie segregante derivada por autofecundación de plantas seleccionadas en el genotipo B.

3). Selección de plantas sobresalientes en el genotipo B y primer retrocruzamiento con plantas androestériles segregantes derivadas de L(A) x G(B).

4A) Progenie segregante de plantas del primer retrocruzamiento de L(A) segregante con genotipo B.

4B). Progenie segregante derivada por autofecundación de plantas seleccionadas en genotipo B.

5). Selección de plantas sobresalientes y dentro del tipo buscado en genotipo B y segundo retrocruzamiento con L(A).

6A). Progenie segregante de plantas del segundo retrocruzamiento de L(A) x G(B).

6B). Progenie segregante derivada por autofecundación de plantas de G(B) seleccionadas y utilizadas para el segundo retrocruzamiento.

7). Selección de plantas sobresalientes y dentro del tipo buscado en G(B) y tercer retrocruzamiento con plantas androestériles derivadas de la cruza L(A) x G(B).

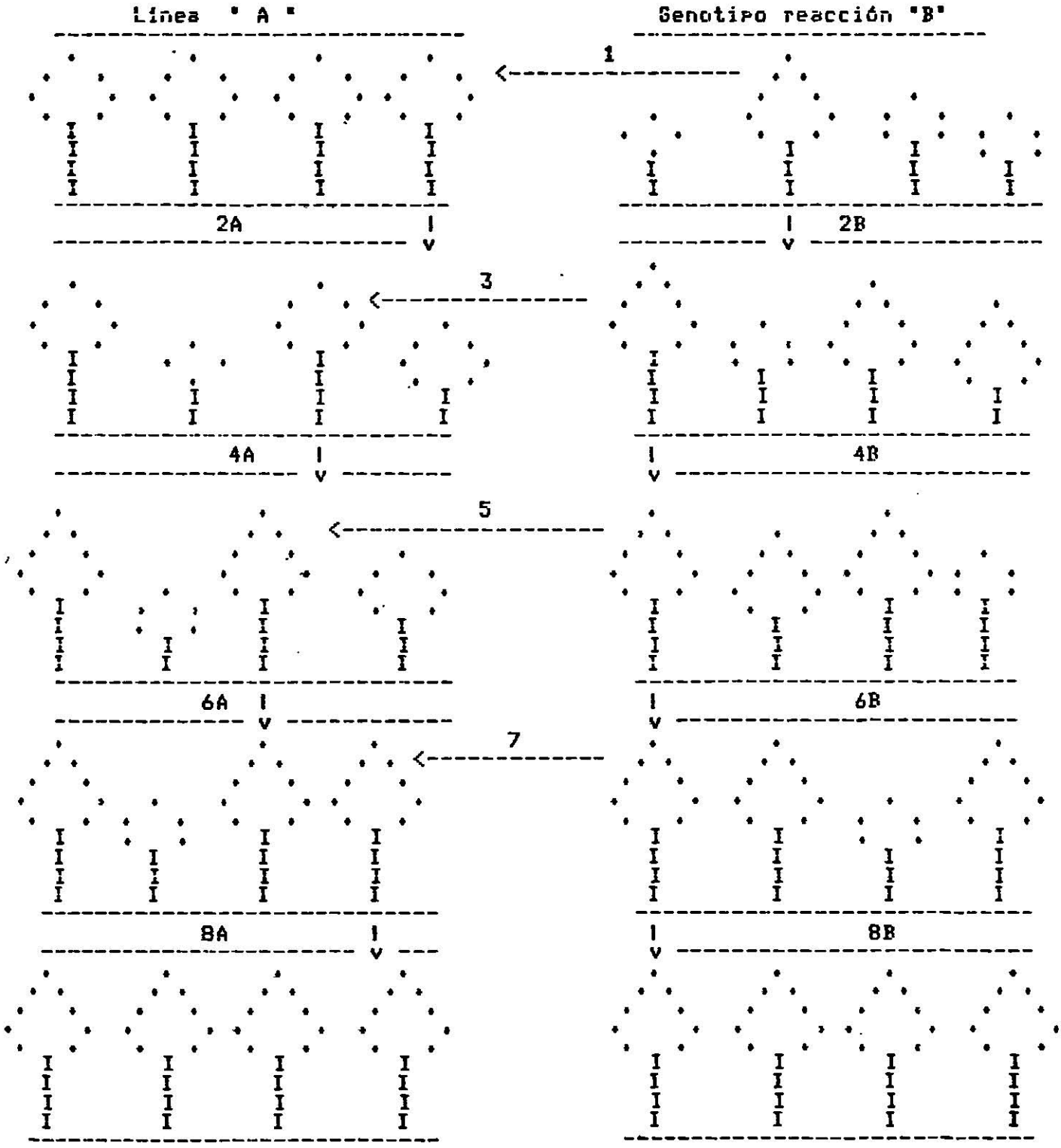
8A). Progenie de plantas relativamente homogéneas procedentes del tercer retrocruzamiento de L(A) x G(B).

8B). Progenie de plantas relativamente homogéneas derivadas por autofecundación de plantas de G(B) seleccionadas y utilizadas para el tercer retrocruzamiento.

*: Línea A.

**: Genotipo B (variedad con reacción "B").

Esquema 5. Formación de líneas androestériles(líneas A), mediante genotipos de reacción B en vías de constituirse en líneas B.



antes mencionados se complementen en las líneas R que se cruzan. Posteriormente las poblaciones segregantes se manejarán de acuerdo al método genealógico o el masivo.

2.3.2.3.1.1.2.1 Selección de líneas R mediante el método genealógico.

Considerando el método genealógico para la formación de líneas R, el proceso consiste básicamente en lo siguiente:

Para la cruza inicial, se seleccionan dos progenitores que se complementen para todas las características deseadas; la progenie obtenida o primera generación es cultivada y autofecundada; siendo todas las plantas F_1 muy semejantes dada la pureza de las dos variedades progenitoras. La semilla de las plantas F_1 se cosecha en masa; su siembra dará orígen a la primera generación segregante o F_2 donde se seleccionan y autofecundan numerosas plantas que satisfagan los requisitos necesarios para lograr los fines propuestos. Las progenies de las plantas F_2 seleccionadas se llevan a planta por surco para seleccionar entre y dentro de surcos las plantas que fenotípicamente se aproximan al tipo deseado.

La selección se sigue llevando a cabo en las generaciones subsecuentes, hasta que todas las plantas de un mismo surco sean altamente homoséneas. Esto ocurre generalmente en la F_5 o F_6 (Informe de actividades del PMMFyS, FAUANL, 1978).

En la metodología general pueden efectuarse modificaciones pertinentes según la línea de mejoramiento establecida; por ejemplo, los

ensayos de rendimiento pueden iniciarse en las generaciones F_4 o F_5 llevando a cabo la purificación de las líneas de más alto rendimiento en generaciones posteriores.

La caracterización agronómica de las líneas R se lleva a cabo después de su formación, siendo considerados , entre otros, los siguientes caracteres: ciclo vegetativo, capacidad de dispersión de polen, restauración de androfertilidad, resistencia a plagas y enfermedades , rendimiento de grano y principalmente su aptitud combinatoria general. Esta se estima para cada una de las líneas R, mediante el promedio del comportamiento de las progenies resultantes de la cruza de dicha línea con un grupo de líneas A. Solamente se conservan líneas R de alto valor de combinación para utilizarlas en hibridaciones específicas; y que nos interesan aquellas líneas R con una probabilidad alta de originar progenies productivas en cruzamientos con líneas androestériles (líneas A).

2.3.2.3.1.1.2.2 Selección de líneas R por el método masivo.

Para el caso del método masivo, la selección se pospone hasta generaciones avanzadas, en las cuales la segregación habrá virtualmente cesado; el procedimiento se inicia igual que en el método genealógico; es decir, a partir de una hibridación de progenitores previamente calificados.

El método por selección en masa de poblaciones se caracteriza por ser simple, conveniente y económico, ello debido a que requiere

menos trabajo durante las primeras generaciones segregantes aunque posteriormente sea necesario sembrar varios miles de plantas seleccionadas con la finalidad de tener una probabilidad razonable de encontrar los segregantes deseados (Poehlman, 1979). El cruzamiento puede ser simple o múltiple. La progenie obtenida o F_1 se siembra y se avanza masivamente hasta generaciones F_5 o F_6 en las cuales el grado de homocigosis será alto y en consecuencia es posible efectuar una selección individual; las plantas así seleccionadas son llevadas a pruebas de progenies para posteriormente formar líneas experimentales a las que, a su vez, se les seguirá evaluando por el método genealógico.

2.3.2.3.1.1.2.3 Formación de líneas R a partir de híbridos comerciales.

Se conoce ampliamente el hecho de que en nuestro país existe muy poca variabilidad genética en lo referente al sorgo. Una manera de compensar la escasez de variabilidad es a través de la primera generación segregante F_2 de híbridos comerciales. El procedimiento consiste básicamente en sembrar la generación F_2 del híbrido, obteniéndose en su descendencia una gran variación en lo que respecta a caracteres tales como altura de planta, maduración, color del grano, tipo de panoja, etc., siendo entonces en esta etapa donde es posible seleccionar y autofecundar plantas aisladas segregantes, continuándose en generaciones sucesivas hasta llegar la F_6 o F_7 en las cuales se habrán eliminado ya todos los segregantes excepto los deseables o buscados, debido que las plantas con características desfavorables se eliminan a medida que apa-

recen (Informe de actividades del Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo, 1980). El procedimiento general para la formación de líneas R a partir del material segregante de híbridos comerciales de sorgo se observa en el Esquema 6 .

2.3.3 Clasificacion de Progenitores de híbridos.

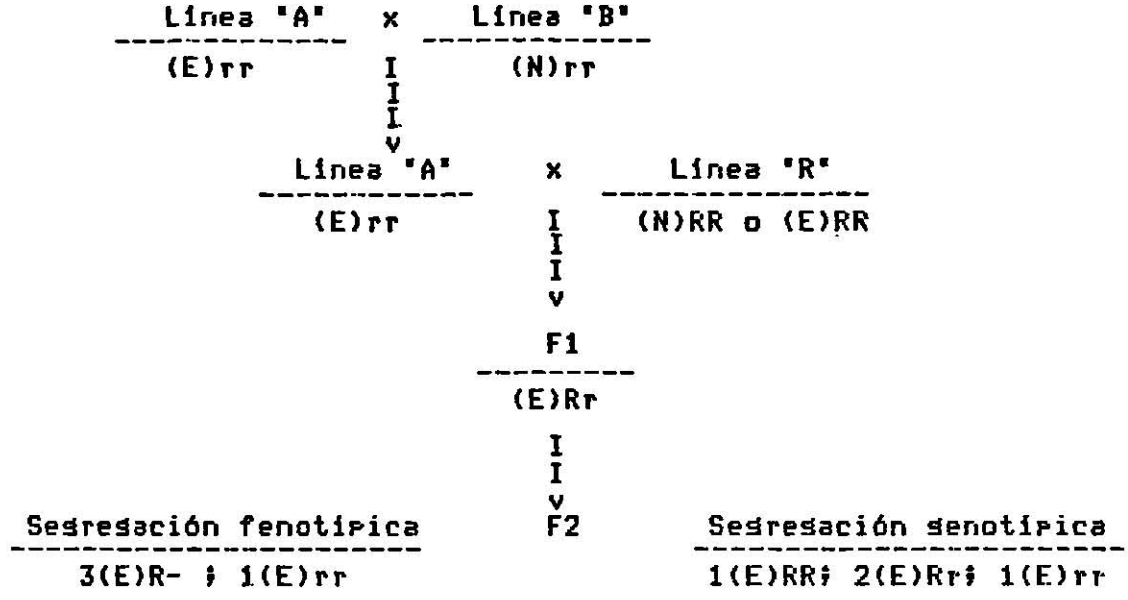
Cuando las líneas han sido formadas y se pretende usarlas para formar híbridos es necesario clasificarlas en base a su aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE). Eliminándose aquellas de pobre ACG y ACE para rendimiento.

2.3.3.1 Aptitud Combinatoria General (ACG).

La técnica del mejoramiento de plantas por hibridación tiene como uno de sus principales problemas la selección de progenitores, representando la estimación de la aptitud combinatoria general el mejor criterio para seleccionarlos; ya que mediante ella se determina el potencial o capacidad de los materiales seleccionados como progenitores para transferir características deseables a su descendencia; dicha estimación nos permitirá predecir hasta cierto punto los resultados a obtener en un proceso de hibridación.

El concepto de aptitud combinatoria general se refiere al comportamiento de una línea en una serie de combinaciones híbridas; las cuales presentan diferencias debido a los efectos aditivos y de dominancia de los genes heredados por sus progenitores.

Esquema 6. Formación de líneas R a partir de híbridos comerciales de sorgo.



Selección y autofecundación de plantas androfértiles.

F3

Prueba de progenie de las plantas androfértiles seleccionadas en la F2, seleccionando y autofecundando en las progenies no segregantes de plantas estériles.

F4, F5, F6

Selección y autofecundación por el método masivo o genealógico.

F7, F8

Selección, evaluación y caracterización de nuevas líneas R con genotipos (E)RR.

Se considera que la ACG está determinada por una acción génica de tipo aditivo.

2.3.3.2 Aptitud combinatoria específica (ACE).

Según Sprague y Tatum (1942), el término de ACE, se refiere al comportamiento promedio de una cruza F_1 en relación a sus progenitores o bien, son las desviaciones mejores o peores de algunas cruzas en relación al promedio de los padres.

Los efectos de aptitud combinatoria específica reflejan la actividad de genes dominantes y epistáticos. Su principal aplicación es en la identificación de cruzamientos específicos favorables.

En el caso del maíz, la prueba de la aptitud combinatoria específica se realiza mediante ensayos de rendimiento de cruzas simples; es decir, las líneas autofecundadas seleccionadas por su buena aptitud combinatoria general, determinada en las cruzas con un progenitor común, se cultivan en ensayos de rendimiento de sus cruzas simples, para estimar la ACE de los diferentes cruzamientos o híbridos, realizados en todas las combinaciones posibles. La fórmula $n(n-1)/2$ nos sirve para estimar el número de cruzas posibles que se pueden formar con un determinado número de líneas o de plantas autofecundadas (Brauer, 1978).

La aptitud combinatoria específica (determinada por acción génica de dominancia o epistásis) se refiere al comportamiento observado como consecuencia de la interacción de los efectos específicos de las líneas progenitoras involucradas en los cruzamientos.

2.3.3.3 Métodos de estimación de la ACG y ACE.

Para la estimación del valor o aptitud combinatoria general o específica pueden seguirse diversos procedimientos de prueba, los cuales pueden estimar a la vez ambos componentes de combinación.

2.3.3.3.1 Método clásico.

En éste método la prueba de las líneas altamente homocigóticas se lleva a cabo mediante la estimación del comportamiento promedio de sus cruzas con otras líneas (Sprague y Tatum, 1942). Sin embargo, debe considerarse también las desviaciones de las cruzas con respecto al promedio; ya que algunas combinaciones génicas específicas pueden aumentar o disminuir el valor de ACG derivado, lo cual nos puede llevar a clasificar como de alta ACG a líneas que en realidad no lo son o viceversa. La estimación de la ACG y ACE puede realizarse por diferentes métodos entre los cuales se encuentran los diseños de Griffing y los propuestos por Comstock y Robinson (Carolina del Norte). Los cuales en general son métodos estadísticos que permiten estimar los parámetros genéticos antes mencionados a partir de individuos emparentados constituidos en poblaciones. Los diseños dialélicos representan una herramienta para la obtención de poblaciones con individuos emparentados; ya que constituyen un método de apareamientos posibles entre cierto número de líneas, variedades, razas, etc.

2.3.3.3.2 Prueba de mestizos para ACG.

Mediante la prueba de los mestizos,la estimación de la ACG, se basa en la evaluación indirecta del valor de combinación de las líneas; es decir, considerando cruzamientos de línea por variedad. El procedimiento práctico consiste en colocar todas las líneas que se han de cruzar en hileras alternadas en el campo cada tres o cuatro de ellas con hileras de las plantas que van a servir como polinizador, de modo que en el momento en que se acerca la polinización, las plantas que van a actuar como femeninas se habrán emasculado todas por desespigamiento y entonces la variedad polinizadora será la que produzca el polen para todas ellas. Los mestizos así producidos se someten a pruebas de rendimiento, de modo que la producción de grano de cada uno de ellos es una medida de la aptitud combinatoria general de la línea de que se trata con la variedad de polinización abierta. El probador es generalmente la variedad original a partir de la cual se derivan las líneas.

2.3.3.3.3 Prueba de líneas per-se.

La prueba de líneas per-se consiste en probar a las líneas por sí mismas (pruebas de rendimiento) de tal manera que las diferencias observadas en su comportamiento sean un indicativo de que realmente se están expresando las características propias de las líneas; es decir, se prueba directamente su dotación génica aditiva. La importancia de las líneas per-se se fundamenta en los trabajos realizados por Nilsson (1927) y Jenkins (1929) de los cuales concluyen que los híbridos más

productivos deben esperarse de las cruzas entre las líneas más productivas.

2.3.3.3.4 Diseños dialélicos.

Cuando se pretende estimar componentes genéticas relativas al tipo de acción génica de ciertos caracteres de interés agronómico, con la intención de tener bases para el planteamiento de un programa de mejoramiento de líneas endogámicas de un cultivo en particular, deben seguirse las técnicas señaladas como las más apropiadas de acuerdo a los objetivos planteados. Para esto se han diseñado procedimientos estadísticos definidos que funcionan de acuerdo a ciertos métodos de apareamiento entre los genotipos tomados como muestra.

2.3.3.3.5 Métodos de Griffing.

Para el análisis dialélico (cruzas dialélicas) existen cuatro métodos propuestos por Griffing (1956):

Método 1.- Considera los progenitores y sus cruzas posibles entre ellos en ambos sentidos; es decir, $p(p-1)$ cruzas en ambos sentidos más los progenitores dando un total de p^2 dialelos (Diseño I de Griffing).

Método 2.- Incluye los p progenitores y $p(p-1)/2$ cruzas en un sentido (Diseño II).

Método 3.- Considera el material resultante de $p(p-1)$ cruzas en ambos sentidos; no toma en cuenta los progenitores (Diseño III).

Método 4.- Sólo incluye cruzamientos en un sentido, el número total posible es p(p-1)/2; no considera los progenitores (Diseño IV).

De los diseños mencionados, el que representa la situación más generalizada (y que se estudiará en este punto) es el designado como Método o Diseño II de Griffing.

El modelo estadístico para el método II de Griffing es el siguiente:

$$Y_{ijk} = M + g_i + g_j + S_{ij} + r_k + e_{ijk}$$ donde:

Y_{ijk}= valor fenotípico de un carácter para la ij-ésima cruza de la k-ésima repetición.

M= Efecto medio común a cada cruza (media general). Estimación:

$$M = 2Y.../p(p+1)r$$ donde:

p= número de progenitores.

r= número de repeticiones.

Y...= valor general obtenido de la suma de los dialelos en todas las repeticiones.

g_i= Efecto de la aptitud combinatoria general del i-ésimo progenitor. Estimación:

$$g_i = ((Yi.. + Yii.)/(p+2)r) - (2Y.../p(p+2)r)$$ donde:

Yi..= comportamiento de las cruzas del i-ésimo progenitor con los j-ésimos progenitores en las k repeticiones.

Yii.= comportamiento de las autofecundaciones de los i-progenitores en las k repeticiones.

gj= Efecto de la aptitud combinatoria general del j-ésimo progenitor.Estimación:

$$gj = ((Y.j. + Yjj.)/(p+2)r) - (2Y.../p(p+2)r) \qquad \text{donde:}$$

Y.j.= comportamiento de las cruzas del j-ésimo progenitor con los i-ésimos progenitores en las k-ésimas repeticiones.

Yjj.= comportamiento de las autofecundaciones de los j-ésimos progenitores en las k-repeticiones.

Cij= Efecto de la cruza del i-ésimo progenitor con el j-ésimo progenitor.

Estimación:

$$Cij = (Yij./r) - (2Y.../p(p+1)r) \qquad \text{donde:}$$

Yij.= representa el comportamiento de la cruza entre los ij-progenitores en las k repeticiones.

Sij= Efecto de la aptitud combinatoria específica del i-ésimo progenitor con el j-ésimo progenitor.Estimación:

$$Sij = A - B - C \qquad \text{donde:}$$

$$A = Yij./r \qquad B = ((Yi..+ Yii.) + (Y.j. + Yjj.))/(p+2)r$$

$$C = 2Y.../(p+1)(p+2)r \qquad \text{donde:}$$

*: Los simbolos están definidos en los anteriores parámetros.

rk= Efecto de la k-ésima repetición. Estimación:

$$rk = (2Y..k/p(p+1)r)) - (2Y.../p(p+1)r) \qquad \text{donde:}$$

Y..k= representa el comportamiento de las ij-cruzas o dialelos en la k-

ésima repetición.

eijk= Efecto del error asociado a la ijk-ésima observación. Estimación:

$$e_{ijk} = Y_{ijk} - M - C_{ij} - r_k$$

Sumas de cuadrados:

$$F.C. = S.C.(M) = 2Y_{...}^2 / p(p+1)r$$

$$S1 = S.C.(r_k) = \left(\sum_k 2Y_{..k}^2 / p(p+1) \right) - (2Y_{...}^2 / p(p+1)r)$$

$$S2 = S.C.(C_{ij}) = \left(\sum_{i<j} Y_{ij.}^2 / r \right) - (2Y_{...}^2 / p(p+1)r)$$

$S3 = S.C.(s) = S.C.(ACG) = H - I$ donde:

$$H = \sum_i (Y_{i..} - Y_{ii.})^2 / p(p+2)r$$

$$I = 4Y_{...}^2 / p(p+2)r$$

$S4 = S.C.(S) = S.C.(ACE) = C - D + E$

$$C = \sum_{i<j} Y_{ij.}^2 / r$$

$$D = \sum_i (Y_{i..} - Y_{ii.})^2 / (p+2)r$$

$$E = 2Y_{...}^2 / (p+1)(p+2)r$$

$$S5 = S.C.(Error) = S.C.(E) = \sum_i \sum_j \sum_k Y_{ijk}^2 - S1 - S2$$

$$S6 = S.C.(Total) = S.C.(T) = \sum_i \sum_j \sum_k Y_{ijk}^2 - 2Y_{...}^2 / p(p+1)r$$

Las componentes de varianza, debidas a la aptitud combinatoria general y especifica, resultantes del comportamiento de las cruzas, se estiman a partir de la igualación de los cuadrados medios con las esperanzas matemáticas de los cuadrados medios. Para ello se realiza un análisis de varianza del diseño dialélico tal como se presenta en el Cuadro 1 para el diseño II de Griffins.

Cuadro 1. Análisis de variación para dialelos con el diseño II de Griffins.

F.VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	E(C.M.)
Repeticiones	r-1	S1	C.M.1	
Cruzas	(p(p+1)/2)-1	S2	C.M.2	
ACG	p-1	S3	C.M.3	$\sigma_e^2 + r\sigma_s^2 + r(p+2)\sigma_g^2$
ACE	p(p-1)/2	S4	C.M.4	$\sigma_e^2 + r\sigma_s^2$
Error	((p(p+1)/2)-1)(r-1)	S5	C.M.5	σ_e^2
Total	(rp(p+1)/2)-1	S6	-----	

Donde:

$\sigma^2_e = C.M.5$ $\quad\quad$ $\sigma^2_g = ((1 + F)/4)\sigma^2_a = COV\ (MH)$

$\sigma^2_s = (C.M.4 - C.M.5)/r$ $\quad\quad$ $\sigma^2_s = ((1 + F)/4)\ \sigma^2_a + ((1+F)/2)\ \sigma^2_d - ((1+F)/4)\sigma^2_a$

$\sigma^2_d = (C.M.3 - C.M.4)/r(p+2)$ $\quad\quad$ $\sigma^2_s = COV\ (HC) - COV\ (MH)$

Descripción de los anteriores parámetros:

F= coeficiente de endogamia de los progenitores (F=1, cuando se cruzan líneas puras; F= 0 cuando cruzamos progenitores tomados al azar de una población panmíctica).

Cuando se cruzan líneas puras (F=1) se tiene:

$2\sigma^2_g = 2((1+1)/4)\sigma^2_a = \sigma^2_a$ $\quad\quad$ $\sigma^2_F = 2\sigma^2_g + \sigma^2_s + \sigma^2_e$ *

$\sigma^2_s = (\sigma^2_a((1+1)/4) + ((1+1)/2)\ \sigma^2_d) - ((1-F)/4)\sigma^2_a = \sigma^2_d$

*= σ^2_e= varianza ambiental manifiesta entre plantas.

2.3.3.3.6 Métodos de Carolina del Norte.

Comstock y Robinson (1948), desarrollaron tres diseños estadísticos conocidos como de Carolina del Norte; los cuales proveen estimaciones de los dos parámetros genéticos básicos; es decir, la varianza genética aditiva (σ^2_A) y la varianza debida a la dominancia (σ^2_D).

Las estimaciones de aptitud combinatoria general y especifica

pueden obtenerse a partir del diseño II de Carolina del Norte, cuando se considere un esquema de apareamiento factorial entre dos grupos diferentes de líneas. Cuando este es el caso y considerando un cuadro de doble entrada, la magnitud promedio de cualquier carácter (YiJ) en un híbrido puede expresarse por:

$$YiJ = M + hi + mJ + hmiJ + eiJ$$ donde:

M= efecto promedio general.

hi= efecto de aptitud combinatoria general de la i-ésima hembra.

mJ= efecto de aptitud combinatoria general del J-ésimo macho.

hmiJ= efecto específico (ACE) de interacción de la i-ésima hembra, con el J-ésimo macho.

eiJ= efecto aleatorio.

De lo anterior: hi, mJ, hmiJ y eiJ son efectos aleatorios con media cero y varianza σ^2_h, σ^2_m, σ^2_{mh} y σ^2_e respectivamente (Castillo, 1980).

En base al modelo descrito, las componentes de variación pueden estimarse a partir del análisis de varianza observado en el Cuadro 2 .Donde las fuentes de variación de ACGh; ACGm y ACEhm pueden estimarse a partir de un cuadro de doble_entrada (líneas A y R); pero el error experimental(\$) se obtendrá de acuerdo al diseño de tratamientos utilizado; de tal manera que el arreglo general del análisis de varianza cambiará según sea el diseño aplicado para realizar las evaluaciones.

Cuadro 2. Análisis de varianza derivado de cuadro de doble entrada.

F.VARIACION	G.L.	C.M.	F.CAL.	E(C.M.)
Hembras(ACGh)	h-1	C.M.h	C.M.h/C.M.e	$\sigma^2_e + \sigma^2_{hm} + m\sigma^2_h$
Machos(ACGm)	m-1	C.M.m	C.M.m/C.M.e	$\sigma^2_e + \sigma^2_{hm} + h\sigma^2_m$
Hemb.X Machos	(h-1)(m-1)	C.M.hm	C.M.hm/C.M.e	$\sigma^2_e + \sigma^2_{hm}$
Error	*	C.M.e		σ^2_e

Donde:

$$\sigma^2_{ACE} = \sigma^2_{hm} = C.M.hm - C.M.e$$

$$\sigma^2_{ACGh} = \sigma^2_{h} = (C.M.h - C.M.hm)/m$$

$$\sigma^2_{ACGm} = \sigma^2_{m} = (C.M.m - C.M.hm)/h$$

2.3.3.3.7 Prueba de cruzas línea x probador de ACE.

La estimación de la ACG de las líneas genéticas puede ser realizada también mediante su cruzamiento con un probador para ACE. Debido a que esta puede considerarse como una medida parcial de la ACG que potencialmente puede llegar a presentar una línea.

2.3.3.3.8 Uso de esperanzas de cuadrados medios de ensayos de líneas bajo diseño experimental.

Cuando se pretende evaluar líneas en base a su ACG (aptitud combinatoria general) y ACE (aptitud combinatoria específica) teniendo un diseño experimental de campo, definido estadísticamente, las varianzas aditivas (o de ACG) y de dominancia (o de ACE) se estiman a partir de las esperanzas matemáticas de los cuadrados medios, derivadas para cada una de las fuentes de variación pertinentes al diseño elegido. El proceso algebraico que nos lleva a la separación de las varianzas estimadoras de ACG y ACE, comienza con la varianza relativa al error experimental de tratamientos.

Bajo la suposición de que los efectos independientes de los progenitores, líneas R y A, son aditivos (ACG) y que sus efectos específicos o interacciones, en las progenies, se analizan como aptitud combinatoria específica (ACE), las componentes de varianza genotípica, considerando un diseño de parcelas divididas, pueden estimarse de la siguiente manera:

Suma de cuadrados para ubicarse en el Cuadro 3 .

Yijk= observación fenotípica de la i-ésima línea; j-ésima repetición; k-ésima línea R.

$$\text{S.C.(Bloques)} = S1 = \sum_{j=1}^{2} Y.j./ar^2 - Y.../abr^2$$

$$S.C.(\text{Líneas A}) = S2 = \sum_{i=1}^{2} Yi../br - Y.../abr$$

$$S.C.(\text{Total}) = \sum_{i=1}^{2} \sum_{j=1}^{2} Yij./r - Y.../abr$$

$$S.C.(\text{Error a}) = S3 = S.C.(\text{Total}) - (S1 + S2)$$

$$S.C.(\text{Líneas R}) = S4 = \sum_{k=1}^{2} Y..k/ab - Y.../abr$$

$$S.C.(\text{Tratamientos}) = \sum_{i=1}^{2} \sum_{k=1}^{2} Yi.k/b - Y.../abr$$

$$S.C.I.(A \times R) = S5 = S.C.(\text{Tratamientos}) - (S.C.(A) + S.C.(R))$$

$$S.C.(\text{Total}) = \sum_{i=1}^{2} \sum_{j=1}^{2} \sum_{k=1}^{2} Yijk - Y.../abr$$

$$S.C.(\text{Error r}) = S6 = S.C.(\text{Total}) - (S1 + S2 + \ldots + S5)$$

E : representa suma.

Cuadro 3 . Análisis de varianza para líneas A y R de sorgo para grano en base a un diseño de parcelas divididas.

F.VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	E(C.M.) +
Bloques	b-1	S1	S1/b-1	$\sigma^2_{er} + ar\sigma^2_b + r\sigma^2_{ea}$
Líneas A	a-1	S2	S2/a-1	$\sigma^2_{er}+r\sigma^2_{ea}+br\sigma^2_A + b\sigma^2_{AR}$ *
Error a	(b-1)(a-1)	S3	S3/(b-1)(a-1)	$\sigma^2_{er}+r\sigma^2_{ea}$
Líneas R	r-1	S4	S4/r-1	$\sigma^2_{er}+b\sigma^2_{AR}+ ab\sigma^2_R$ **
Int.(A x R)	(a-1)(r-1)	S5	S5/(a-1)(r-1)	$\sigma^2_{er}+b\sigma^2_{AR}$ ***
Error r	a(r-1)(b-1)	S6	S6/a(r-1)(b-1)	σ^2_{er}
Total	abr-1	S7		

Donde:

\+ : Base modelo de efecto aleatorio.

* σ^2 Líneas A = σ^2_A = (C.M.A. - (σ^2_{er} + rσ^2_{ea} + bσ^2_{AR}))/br

σ^2_A = σ^2 aditiva debida a ACG de líneas A.

** σ^2 Líneas R = σ^2_R = (C.M.R. - (σ^2_{er}+bσ^2_{AR}))/ab

σ^2_R = σ^2 aditiva debida a ACG de líneas R.

$$\text{*** } \sigma^2 \text{ Inter.(A x R)} = (\text{C.M.I.(AR)} - \sigma^2\text{er})/b = \sigma^2 \text{ AR}$$

σ^2 AR = σ^2 de dominancia debida a ACE de líneas A,R.

Las varianzas obtenidas pueden agruparse dentro de la varianza general resultando:

$$\sigma^2 F = \sigma^2 G + \sigma^2 E = \sigma^2 A + \sigma^2 R + \sigma^2 AR + \sigma^2 E \qquad \text{donde:}$$

σ^2 F = Varianza fenotípica

σ^2 G = Varianza genética

σ^2 E = Varianza ecológica

$\sigma^2 G = \sigma^2 A + \sigma^2 R + \sigma^2 AR$

De acuerdo con las expresiones anteriores, las componentes de varianza pueden derivarse a partir del análisis de variación descrito en el Cuadro 3 .

2.4 Trabajos Relacionados.

Debido a que la aptitud combinatoria general de una línea indica la expresión de sus efectos génicos aditivos y que el comportamiento de un mestizo puede deberse a la expresión resultante de los efectos génicos aditivos de la línea y el probador más los efectos de interacción (línea x probador), es necesario determinar el tipo de probador más adecuado para discriminar líneas en base a su aptitud combinatoria general.

Para identificar el tipo de probador más adecuado en la evaluación y selección de líneas autofecundadas de maíz, Paz (1973) realizó un trabajo en el cual se probó la ACG de líneas autofecundadas, utilizando como probadores a dos tipos de variedades: bajo y alto rendimiento. Se encontró que los probadores no seleccionados (bajo rendimiento) son mejores discriminadores que los probadores seleccionados (alto rendimiento) para estimar aptitud combinatoria general.

Como conclusión final de sus resultados, señala que un probador ideal es aquel que presente las siguientes características:

1). Debe ser una variedad de polinización libre cuyo comportamiento relativo entre un grupo de variedades probadoras, manifiesta una expresión mínima del carácter por seleccionar.

2). En relación a otros probadores, debe reportar máxima variabilidad de sus mestizos de líneas de aptitud combinatoria general desconocida.

3). Debe discriminar claramente y clasificar correctamente las líneas de baja y de alta aptitud combinatoria general.

4). Debe interaccionar poco o nada con líneas de alta aptitud combinatoria general, permitiendo así una máxima expresión de los efectos aditivos de dichas líneas.

Existen, además, investigaciones tendientes a determinar el mejor método de prueba de líneas, así como también para definir el tamaño de muestra del probador. Por ejemplo, Luna (1973) en observaciones derivadas de sus investigaciones en la comparación de métodos para evaluar aptitud combinatoria general de líneas de maíz en relación al tamaño de muestra del probador, encontró que se requiere un mínimo de 8 plantas para representar la variabilidad genética de la variedad Mex., Gpo. 10 SMCV para usarse como probador, para evaluar líneas por aptitud combinatoria general para los caracteres rendimiento, días a floración masculina y posición de mazorca. Con respecto al método más adecuado concluye que el procedimiento de líneas per-se resultó ser ineficiente para evaluar líneas por aptitud combinatoria general, derivadas de esa misma variedad de maíz, en los caracteres rendimiento, días a floración masculina, posición de mazorca y número de hijos por planta.

En otro trabajo, realizado por Gadarza (1973) en el cual se presentó un estudio comparativo entre la prueba de líneas per-se y la prueba de mestizos para evaluar aptitud combinatoria general de líneas S1 de maíz se derivó como conclusión que se considera el procedimiento per-se para la estimación de la aptitud combinatoria general de líneas con una sola autofecundación o de primera generación, como más eficiente, rápido y económico que el método para evaluar esa misma aptitud mediante la prueba temprana de mestizos.

El mejoramiento genético encaminado a la formación de híbridos

considera como base el seleccionar líneas de alta aptitud combinatoria general. Existen diferentes métodos para evaluar la habilidad de combinación de las líneas siendo uno de ellos consistente en la formación de mestizos; es decir, mediante cruzamientos de línea por probador. Para este procedimiento existen dudas respecto a la elección del tipo de probador más apropiado para medir la aptitud combinatoria general de las líneas.

Para identificar el tipo de probador más adecuado y determinar la aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) de líneas A y R, sus componentes de varianza, interacción con localidades y verificar la clasificación inicial de ACG y ACE, Estrada (1975) efectuó un experimento basado en la evaluación de 160 híbridos obtenidos de los cruzamientos entre 8 líneas A con 8 líneas R, con 8 híbridos A x R y con 4 mezclas de líneas R. Las estimaciones de ACG se basaron en tres clases (líneas R, híbridos A x R y mezclas de líneas R), 2 tipos (alto y bajo rendimiento) y 6 clases-tipos (líneas R de alto y bajo rendimiento; híbridos A x R de alto y bajo rendimiento; mezclas de líneas R de alto y bajo rendimiento) de probadores. En tanto que las estimaciones de la ACG en las líneas R fueron obtenidas en base a dos tipos de probadores: alto y bajo rendimiento de las líneas A.

Los resultados obtenidos discreparon con respecto a la clasificación inicial; sólo hubo tendencia en las líneas restauradoras de la fertilidad del polen, de alto rendimiento y mezclas de líneas R también de alto rendimiento, a confirmar la clasificación inicial de ACG en cada una de las líneas con esterilidad masculina; se presentó también una tendencia en las líneas con esterilidad masculina de alto rendimiento a

confirmar la clasificación inicial de cada una de las líneas restauradores de la fertilidad del polen.

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, se sugiere hacer estudios más detallados eligiendo de tres a cuatro probadores con características bien definidas y que no interaccionen con las líneas de buena ACG, para permitir la máxima expresión de los efectos aditivos de las líneas estudiadas.

La estimación del grado de asociación (correlación) del rendimiento de grano en sorgo, con las características agronómicas y morfológicas en las plantas, pretenden establecer criterios de selección útiles en los procesos de fitomejoramiento encaminados a la obtención de plantas altamente productivas.

En algunos trabajos se ha encontrado alta asociación del rendimiento de grano de sorgo con los días a la floración;en tanto que en otros lo ha sido con la duración del período de llenado de grano.

Con la finalidad de determinar qué período del desarrollo, por su duración, es más importante en la determinación del rendimiento de grano y conocer cual es la variabilidad de tipo génico-aditivo (ACG) de la duración de esos períodos, Castillo (1980) realizó un experimento en el cual se consideró un grupo de 6 líneas A y 6 líneas R, procurando que se tuviera, en ambos grupos, duración larga y corta del período de llenado de grano y un rango relativamente amplio en días a floración.

En dicho experimento, las estimaciones de los efectos y de las varianzas de aptitud combinatoria general y específicas se hicieron en base al análisis de las 36 medias de híbridos A x R, cuyo arreglo correspondió al esquema de apareamiento del Diseño II de Comstock y

Robinson (Carolina del Norte).

La evaluación se efectuó en dos localidades, el Bajío y en Iguala, Gro. En la primera, los caracteres que más correlacionaron con rendimiento fueron la duración del período de llenado de grano y los días a madurez fisiológica. En Iguala, los Días a la floración correlacionaron positivamente aunque con pequeños valores; los días a madurez fisiológica y el período de crecimiento vegetativo mostraron los coeficientes de correlación más altos.

Se encontraron efectos génico-aditivos importantes, en los dos tipos de progenitores, para los días a floración y para el período de crecimiento vegetativo. En Iguala, ocurrió así solamente para efectos de machos.

Se indicó que el comportamiento observado en los híbridos formados, sugiere la posibilidad de hacer selección para dichos caracteres, con cierta seguridad de que la magnitud del carácter se mantendrá en la progenie.

3 MATERIALES Y METODOS

El trabajo se efectuó en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., durante los ciclos de primavera y verano de 1981. El cual se ubica en el municipio de Marín, N.L., cuya altura es de 367 msnm, siendo sus coordenadas geográficas 35° 35 latitud norte y 100° 03 de longitud oeste. El clima predominante se clasifica de acuerdo con Koppen como BSx'; es decir, semiseco o estepario. Vegetación discontinua con pastizales, matorrales y clima extremado con escasas precipitaciones en todas las estaciones. El tipo de suelo se clasifica dentro del grupo de los aridisoles o suelos de zonas áridas y más específicamente a los subgrupos yermosol y xerosol, los cuales presentan una capa superficial de color claro muy pobre en materia orgánica y nitrógeno; hay acumulación de yeso y carbonato de calcio en la superficie o a diversas profundidades. La temperatura media anual es de 21°C, teniéndose en el verano temperaturas mayores a los 40°C e inferiores a 0°C en el invierno. La precipitación pluvial indica un promedio de 573 mm. Desde el punto de vista ecológico el área de trabajo es representativa de las zonas bajas, las cuales comprenden elevaciones con una altura máxima de 750 msnm. En éstas áreas la Sierra Madre oriental ejerce menos influencia en el régimen de precipitaciones, siendo una de las regiones más secas de las zonas bajas del Estado de Nuevo León.

3.1 Materiales.

Se utilizaron 15 líneas R de sorgo, seleccionadas en el ciclo

agrícola de verano de 1980 por ser las más homogéneas dentro del lote de progenitores;siendo las 10 más rendidoras y las 5 de menor rendimiento. La cantidad de líneas A fue de 10,dentro de las homogéneas,dividiéndose en 5 de alto y 5 de bajo rendimiento (Cuadro 4).

La finalidad de usar los extremos en cuanto a producción de grano,en ambos tipos de líneas,es la de poder identificar más claramente algún tipo de cruza sobresaliente;es decir poder detectar más fácil los efectos de heterosis,dado que es una medida del comportamiento que se tiene en la progenie híbrida con respecto al promedio de los progenitores.

3.2 Métodos.

El procedimiento general se divide en dos ciclos :

1).- Marín Primavera de 1981 (MP81) y 2).- Marín Verano de 1981 (MV81). En el primero se llevaron a cabo los cruzamientos de las líneas,en tanto que en el segundo ciclo se procedió a evaluar las líneas en base a su comportamiento en combinaciones híbridas.

Recombinación de líneas A , R .

Se sembraron 3 surcos de 5 metros de longitud para las líneas R,con el propósito de tener plantas (con espaciamiento entre sí de 10 cm) suficientes para hacer un mínimo de 10 cruzamientos con cada línea A.

Para las líneas A se utilizaron 4 surcos de 5m de largo

Cuadro 4. Líneas A y R de sorgo para grano consideradas en la estimación de ACG y ACE.

Líneas (R)			Líneas (A)		
No.Línea	Genealogía	g/Pita.	No.Línea	Genealogía	g/Pita.
Líneas de mayor rendimiento					
1	L.E.-PPS-524	40.13	1	L-42	18.00
2	L.E.-18	39.33	2	L-40	15.75
3	S-113R	23.40	3	L-20	14.38
4	S-33	24.50	4	L-21	14.14
5	S-156-R-1	25.57	5	L-43	15.15
6	L.E.-PPS-208-1	32.00			
7	S-60	31.67			
8	L.E.-47	34.20			
9	S-31	31.38			
10	S-3R	21.13			
Líneas de menor rendimiento					
11	S-185R	16.14	6	L-05	07.93
12	S-2	17.40	7	L-10	08.00
13	S-153R	14.38	8	L-17	07.73
14	S-57	10.10	9	L-35	05.36
15	S-19	14.29	10	L-24	07.55

para poder tener plantas suficientes para los cruzamientos con las líneas R consideradas.

En consecuencia se necesitaron 15g de semilla por cada línea R para después hacer el aclareo. En tanto que para las líneas A se necesitaron 20g por línea.

La superficie del terreno necesaria fue de aproximadamente 320 m^2, considerando surcos de 75cm de separación y 5m de longitud.

El esquema de apareamiento considerado fue de acuerdo al diseño II de Carolina del Norte(Cuadro 5).

Para evitar polinización no controlada en las líneas, se utilizaron bolsas de papel glacine para cubrir la panoja.

Cuando las plantas androestériles presentaron panículas próximas a emergencia de estigmas, se procedió a cubrirlas con bolsas de glacine(para observar el avance de floración). En tanto que se tomaba nota de aquellos progenitores masculinos con semejante período de floración y se identificaban con etiquetas.

Si un progenitor masculino estuviera listo para polinizar; lo cual sucedía cuando la panoja presentara cuando menos la mitad en floración, se identificaban líneas androestériles con estigmas receptivos suficientes para polinizar y obtener una cantidad de semilla aceptable; procurándose, aunque dentro de una línea androestéril hubiese muchas plantas ya listas para polinizar, obtener el mayor número de cruzamientos con líneas A para una línea R específica; esto debido a que si polinizamos todas las plantas de una línea androestéril con la línea R lista para polinizar, probablemente se terminen las plantas utilizadas en ello de esta última línea sin que nos queden plantas para polinizar las otras

Cuadro 5. Apareamiento en base al diseño II de Carolina del Norte.

	L I N E A S (R)			
LINEAS(A)	1	2	 14	15
1	HES(1,1)	HES(1,2)	..... HES(1,14)	HES(1,15)
2	HES(2,1)	HES(2,2)	..... HES(2,14)	HES(2,15)
3	HES(3,1)	HES(3,2)	..... HES(3,14)	HES(3,15)
4	HES(4,1)	HES(4,2)	..... HES(4,14)	HES(4,15)
5	HES(5,1)	HES(5,2)	..... HES(5,14)	HES(5,15)
6	HES(6,1)	HES(6,2)	..... HES(6,14)	HES(6,15)
7	HES(7,1)	HES(7,2)	..... HES(7,14)	HES(7,15)
8	HES(8,1)	HES(8,2)	..... HES(8,14)	HES(8,15)
9	HES(9,1)	HES(9,2)	..... HES(9,14)	HES(9,15)
10	HES(10,1)	HES(10,2)	..... HES(10,14)	HES(10,15)

*: Híbrido experimental de sorgo.
**: Número de la hembra(línea A) y número del macho(líneas R) respectivamente.

líneas androestériles que también presenten un avance de estigmas receptivos considerable.

Cuando las plantas de una línea R específica presentaran un avance de floración de la mitad o menos y ya se tuvieran plantas listas de línea(s) A para polinizarse,se procedió a cortar la parte de la panícula ya floreada polinizando con esta las plantas androestériles más adelantadas;en tanto que se dejaba el resto de panícula no floreada para futuras polinizaciones.

El procedimiento seguido para obtener un máximo de cruzas para una determinada línea R,consistió en oefinir un número máximo de plantas a polinizar dentro de cada línea androestéril e identificándolas con etiquetas(cuando estuvieran los estigmas emergidos) señalando la fecha de inicio de floración y llevando el registro de las mismas en el libro de campo. De esta manera se tenían identificadas,para cada línea A,aquellas plantas para polinizar en un día determinado,logrando con ello el mayor número de cruzas posibles para cada línea R.

Cuando las panojas cubiertas de las líneas A presentaron la máxima cantidad de estigmas receptivos,se procedió a efectuar los cruzamientos, obteniéndose semilla de 150 cruzamientos planeados. Sin embargo,solo de 54 híbridos se obtuvo semilla suficiente para establecer los dos experimentos planeados.Estos 54 híbridos resultaron de cruzar 6 líneas A por 9 líneas R.

3.2.1 Evaluación de híbridos A x R.

En el segundo ciclo(MV81) se procedió a la evaluación de las líneas A y R en base al comportamiento de sus híbridos.

La metodología base fue la siguiente: La distribución de los tratamientos(híbridos) se hizo en un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas. El número de repeticiones fue de 3(teniéndose dos experimentos cada uno de 3 repeticiones). En el experimento I se asignó en la parcela grande a los híbridos que tenían como progenitor común a una línea A;en la parcela chica se colocaron sus combinaciones híbridas con las líneas R. La parcela grande,en el experimento II estuvo representada por cada línea R como progenitor común,mientras que en las parcelas chicas estuvieron sus cruzamientos con las líneas A. La parcela chica en ambos experimentos estuvo constituída por un surco. De esta forma,la parcela grande en el experimento I comprendió 9 surcos;en tanto que en el experimento II,el número de parcelas chicas fue de 6 (esquema 1 del apéndice).

La metodología seguida en este trabajo es semejante a la realizada por Estrada y Angeles(1975).

La finalidad de dividir el total de repeticiones en dos experimentos,consistió en poder comparar resultados y tener conclusiones más efectivas,respecto a las líneas A y R ,dado que al utilizar dos experimentos los grados de libertad del error (b) serían los mismos para las líneas R y A respectivamente en los experimentos I y II ; sin embargo debido a la perdida del experimento II, se procedió solo con el experimento I para detectar los efectos de ACG de líneas A y R utilizando respectivamente los errores (a) y (b) del análisis de varianza. Por lo anterior se tiene un sesgo a favor de líneas R dado que estas tuvieron mayor número de grados de libertad para detectar diferencias debidas a ACG.

3.2.1.1 Variables cuantificadas.

Las características de las plantas híbridas consideradas para la evaluación de los progenitores fueron:

a).- Rendimiento de grano; b).- excersión; c).- longitud de la panoja; d).- días a floración; e).- días a madurez fisiológica; f).- altura de la planta y g).- perímetro del tallo. La estimación de cada carácter(excepto rendimiento de grano) se hizo en base a diez plantas seleccionadas al azar, con competencia completa, de cada tratamiento o híbrido(unidad experimental) definiéndose cada característica de la siguiente manera:

a).- Rendimiento de grano: Se estimó en base a la cosecha de todas las plantas con competencia completa dentro de cada unidad experimental. De esta manera se estuvo en condiciones de comparar los tratamientos en base a rendimiento/parcela o bien considerando el rendimiento individual.

b).- Excersión: Refiere la distancia entre la base de la panoja y la hoja bandera, expresada en cm.

c).- Longitud de panoja: Este carácter se midió desde la base de la panoja al ápice de la misma(cm).

d).- Días a floración: se estimó en base al número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta que dentro de cada tratamiento se tuviera un mínimo de 50% de plantas en floración.

e).- Días a madurez fisiológica: Para su estimación se consideró el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el grano (muestreado en parte basal) presentara un punto negro en su base.

f).- Altura de planta: Refiere la distancia(cm), desde la base de la planta hasta la punta de la panoja.

g).- Diámetro del tallo: Se midió en la parte media(cm).

El comportamiento de los datos u observaciones, para este caso se explica mediante el siguiente modelo:

$$Yijk = M + Ai + Bj + Eij + Rk + ARik + Eijk$$ donde:

Yijk= Valor fenotípico del ik-ísimo híbrido en la j-ísima repetición.

M= Media general o efecto medio común a cada híbrido.

Ai= Efecto de la i-ésima línea A en la determinación de un carácter en particular.

Bj= Efecto del j-ésimo bloque en la determinación de los caracteres analizados.

Eij= Error experimental de la i-ésima línea A, en el j-ésimo bloque.

Rk= Efecto de la k-ésima línea R en la determinación de un carácter específico(ACG de la k-ésima línea R).

ARik= Efecto de la interacción de la i-ésima línea A con la k-ésima línea R.

Eijk= Error experimental de la i-ésima línea A, en la k-ésima línea R, en la j-ésima repetición o bloque.

El cálculo de las sumas de cuadrados, así como la estimación de las componentes de varianza se hicieron de acuerdo a lo anotado en (2.3.3.3.8).

3.2.1.2 Estimación de los componentes de variación.

Para la estimación de los componentes del análisis de varianza en un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, caso de este trabajo, se consideró el siguiente procedimiento:

1o.- Se consideró el experimento tal como si fuera un diseño en bloques al azar simple; de tal manera que en cada repetición se tuvieron totales de R para una línea A fija. Los componentes de varianza estimados con este arreglo son: a).- Efecto de las líneas A; b).- Efecto de los bloques o repeticiones; y c).- Error experimental de líneas A. (Cuadro 6).

2o.- Derivando las restantes fuentes de variación de un cuadro de doble entrada; es decir, considerando la suma de los efectos, manifiestos en un carácter especifico, de cada tratamiento o híbrido en todas sus repeticiones. De esta manera es posible estimar: a).- Efecto de líneas R; b).- La interacción A x R y c).- Error experimental de las líneas R(Cuadro 7).

Los componentes de varianza son estimados mediante la igualación de los cuadrados medios con las esperanzas matemáticas de los cuadrados medios, despejando el valor de la componente arropiada. Partiendo del cuadrado medio del error de R.

La diferenciación de las combinaciones híbridas requirió el análisis de los datos por el procedimiento de bloques al azar. En este caso las fuentes de variación fueron las repeticiones, tratamientos(total de combinaciones híbridas) y error experimental. En consecuencia pa-

Cuadro 6. Obtención de la suma de cuadrados para factor A (líneas A); factor B(bloques) y error de A, considerando un diseño experimental de parcelas divididas.

	R E P E T I C I O N E S			
LINEAS(A)	I	II	III	Yi..
A - 1	(yij.)Y11.	Y12.	Y13.	Y1..
A - 2	Y21.	Y22.	Y23.	Y2..
A - 3	Y31.	Y32.	Y33.	Y3..
A - 4	Y41.	Y42.	Y43.	Y4..
A - 5	Y51.	Y52.	Y53.	Y5..
A - 6	Y61.	Y62.	Y63.	Y6..
Y.j.	Y.1.	Y.2.	Y.3.	Y...

Para i= 1, 2, ..., a niveles de (A) y j= 1, 2, ..., b repeticiones.

De lo anterior se derivan las siguientes notaciones(E = suma).

$$S.C.Total = \sum_i \sum_j Yij./r^2 - Y.../abr^2$$

$$S.C.(A) = S.C.(\text{líneas } A) = \sum_i Yi../br^2 - Y.../abr^2$$

$$S.C.(B) = S.C.(Bloques) = \sum_j Y.j./ar^2 - Y.../abr^2$$

$$S.C.(Error\ a) = S.C.(Total) - S.C.(A) - S.C.(B)$$

Cuadro 7. Obtención de la suma de cuadrados para tratamientos (híbridos); factor R(líneas R); interacción AR y el error de R, considerando un diseño de parcelas divididas.

	L I N E A S (R)				
LINEAS (A)	R - 1	R - 2	R - 8	R - 9	Yi..
	(Yi.k)				
A - 1	Y1.1	Y1.2	Y1.8	Y1.9	Y1..
A - 2	Y2.1	Y2.2	Y2.8	Y2.9	Y2..
A - 3	Y3.1	Y3.2	Y3.8	Y3.9	Y3..
A - 4	Y4.1	Y4.2	Y4.8	Y4.9	Y4..
A - 5	Y5.1	Y5.2	Y5.8	Y5.9	Y5..
A - 6	Y6.1	Y6.2	Y6.8	Y6.9	Y6..
Y..k	Y..1	Y..2	Y..8	Y..9	Y...

Para i= 1, 2, ..., a niveles de A y k= 1, 2, ..., r niveles de R. De lo anterior se derivan las siguientes notaciones:

$$S.C.(\text{líneas R}) = S.C.(R) = \sum_{k} Y_{..k}^{2}/ab - Y_{...}^{2}/abr \quad *$$

$$S.C.(\text{Tratamientos}) = \sum_{i}\sum_{k} Y_{i.k}^{2}/b - Y_{...}^{2}/abr$$

$$S.C.(\text{líneas A}) = S.C.(A) = \sum_{i} Y_{i..}^{2}/rb - Y_{...}^{2}/abr$$

$$S.C.I.(AR) = S.C.(\text{Tratamientos}) - S.C.(A) - S.C.(R)$$

$$S.C.(\text{Total}) = \sum_{i}\sum_{j}\sum_{k} Y_{ijk}^{2} - Y_{...}^{2}/abr$$

$$S.C.(\text{Error r}) = S.C.(\text{Total}) - (S.C.(A) + S.C.(B) + S.C.(\text{Error a}) + S.C.(R) + S.C.I.(AR))$$

$$*= F.C. = \left(\sum_{i}\sum_{k} Y_{i.k}\right)^{2}/abr$$

ra explicar el comportamiento de los datos se utiliza el siguiente modelo:

$$Yij = M + Ti + Bj + Eij$$ donde:

Yij = Observación del i-ésimo tratamiento en la J-ésima repetición.

M = Efecto medio común a cada tratamiento.

Ti = Efecto del i-ésimo tratamiento.

Bj = Efecto de la J-ésima repetición.

Eij = Error experimental de i-ésimo tratamiento en la J-ésima repetición.

3.2.1.3 Estimación de la ACG y ACE.

La estimación de la ACG se hizo fundamentalmente en base a los resultados del análisis de los datos para un diseño de parcelas divididas (diseño experimental establecido); mientras que los efectos de ACE se les identificó con apoyo de los resultados derivados del análisis de datos por un arreglo de bloques al azar; aunque también se identificaron estos últimos, dentro de cada línea A y R según resultados del diseño de parcelas divididas.

En la estimación tanto de la ACG de líneas A y R así como de la ACE de combinaciones híbridas (AxR) no debe descartarse el grado de influencia de genes no aditivos para el primer caso y de genes con efectos aditivos en el segundo.

La medida de ACE podría estimarse también mediante la siguiente relación:

$$ACE(AixRJ) = F1 - \frac{ACG(Ai) + ACG(RJ)}{2}$$ donde :

ACE(AixRJ): representa la aptitud combinatoria específica del cruzamiento entre AixRJ.

F1: Indica la progenie híbrida.

ACG(Ai): representa la aptitud combinatoria general de la línea Ai.

ACG(RJ): representa la aptitud combinatoria general de la línea RJ.

Este procedimiento nos permite obtener un factor que teóricamente indicaría la medida real de los efectos de ACE(efectos no aditivos) manifiestos en el híbrido F1.

Sin embargo en este trabajo y bajo el diseño utilizado en la estimación de ACE, se considera a esta como la expresión superior de una cruza determinada en relación al resto de las combinaciones híbridas, por conjugarse en ella más favorablemente las cargas genéticas de los progenitores involucrados, independientemente del predominio de los genes aditivos o no aditivos en la expresión híbrida; es decir, al mencionar ACE no se hará referencia única a los efectos génicos no aditivos; sino a la medida en que se traducen tanto estos como los de naturaleza aditiva en las progenies híbridas. La ACE adopta, entonces, el nombre de de visor híbrido.

Con respecto al diseño de parcelas divididas, las fuentes de variación pertinentes son las líneas A y R; de tal manera que las diferencias en sus efectos observables en las combinaciones híbridas, será una medida de su aptitud combinatoria general(ACG). En consecuencia cuando los efectos principales sean significativos, ello indicará dife-

rencias considerables en ACG. La significancia en la interacción A x R suserirá efectos importantes de ACE manifiestos dentro de las combinaciones híbridas originadas.

Cuando los efectos de interacción fueron significativos para un determinado carácter, se seleccionó la mejor combinación híbrida dentro de cada línea A y R(ACE). Haciéndose esto hubiera o no significancia en las diferencias por factor principal de variación(líneas A y R).

Al resultar los efectos principales significativos se efectuaron comparaciones estadísticas de los promedios de progenies para cada línea A o R en cruzamiento con todas las líneas R y A respectivamente (ACG). Esto se hizo independientemente de la condición de los efectos de interacción(fuera o no significativa).

Cuando la interacción fue significativa y los efectos principales no lo fueron, no se efectuó la comparación diferencial de las líneas A y R por efectos principales(diferencia estadística); pero sí se diferenciaron en base a la media y varianza observadas por sus progenies seleccionando como superiores aquellos progenitores cuyas progenies presentaron los más altos promedios y las varianzas más pequeñas(ACG). Así mismo se identificaron los híbridos superiores dentro de cada línea A y R(ACE).

Este último procedimiento también se siguió cuando las fuentes de variación pertinentes(A,R) y la interacción(AxR) no fueran significativas.

Como se señaló anteriormente, una significancia en la interacción suserirá presencia de efectos importantes de ACE; sin embargo su no significancia no indicará necesariamente ausencia de combinaciones

híbridas sobresalientes resultantes de alta ACE aunque no consecuencia esta de una interacción. Por lo tanto, para el primer caso, mediante el análisis de parcelas divididas se derivó un valor de referencia para diferenciar combinaciones híbridas dentro de cada progenitor A,R; pero cuando no hubo significancia en la interacción(o habiéndola) y deseáramos comparar las combinaciones híbridas como tratamientos en general se hizo necesario derivar un valor de referencia para identificar los híbridos de mejor ACE. Este último valor de referencia se obtuvo a partir del análisis de los datos mediante un diseño de bloques al azar.

Tanto la ACG como la ACE se estimaron para cada característica analizada y considerando los criterios apropiados, según fuera el objetivo o la naturaleza del carácter estudiado, en relación con su influencia en el rendimiento de grano; sin embargo las estimaciones de la heterósis(ACE) se basaron en los caracteres rendimiento de grano, altura de planta y longitud de panoja, por ser indicadores más adecuados en la apreciación del vigor(De la Loma,1973).

3.2.1.4 Estimación de heterosis.

La determinación del grado de vigor híbrido o heterósis obtenido en los cruzamientos se hizo en base a:

a).- Comparando el carácter de las progenies con respecto al promedio de los progenitores mediante la siguiente notación:

$$\frac{F1 - P.M.}{P.M.} \times 100$$ donde:

F1= Progenie híbrida; y P.M.= Progenitor medio o promedio de los progenitores.

b).- Comparando un determinado carácter entre la progenie y el progenitor que lo manifiesta con mayor intensidad, utilizando la notación siguiente:

$$\frac{F1 - P.S.}{P.S.} \times 100$$ donde:

P.S.= Progenitor con la expresión superior del carácter.

3.2.1.5 Comparación de promedios de tratamientos.

Las formas mediante las cuales se compararon las medias o promedios de tratamientos fueron las siguientes:

a).- En base al comportamiento individual de cada híbrido, generando el valor crítico(medida comparativa) de un análisis de bloques al azar.

b).- Diferenciando líneas A y R en base a sus totales de cruzamiento con todas las líneas R y A respectivamente (efectos de ACG principalmente).

c).- Diferenciando tanto las líneas A como las R(dentro de si) por su comportamiento híbrido con un progenitor común R o A respectivamente (efectos de ACE principalmente, por progenitor).

Mediante el primer procedimiento se identificaron los efectos diferenciales de ACE de todas las combinaciones híbridas originadas con las cruzas posibles entre los progenitores A y R en estudio.

Para el segundo caso la comparación de los factores experimentales (líneas A y R) permitieron definir o determinar qué progenitores manifestaron los mejores valores de ACG y se basaron en la diferencia mínima significativa, estimada mediante la siguiente fórmula:

$$DMS = (a = 0.05 ; gl\ error) \times (S\ x-x),$$ donde:

$$S\ (x - x) = SQRT\ (2\ CME\ /r)$$

Además, a = 0.05 y gl error son notaciones para obtener el valor tabulado de la distribución T-student, definiendo respectivamente un nivel de significancia de 0.05 o 5 % y los grados de libertad del error; r se refiere al número de repeticiones. Esto se hizo incluso cuando los efectos de interacción fueran significativos. Cuando esto sucedía y los efectos principales no lo fueran(o ninguno), no se efectuó comparación de promedios estadísticamente; pero sí se identificaron los promedios superiores con las varianzas más pequeñas de las combinaciones híbridas derivadas para cada línea A o R fija.

En el tercer caso, la comparación tuvo como finalidad la identificación de las líneas involucradas en la formación de los mejores cruzamientos híbridos(ACE), dentro de una línea A o R fija; siendo como consecuencia este procedimiento de la significancia en los efectos de interacción. Su diferencia mínima significativa se realizó en base a la prueba de Tukey (aunque el valor tabulado se obtuvo de la tabla corres-

de promedios de tratamientos más estrictas; esta prueba está determinada por la siguiente relación :

Tukey = (q n) x (S x-x)

Cuando se compararon las líneas R en una línea A fija, la prueba de Tukey fue :

Tukey = (q n) x (SQRT(CME(b)/r))

En tanto que cuando se efectuó la comparación de las líneas A en una línea R fija, la medida de comparación fue :

Tukey = (q n) x (SQRT ((8CME(b) - CME(a))/9r))

siendo (q n) el valor tabulado dependiente del número de medias sujetas a comparación (Tabla de rango mínimo estudentizado) y el del error del factor cuyos niveles se comparan.

3.2.1.6 Estimación de coeficientes de correlación.

Se realizaron estimaciones de correlación simple para las siguientes características: a).- Rendimiento de grano; b).- Excersión; c).- Longitud de vainas; d).- Días a floración; e).- Días a madurez fisiológica; f).- Altura de planta; y g).- Perímetro del tallo.

Se estimaron también, correlaciones simples para determinar la relación entre las líneas progenitoras(promedio de ambas) con respecto a

su progenie híbrida para los caracteres rendimiento de grano, longitud de panoja y altura de la planta.

Para saber si se presentó relación entre las variables estudiadas, se requirió calcular el estimador del coeficiente de correlación (r) y posteriormente probar la hipótesis Ho: r= 0 VS Ha: r >=< 0 ; siendo necesario calcular:

$$Tc = r(SQR(n-2)) / 1-r^2$$ donde:

Tc = Valor teórico en la distribución t de student.

r= Coeficiente de correlación.

n= Número de observaciones consideradas.

n-2= Grados de libertad.

El criterio de prueba es:

Si / Tc / > t(0.05/2 ; n-2) se acepta la hipótesis Ho: r=0 y se concluye que no hay relación significativa entre las variables.

Si t(0.01/2 ; n-2) =< / Tc / <= t(0.05/2 ; n-2) se rechaza la hipótesis propuesta y se concluye que hay una relación significativa entre las variables.

Si / Tc / < t(0.01/2 ; n-2) se rechaza la hipótesis planteada y se concluye que existe una relación altamente significativa entre las variables.

3.2.1.7 Análisis de regresión.

Se efectuó un análisis de regresión lineal para determinar qué variables estaban relacionadas significativamente con el rendimiento de grano, con la intención de construir un modelo estadístico que explicara los resultados, así como también para tener referencia en mejoramientos posteriores de líneas progenitoras.

El modelo general es el siguiente:

$Yi = Bo + B1X1i + \ldots + BpXpi + Ei$ donde:

Yi= Comportamiento de rendimiento de grano del i-ésimo tratamiento.

Bo, B1, ... , Bp= Coeficientes de regresión.

X1, X2, ... , Xp= Variables determinantes de Yi.

Ei= Término aleatorio del error experimental.

4. RESULTADOS

De las variables sujetas a estudio, las que presentaron diferencias significativas para los dos factores de variación analizados y su interacción fueron: altura de la planta, longitud de panoja y días a floración (Cuadro 8).

El rendimiento de grano y la longitud de la excersión, tuvieron diferencias significativas en los efectos de interacción solamente, en tanto que el perímetro del tallo no presentó diferencias estadísticas significativas para el factor A(líneas A). El número de días a madurez fisiológica no tuvo diferencias significativas para ninguna de las fuentes de variación consideradas.

En el caso de las variables longitud de panoja, días a floración y altura de planta, los efectos principales(ACG de líneas A,R) sí tuvieron diferencias significativas entre sí; por lo que se procedió a la comparación de medias de tratamientos(Cuadro 9). Los datos de perímetro del tallo se compararon solamente para el factor R(líneas R); ya que el factor A no presentó diferencias estadísticas significativas para sus niveles (Cuadro 10).

Del análisis de bloques al azar se encontró diferencias significativas para los tratamientos(híbridos) en todas las variables en estudio con excepción de la referente al número de días necesarios a madurez fisiológica por lo que se procedió a la comparación de promedios en las variables pertinentes.

Los estadísticos más comúnes para cada variable, aparecen en el Cuadro 11; en tanto que los resultados promedios de todas las combi-

Cuadro 8. Significancia de las variables analizadas.

CARACTERISTICAS	FUENTES DE VARIACION		
	Líneas (A)	Líneas (R)	Int.(AxR)
Longitud de excersión	3.18 (1) 39.1 (2)	1.782 20.0	5.46**
Longitud de panoja	6.35** 12.10	4.257** 7.94	10.66**
Días a floración	12.50** 3.50	2.80* 1.81	5.17**
Días a madurez fisiológica	1.57 2.33	0.89 0.98	1.09
Altura de planta	3.34** 23.54	3.18** 9.49	4.69**
Perímetro de tallo	0.74 28.87	4.51** 13.24	2.73**
Rendimiento de grano	1.10 77.43	0.80 33.81	1.91**

1= F calculada; 2= Coeficiente de variación.

*= Diferencias significativas; **= Diferencias altamente significativas.

Cuadro 9. Comparación de promedios de líneas A y R para los caracteres longitud de panoja, días a floración y altura de planta.

LONGITUD DE PANOJA		DIAS A FLORACION		ALTURA DE PLANTA	
		LINEAS - A			
*DMS= 1.612		DMS= 1.234		DMS= 14.93	
A-5	19.61 a	A-1	56.04 a	A-1	087.82 a
A-3	21.61 b	A-5	56.85 a	A-4	103.95 b
A-4	22.13 b c	A-6	58.41 b	A-5	105.80 b
A-1	22.40 b c	A-4	58.59 b	A-3	107.41 b
A-2	22.48 b c	A-3	58.60 b	A-6	110.31 b
A-6	23.42 c	A-2	59.89 c	A-2	111.74 b
		LINEAS - R			
DMS= 1.155		DMS= 0.697		DMS= 6.58	
R-6	20.94 a	R-2	57.50 a	R-8	096.77 a
R-9	21.27 a	R-4	57.72 a b	R-5	100.68 a b
R-7	21.41 a	R-9	57.83 a b c	R-7	102.10 a b c
R-8	21.44 a b	R-7	57.83 a b c	R-3	103.41 b c d
R-5	21.56 a b	R-1	57.89 a b c	R-2	104.92 b c d
R-3	21.93 a b c	R-6	58.11 a b c d	R-1	106.61 b c d
R-1	22.58 b c d	R-3	58.39 b c d	R-6	108.03 c d
R-2	22.96 c d	R-8	58.50 c d	R-9	108.69 d
R-4	23.41 d	R-5	58.78 d	R-4	109.34 d

*= Diferencia minima significativa.

Cuadro 10. Comparación de promedios de líneas R para el carácter perímetro de tallo.

DMS = 0.34 cm

Líneas - R				
R - 3	4.38	a		
R - 4	4.04	a	b	
R - 2	3.90		b	c
R - 6	3.82		b	c
R - 9	3.76		b	c
R - 1	3.73		b	c
R - 5	3.71		b	c
R - 7	3.60			c
R - 8	3.56			c

Cuadro 11. Estadísticos principales observados en las variables estudiadas.

VARIABLES	MINIMO	MAXIMO	MEDIA	C.V.
Peso de grano (grs.)	4.20	54.40	22.33	43.1
Excersión (cm)	1.80	27.00	15.36	34.0
Long.Panoja (cm)	11.00	29.20	21.94	16.1
Días a flor	54.00	64.00	58.06	3.5
Días a Mad.Fis.	115.00	122.00	117.62	1.3
Altura de planta (cm)	46.30	159.50	104.51	16.8
Perímetro de tallo (cm)	2.70	6.70	3.83	19.3

naciones híbridas originadas a partir de una determinada línea A fija se muestran en el Cuadro 1 del apéndice.

4.1 Comparación de líneas A y R en base a sus totales de cruzamiento (Efectos principales).

De las características analizadas, las que presentaron diferencias significativas entre los dos factores principales(líneas A y R), como se anotó anteriormente, fueron la longitud de panoja, altura de planta y días a floración; mientras que el perímetro de tallo sólo presentó diferencia significativa para el factor R. No obstante resultar la interacción significativa (en las variables mencionadas), se procedió a la comparación de los promedios de cada factor de variación.

En la comparación de promedios de las líneas A, para el carácter altura de planta, se observa que con excepción de la línea A-1, todas las líneas A presentaron en sus híbridos una altura estadísticamente semejante. Con respecto a las líneas R, se encontró que las mejores ,para dicha característica, resultaron ser las líneas R-4; R-9; R-6; R-1; R-2 y R-3 ya que éstas expresaron la mejor aptitud combinatoria general en los híbridos en los que intervinieron.

Para el carácter longitud de panoja, las líneas A que presentaron altos valores de combinación para dicho carácter resultaron ser las líneas A-6; A-2; A-1 y A-4. En tanto que las mejores líneas R que expresaron en sus combinaciones híbridas con las líneas A, los mayores efectos de aptitud combinatoria general, manifiestos en una mayor longitud de panoja fueron las líneas R-4; R-2 y R-1; aunque en general las diferencias en las combinaciones híbridas, resultantes de cada línea R en

cruzamiento con todas las líneas A, no fueron muy acentuadas.

Considerando el carácter días a floración, las líneas A que expresaron en sus combinaciones híbridas la mejor aptitud combinatoria(considerando precocidad como el óptimo buscado) fueron las líneas A-1 y A-5; ello debido a que sus híbridos, en cruzamiento con las líneas R, presentaron el menor número de días requeridos a floración.

En la comparación de líneas R, para el carácter días a floración, se encontró que las mejores líneas en base a su aptitud combinatoria general fueron la R-2; R-4; R-9; R-7; R-1 y R-6; ya que sus combinaciones híbridas en cruzamiento con todas las líneas A expresaron un número de días a floración menor.

Para el carácter perímetro del tallo, las líneas R con promedios superiores originados a partir de cruzamiento con todas las líneas A, fueron la R-3 y R-4.

Las líneas A no se compararon estadísticamente en las variables excersión, perímetro de tallo y rendimiento de grano (no significancia estadística en efectos principales); sin embargo una comparación de referencia (consecuencia de interacción) se hizo a partir de sus promedios y varianzas en cruzamiento con las líneas R (Cuadro 12), observándose que para el carácter longitud de excersión la línea A-6 presentó el más alto promedio de cruzamiento con todas las líneas R(17.40) teniendo una de las varianzas más altas(15.10); la línea A-5 tuvo la varianza más pequeña (8.20); pero el promedio de cruzamiento(15.70) fue relativamente bajo.

El perímetro de tallo tuvo en la línea A-6 el más alto promedio de cruzamiento (4.15) con una de las varianzas más grandes(0.28). La varianza más pequeña la presentó la línea A-5(0.05); aunque con el promedio más bajo(3.63).

Cuadro 12. Promedios de combinación y varianzas de progenies de cada línea A, en cruzamiento con todas las líneas R, para los caracteres rendimiento de grano, perímetro de tallo y longitud de excersión.

	Rend. Grano		Per. Tallo		Excersión	
					*	**
Ls. A	$\bar{X}$	D^2	$\bar{X}$	D^2	$\bar{X}$	D^2
A - 1	18.8	13.2	3.85	0.25	11.4	16.5
A - 2	25.4	75.3	3.74	0.12	16.5	18.6
A - 3	21.7	44.9	3.71	0.12	15.2	14.5
A - 4	25.5	12.6	3.91	0.74	15.8	19.5
A - 5	17.6	27.5	3.63	0.05	15.7	08.2
A - 6	24.9	22.9	4.15	0.28	17.4	15.1

* = Promedio de progenies de cada línea A en cruzamiento con líneas R.

**= Varianza de progenies de cada línea A en cruzamiento con líneas R.

Para el carácter rendimiento de grano, la línea A-4 tuvo el más alto promedio de combinación (25.50), teniendo la menor varianza (12.60). La línea A-1 presentó el más bajo promedio de combinación (18.80) y con una de las varianzas más pequeñas (13.20).

Las líneas R no se compararon estadísticamente en las variables longitud de excersión y rendimiento de grano (no significancia de efectos principales); pero dado que la interacción fue significativa se procedió a efectuar una comparación de referencia (Cuadro 13), observándose que para el carácter longitud de excersión la línea R-7 presentó el más alto promedio de combinación (16.60), teniendo una de las varianzas más pequeñas (13.50). La línea R-5 tuvo el promedio de combinación más bajo (13.60) y una varianza de 14.20 que fue de las más bajas.

Para el carácter rendimiento de grano, la línea R-4 presentó el más alto promedio de combinación (24.40), con varianza de 39.6 de las más grandes. La línea R-7 tuvo el promedio más bajo (19.90) y su varianza de 13.60 fue de las más bajas. Aunque los promedios de combinación de las líneas R para el carácter perímetro de tallo se compararon estadísticamente, dada la significancia estadística en dicho factor, también se evaluaron por este procedimiento. Los promedios de combinación y sus varianzas de las líneas R para el carácter mencionado. Notándose que la línea R-3 tuvo el promedio de combinación más alto (4.38) con la varianza más alta (0.73). La línea R-8 presentó el promedio más bajo (3.55) con una varianza de 0.12 que fue de las más pequeñas .

Tanto las líneas A como las R no presentaron diferencias estadísticas significativas en el carácter días a madurez fisiológica (tampo-

Cuadro 13. Promedios de combinación y varianzas de progenies de cada línea R, en cruzamiento con todas las líneas A, para los caracteres rendimiento de grano, perímetro de tallo y longitud de excersión.

	Rend.Grano		Per.Tallo		Excersión *	Excersión **
Ls. R	$\bar{X}$	D^2	$\bar{X}$	D^2	$\bar{X}$	D^2
R - 1	24.3	105.1	3.73	0.17	15.6	33.0
R - 2	23.4	019.1	3.90	0.19	15.2	32.9
R - 3	22.5	056.1	4.38	0.73	14.4	20.1
R - 4	24.4	039.6	4.04	0.27	14.8	13.5
R - 5	22.1	039.3	3.70	0.08	13.6	14.2
R - 6	20.2	049.4	3.82	0.41	16.4	23.9
R - 7	19.9	013.6	3.60	0.02	16.6	13.5
R - 8	23.0	049.4	3.55	0.12	15.7	12.3
R - 9	22,1	038.1	3.75	0.17	16.0	13.7

* = Promedio de progenies de cada línea R en cruzamiento con líneas A.

**= Varianza de progenies de cada línea R en cruzamiento con líneas A.

co la interacción); en consecuencia no se efectuaron comparaciones estadísticas de ningún tipo,pero sí se obtuvieron los promedios de combinación así como sus varianzas para tener una comparación de referencia lo cual se observa en el Cuadro 14, donde se tiene que, en relación a las líneas R, la R-4 tuvo el más alto promedio de combinación(118.11) y la varianza más alta(1.54). La línea R-8 presentó el promedio más bajo(117.37), con una varianza de 0.52 que fue de las más bajas. La línea R-2 fue la de menor varianza.

4.2 Identificación de las mejores combinaciones híbridas (ACE) mediante criterio basado en diseño de bloques al azar.

Para el carácter días a floración los mejores híbridos(tardíos),fueron el 17 42(R8);12(A4xR5) y 16(A2xR7) con 62 días a floración, sin embargo estos están dentro del grupo de promedios estadísticamente iguales que incluye también a los híbridos con un período de floración de 58 días o más. Los híbridos más precoces (55 días) fueron el 43(A5xR7);38(A5xR2);08(A1xR8) 07(A1xR7) y 05(A1xR5) siendo estadísticamente iguales a los híbridos con un promedio de días a la floración de 59 o menos (Cuadro 15). La denominación original de las líneas la muestra el Cuadro 2 del apéndice

Para el carácter rendimiento de grano,el híbrido 10(A2xR1) fue el de mayor promedio(41.87 grs por planta);aunque resultó estadísticamente igual a todos los híbridos con excepción del número 41(A5xR5) que fue el de más bajo rendimiento con 1 47 grs por planta Cuadro 16).

Cuadro 14. Promedios de comunación y varianzas de progenies de cada línea R, en cruzamiento con todas las líneas A, para el carácter días a madurez fisiológica.

	Madurez fisiológica	
Ls.-R	$\bar{X}$ *	D2 **
R - 1	117.5	0.74
R - 2	117.8	0.25
R - 3	117.5	0.48
R - 4	118.1	1.54
R - 5	117.8	1.54
R - 6	117.4	0.30
R - 7	117.6	1.04
R - 8	117.3	0.53
R - 9	117.4	1.35

* : Promedio de progenies de cada línea R en cruzamiento con líneas A.

** : Varianza de progenies de cada línea R en cruzamiento con líneas A.

Cuadro 15. Comparación de tratamientos(híbridos), para el carácter días a floración.

HIBRIDO	PROMEDIO
A2 X R8	62
A4 X R5	62
A2 X R7	62
A6 X R3	61
A2 X R5	61
A3 X R8	61
A3 X R7	60
A3 X R1	60
A2 X R6	60
A2 X R4	59
A2 X R1	59
A2 X R2	59
A3 X R5	59
A2 X R9	59
A4 X R4	59
A6 X R2	59
A4 X R8	59
A4 X R7	59
A6 X R6	59
A6 X R9	59
A6 X R8	58
A6 X R5	58
A4 X R6	58
A4 X R9	58
A5 X R3	58
A5 X R4	58
A5 X R9	58
A6 X R1	58
A4 X R2	58
A4 X R3	58
A3 X R2	58
A3 X R6	58
A1 X R3	58
A2 X R3	58
A1 X R9	57
A3 X R3	57
A3 X R4	57
A4 X R1	57
A5 X R2	57
A5 X R6	57
A6 X R4	57
A6 X R7	56
A5 X R8	56
A5 X R1	56
A3 X R9	56
A1 X R1	56
A1 X R2	56
A1 X R4	56
A1 X R6	56
A1 X R5	55
A1 X R7	55
A1 X R8	55
A5 X R2	55
A5 X R7	55

Diferencia de Tukey = 4.0.

Cuadro 16. Comparación de tratamientos para rendimiento de grano por planta.

HIBRIDO	PROMEDIO	
A2 X R1	41.87	a
A2 X R3	34.35	ab
A6 X R8	32.80	ab
A3 X R4	31.37	ab
A2 X R9	30.53	ab
A4 X R5	30.20	ab
A4 X R6	29.93	ab
A6 X R4	29.80	ab
A5 X R1	29.73	ab
A4 X R4	28.57	ab
A3 X R3	28.57	ab
A3 X R2	27.63	ab
A6 X R6	27.58	ab
A6 X R9	26.80	ab
A4 X R2	26.67	ab
A6 X R5	25.23	ab
A2 X R2	25.17	ab
A4 X R7	24.37	ab
A1 X R8	24.10	ab
A4 X R1	24.07	ab
A4 X R8	23.63	ab
A2 X R5	23.60	ab
A3 X R9	23.33	ab
A1 X R2	23.33	ab
A1 X R5	22.40	ab
A6 X R2	21.97	ab
A3 X R7	21.90	ab
A2 X R4	21.87	ab
A6 X R7	21.50	ab
A4 X R9	21.43	ab
A4 X R3	20.53	ab
A5 X R7	20.47	ab
A6 X R3	20.37	ab
A3 X R5	19.73	ab
A5 X R8	19.27	ab
A2 X R6	19.13	ab
A1 X R1	18.43	ab
A6 X R1	18.17	ab
A1 X R4	17.97	ab
A1 X R6	17.37	ab
A5 X R4	16.97	ab
A1 X R3	16.67	ab
A3 X R8	16.37	ab
A2 X R7	16.30	ab
A2 X R8	16.07	ab
A5 X R9	16.00	ab
A5 X R2	15.53	ab
A5 X R3	14.70	ab
A5 X R6	14.60	ab
A1 X R7	14.60	ab
A1 X R9	14.47	ab
A3 X R1	13.57	ab
A3 X R6	12.63	b
A5 X R5	11.47	b

Diferencia de Tukey = 30.3.

La longitud de excersión tuvo en el híbrido 47(A6xR2) la mayor expresión(22.3 cm); siendo estadísticamente igual a los híbridos con longitud de excersión mayor o igual a 10.67 cm (Cuadro 17).

En referencia al carácter altura de planta, el híbrido de mayor expresión fue el 54(A6xR9) con un promedio de 134.77 cm; aunque siendo estadísticamente igual a los híbridos con altura promedio igual o superior a 95.63 cm (Cuadro 18).

El híbrido número 51 (A6xR6) fue el de mayor expresión para el carácter longitud de panoja(26.83 cm); siendo estadísticamente igual a los híbridos con una longitud de panoja promedio mayor o igual a 20.93 cm (Cuadro 19).

Con respecto al carácter perímetro de tallo, el híbrido 30(A4xR3) fue el de mayor expresión(6.10); siendo estadísticamente igual a los híbridos con un promedio mayor o igual a 4.13 cm (Cuadro 20).

Para las variables donde sí se efectuaron comparaciones estadísticas (longitud de panoja, días a flor y altura de planta), dada la significancia de efectos principales, también se obtuvieron cuadros de promedios de combinación y varianzas de las progenies para cada línea A y R, en cruzamiento con todas las líneas R y A respectivamente. En ellos se muestra lo siguiente :

En referencia a líneas A (Cuadro 21), para el carácter longitud de panoja se muestra que la línea A-6 es la de promedio de combinación superior (23.4); siendo su varianza de las más bajas (6.5). En tanto que en días a floración la línea A-2 fue la que mostró el mayor promedio de combinación (59.9); pero con una de las varianzas más altas

Cuadro 17. Comparación de tratamientos para longitud de excersión.

HIBRIDO	PROMEDIO
A6 X R2	22.30
A4 X R9	21.87
A2 X R6	21.60
A6 X R1	21.20
A3 X R6	20.40
A1 X R3	20.10
A4 X R7	20.00
A2 X R8	19.70
A6 X R7	19.40
A2 X R4	19.33
A3 X R1	18.87
A5 X R2	18.73
A6 X R9	18.73
A4 X R1	18.57
A6 X R6	18.50
A5 X R4	18.33
A4 X R8	18.27
A2 X R7	18.23
A2 X R1	18.20
A4 X R2	17.77
A5 X R3	17.57
A3 X R7	17.30
A5 X R6	17.10
A2 X R5	16.90
A6 X R8	16.73
A6 X R5	16.23
A5 X R5	16.00
A5 X R8	15.77
A3 X R3	15.73
A3 X R9	15.63
A2 X R2	15.33
A5 X R9	14.67
A3 X R4	14.60
A6 X R3	14.47
A1 X R4	14.37
A5 X R7	14.33
A3 X R8	13.90
A1 X R9	13.47
A3 X R5	13.43
A4 X R4	12.70
A4 X R5	12.30
A2 X R9	11.70
A1 X R6	11.07
A4 X R3	10.67
A1 X R7	10.27
A4 X R6	09.83
A1 X R8	09.83
A1 X R2	09.77
A6 X R4	09.33
A5 X R1	09.30
A2 X R3	07.90
A1 X R1	07.37
A3 X R2	07.10
A1 X R5	06.83

Diferencia de Tukey = 11.8.

Cuadro 18. Comparación de tratamientos para altura de planta.

HIBRIDO	PROMEDIO
A6 X R9	134.77
A2 X R6	132.77
A5 X R3	130.67
A3 X R6	128.23
A3 X R4	127.63
A4 X R1	121.23
A2 X R9	119.77
A5 X R7	119.17
A2 X R4	119.10
A4 X R9	118.43
A6 X R6	116.83
A6 X R7	116.80
A4 X R4	111.43
A3 X R9	111.37
A2 X R1	110.33
A6 X R5	110.27
A5 X R1	110.17
A3 X R2	110.07
A1 X R1	110.03
A6 X R3	106.97
A2 X R5	106.40
A5 X R4	106.37
A2 X R2	106.37
A1 X R2	106.17
A6 X R2	105.47
A2 X R7	105.10
A2 X R3	104.20
A3 X R8	103.93
A5 X R9	102.70
A6 X R4	102.33
A4 X R5	102.07
A5 X R5	101.70
A2 X R8	101.67
A6 X R8	101.60
A3 X R5	100.93
A4 X R2	099.77
A4 X R6	099.03
A3 X R3	097.86
A5 X R8	097.80
A4 X R8	097.73
A6 X R1	097.73
A3 X R7	096.50
A4 X R3	095.63
A5 X R5	093.60
A1 X R5	090.80
A4 X R7	090.27
A3 X R1	090.17
A5 X R6	090.00
A1 X R4	089.17
A1 X R3	085.17
A1 X R7	084.77
A1 X R6	081.33
A1 X R8	077.90
A1 X R9	065.10

Diferencia de Tukey = 41.12

Cuadro 19. Comparación de tratamientos para longitud de panoja.

HIBRIDO	PROMEDIO
A6 X R6	26.83
A1 X R1	26.70
A1 X R5	26.63
A2 X R9	26.00
A6 X R4	25.50
A1 X R2	25.40
A3 X R4	25.40
A3 X R2	25.10
A2 X R6	24.97
A4 X R2	24.90
A4 X R1	24.63
A6 X R9	24.40
A2 X R3	24.33
A6 X R7	24.17
A3 X R9	24.03
A4 X R4	23.93
A6 X R8	23.93
A6 X R3	23.90
A4 X R5	23.70
A4 X R6	23.67
A6 X R5	23.43
A5 X R1	23.20
A2 X R4	23.10
A1 X R4	23.00
A4 X R3	22.93
A5 X R7	22.90
A3 X R8	22.83
A3 X R3	22.77
A2 X R5	21.83
A1 X R8	21.50
A5 X R5	21.47
A5 X R8	21.20
A2 X R6	21.13
A2 X R2	21.00
A1 X R6	20.93
A5 X R3	20.53
A2 X R7	20.03
A2 X R8	19.97
A6 X R2	19.87
A5 X R4	19.53
A5 X R9	19.37
A3 X R6	19.33
A4 X R8	19.23
A3 X R5	19.20
A4 X R9	18.97
A6 X R1	18.77
A3 X R7	18.63
A3 X R1	17.20
A4 X R7	17.20
A1 X R3	17.13
A1 X R9	14.83
A5 X R5	14.53
A5 X R6	13.73

Diferencia de Tukey = 6.28

Cuadro 20. Comparación de tratamientos para perímetro de tallo.

HIBRIDO	PROMEDIO
A4 X R3	6.10
A6 X R6	5.10
A1 X R2	4.73
A6 X R4	4.70
A2 X R4	4.47
A1 X R3	4.33
A6 X R9	4.30
A6 X R8	4.23
A3 X R4	4.23
A1 X R1	4.17
A4 X R1	4.16
A6 X R5	4.13
A5 X R3	4.07
A3 X R9	4.03
A3 X R2	4.03
A2 X R9	4.03
A6 X R3	4.00
A1 X R5	4.00
A2 X R3	3.93
A3 X R3	3.87
A1 X R4	3.87
A6 X R7	3.87
A5 X R1	3.83
A2 X R1	3.73
A5 X R5	3.73
A4 X R6	3.70
A4 X R4	3.70
A4 X R2	3.67
A6 X R2	3.63
A5 X R6	3.63
A5 X R8	3.60
A2 X R2	3.60
A4 X R5	3.60
A3 X R7	3.60
A3 X R6	3.57
A4 X R7	3.57
A5 X R2	3.53
A5 X R7	3.53
A1 X R7	3.53
A2 X R5	3.50
A2 X R6	3.50
A2 X R7	3.50
A3 X R8	3.50
A5 X R9	3.47
A3 X R5	3.47
A2 X R8	3.43
A1 X R6	3.40
A4 X R9	3.40
A6 X R1	3.37
A1 X R8	3.30
A1 X R9	3.30
A5 X R4	3.30
A4 X R8	3.27
A3 X R1	3.13

Diferencia de Tukey = 2.0

Cuadro 21. Promedios de combinación y varianzas de progenies de cada línea A en cruzamiento con todas las líneas R, para los caracteres longitud de panoja, días a flor y altura de planta.

	Long. Panoja		Días a flor		Alt. de Plta.	
					*	**
Ls. A	$\bar{X}$	D^2	$\bar{X}$	D^2	$\bar{X}$	D^2
A - 1	22,4	17,9	56,0	1.12	087,8	189,2
A - 2	22,5	04,9	59,9	1.94	111,7	101.7
A - 3	21.6	09.3	58.6	2.52	107.4	178,3
A - 4	22.1	08.2	58.6	1.94	103.9	113.1
A - 5	19.6	11,4	56.8	1.45	105.8	163.2
A - 6	23.4	06.5	58.4	1.61	110.3	126.9

* = Promedio de progenies de cada línea A en cruzamiento con líneas R.

**= Varianza de progenies de cada línea A en cruzamiento con líneas R.

(1.94). Para altura de planta, la misma línea A-2 tuvo el más alto promedio de combinación (111.7) y la varianza más alta (101.7).

Con respecto a las líneas R (Cuadro 22), en longitud de panoja la línea R-4 presentó el promedio más alto (23.4) y una varianza que fue de las más bajas (4.8). En días a flor, la línea R-5 es la de más alto promedio de combinación (58.8), observando una varianza de las más altas (6.69). Le siguen la línea R-8 con un promedio también alto (58.5) y una varianza alta (6.93); enseguida está la línea R-3 con un promedio alto (58.4); pero con una de las varianzas más pequeñas (1.36). Para el carácter altura de planta la línea R-4 tuvo el promedio de combinación más alto (109.3) y con una de las varianzas más altas (179.8).

En relación a las líneas A, para el carácter días a madurez fisiológica, también se obtuvieron los promedios de combinación y varianza de sus progenies en cruzamiento con todas las líneas R con la intención de tener datos de referencia para su comparación; ya que como se mencionó no hubo significancia estadística para dicha variable. En el Cuadro 23 se muestran sus resultados notándose que la línea A-2 es la de promedio de combinación más alto (118.4) con una varianza relativamente alta (0.39); le sigue inmediatamente la línea A-4 con un promedio de 118.1; pero con una de las varianzas más altas (1.09). Las líneas A-1 y A-5 mostraron los más bajos promedios de combinación (116.8 y 116.9 respectivamente) y con varianzas relativamente bajas (0.34 y 0.23 respectivamente).

Cuadro 22. Promedios de combinación y varianzas de progenies de cada línea R, en cruzamiento con todas las líneas A, para los caracteres longitud de panoja, días a flor y altura de planta.

	Long.de panoja		Días a flor		Alt.de Plta. *	Alt.de Plta. **
Ls. R	$\bar{X}$	D^2	$\bar{X}$	D^2	$\bar{X}$	D^2
R - 1	22.6	14.1	57.9	2.6	106.6	120.2
R - 2	22.9	05.9	57.5	2.26	104.9	013.5
R - 3	21.9	07.3	58.4	1.36	103.4	236.1
R - 4	23.4	04.8	57.7	1.31	109.3	179.8
R - 5	21.5	17.8	58.8	6.69	100.7	054.9
R - 6	20.9	19.3	58.1	1.68	108.0	443.3
R - 7	21.4	10.8	57.8	8.79	102.1	197.6
R - 8	21.4	03.0	58.5	6.93	096.8	091.3
R - 9	21.3	18.0	57.8	0.93	108.7	568.2

* = Promedio de progenies de cada línea R en cruzamiento con líneas A.

**= Varianza de progenies de cada línea R en cruzamiento con líneas A.

Cuadro 23. Promedios de combinación y varianzas de progenies de cada línea A, en cruzamiento con todas las líneas R, para el carácter días a madurez fisiológica.

Ls. A	Madurez Fisiológica * $\bar{X}$	Madurez Fisiológica ** S^2
A - 1	116.8	0.34
A - 2	118.4	0.39
A - 3	117.9	0.37
A - 4	118.1	1.09
A - 5	116.9	0.23
A - 6	117.3	0.39

* = Promedio de progenies de cada línea A en cruzamiento con líneas R.

**= Varianza de progenies de cada línea A en cruzamiento con líneas R.

4.3 Evaluación de líneas A, R en base a su comportamiento híbrido con un progenitor común R y A respectivamente.

4.3.1 Rendimiento de grano.

4.3.1.1 Líneas R en una línea A fija (Cuadro 24).

Las combinaciones híbridas que presentaron mayor variabilidad en cuanto a rendimiento de grano, fueron aquellas resultantes de los cruzamientos entre las líneas A-2 y A-3 con todas las líneas R; mientras que A-1; A-4; A-5 y A-6 originaron híbridos con poca variación entre si, al cruzarse con los progenitores masculinos o líneas R.

El progenitor androestéril o línea A que presentó el mejor valor de combinación fue la línea A-4; ya que sus combinaciones híbridas originaron en forma promedio mayores rendimientos de grano; siendo su promedio de combinación de 25.49.

La línea A-5 originó las combinaciones híbridas de menor aptitud combinatoria general; ya que el promedio de sus cruzas fue de 17.64.

El híbrido que expresó los mayores efectos de heterosis(ACE), fue el resultante del cruzamiento de A-2 x R-1 que tuvo un valor de 41.87; en tanto que la combinación A-5 x R-5 presentó la heterosis mínima con un valor de 11.47.

4.3.1.2 Líneas A en una línea R fija (Cuadro 25).

La línea R que originó híbridos con mayor variación entre

Cuadro 24. Comparación de líneas R en una línea A fija para el carácter rendimiento de grano.

Diferencia de Tukey= 19.70

A - 1			A - 2			A - 3		
R - 9	14.47	a	R - 8	16.07	a	R - 6	12.63	a
R - 7	14.60	a	R - 7	16.30	a	R - 1	13.57	a b
R - 3	16.67	a	R - 6	19.13	a	R - 8	16.37	a b
R - 6	17.37	a	R - 4	21.87	a	R - 5	19.73	a b
R - 4	17.97	a	R - 5	23.60	a b	R - 7	21.90	a b
R - 1	18.43	a	R - 2	25.17	a b	R - 9	23.33	a b
R - 5	22.40	a	R - 9	30.53	a b	R - 2	27.63	a b
R - 2	23.33	a	R - 3	34.35	a b	R - 3	28.57	a b
R - 8	24.10	a	R - 1	41.87	b	R - 4	31.37	b
$\bar{X}$= 18.81			$\bar{X}$= 25.43			$\bar{X}$= 21.68		

A - 4			A - 5			A - 6		
R - 3	20.53	a	R - 5	11.47	a	R - 1	18.17	a
R - 9	21.43	a	R - 6	14.60	a	R - 3	20.37	a
R - 8	23.63	a	R - 3	14.70	a	R - 7	21.50	a
R - 1	24.07	a	R - 2	15.53	a	R - 2	21.97	a
R - 7	24.37	a	R - 9	16.00	a	R - 5	25.23	a
R - 2	26.67	a	R - 4	16.97	a	R - 9	26.80	a
R - 4	28.57	a	R - 8	19.27	a	R - 6	27.58	a
R - 6	29.93	a	R - 7	20.47	a	R - 4	29.80	a
R - 5	30.20	a	R - 1	29.73	a	R - 8	32.80	a
$\bar{X}$= 25.49			$\bar{X}$= 17.64			$\bar{X}$= 24.91		

Cuadro 25. Comparación de líneas A en una línea R fija para rendimiento de grano.

Diferencia de Tukey= 26

R - 1				R - 2				R - 3			
A - 3	13.57	a		A - 5	15.53	a		A - 5	14.70	a	
A - 6	18.17	a	b	A - 6	21.97	a		A - 1	16.67	a	
A - 1	18.43	a	b	A - 1	23.33	a		A - 6	20.37	a	
A - 4	24.07	a	b	A - 2	25.17	a		A - 4	20.53	a	
A - 5	29.73	a	b	A - 4	26.67	a		A - 3	28.57	a	
A - 2	41.87		b	A - 3	27.63	a		A - 2	34.35	a	
$\bar{X}$= 24.31				$\bar{X}$= 23.38				$\bar{X}$= 22.53			

R - 4				R - 5				R - 6			
A - 5	16.97	a		A - 5	11.47	a		A - 3	12.63	a	
A - 1	17.97	a		A - 3	19.73	a		A - 5	14.60	a	
A - 2	21.87	a		A - 1	22.40	a		A - 1	17.37	a	
A - 4	28.57	a		A - 2	23.60	a		A - 2	19.13	a	
A - 6	29.80	a		A - 6	25.23	a		A - 6	27.58	a	
A - 3	31.37	a		A - 4	30.20	a		A - 4	29.93	a	
$\bar{X}$= 24.42				$\bar{X}$= 22.10				$\bar{X}$= 20.21			

R - 7				R - 8				R - 9			
A - 1	14.60	a		A - 2	16.07	a		A - 1	14.47	a	
A - 2	16.30	a		A - 3	16.37	a		A - 5	16.00	a	
A - 5	20.47	a		A - 5	19.27	a		A - 4	21.43	a	
A - 6	21.50	a		A - 4	29.63	a		A - 3	23.33	a	
A - 3	21.90	a		A - 1	24.10	a		A - 6	26.80	a	
A - 4	24.37	a		A - 6	32.80	a		A - 2	30.53	a	
$\bar{X}$= 19.86				$\bar{X}$= 23.04				$\bar{X}$= 22.09			

si, como consecuencia de cruzamientos con todas las líneas A fue la R-1 solamente(la variación es inferida de la magnitud de la diferencia entre promedios, la cual los ubica en un mayor o menor número de grupos estadísticamente iguales).

El progenitor masculino o línea R que originó híbridos con mayores rendimientos(mejor ACG) fue la línea R-4, clasificada originalmente como de alto rendimiento, que observó un valor promedio de cruzamiento de 24.42; en tanto que la línea R-7 no obstante estar considerada también como de alto rendimiento, produjo híbridos de baja producción de grano lo cual se refleja en el promedio de sus cruzas que fue de 19.86.

4.3.2 Perímetro de tallo.

4.3.2.1 Líneas R en una línea A fija (Cuadro 26).

Las combinaciones híbridas resultantes de los cruzamientos de las líneas A-2; A-3 y A-5 con todas las líneas R, presentaron diferencias no significativas para el carácter perímetro del tallo; en tanto que la línea A-4 prácticamente originó híbridos con un comportamiento estadísticamente equivalente, ya que solamente el híbrido A-4 x R-3 rompe con la igualdad de comportamiento. Con respecto a las líneas A-1 y A-6, estas originaron híbridos con diferencias significativas. El progenitor femenino que expresó el mayor promedio para perímetro del tallo en sus combinaciones híbridas fue la línea A-6 que tiene como promedio de cruzamiento un valor de 4.15.

Cuadro 26. Comparación de líneas R en una línea A fija para perímetro de tallo.

Diferencia de Tukey= 1.3

A - 1				A - 2				A - 3			
R - 8	3.30	a		R - 8	3.43	a		R - 1	3.13	a	
R - 9	3.30	a		R - 7	3.50	a		R - 5	3.47	a	
R - 6	3.40	a		R - 6	3.50	a		R - 8	3.50	a	
R - 7	3.53	a	b	R - 5	3.50	a		R - 6	3.57	a	
R - 4	3.87	a	b	R - 2	3.60	a		R - 7	3.60	a	
R - 5	4.00	a	b	R - 1	3.73	a		R - 3	3.87	a	
R - 1	4.17	a	b	R - 3	3.93	a		R - 2	4.03	a	
R - 3	4.33	a	b	R - 9	4.03	a		R - 9	4.03	a	
R - 2	4.73		b	R - 4	4.47	a		R - 4	4.23	a	
$\bar{X}$= 3.85				$\bar{X}$= 3.74				$\bar{X}$= 3.71			

A - 4				A - 5				A - 6				
R - 8	3.27	a		R - 4	3.30	a		R - 1	3.37	a		
R - 9	3.40	a		R - 9	3.47	a		R - 2	3.63	a	b	
R - 7	3.57	a		R - 7	3.53	a		R - 7	3.87	a	b	c
R - 5	3.60	a		R - 5	3.53	a		R - 3	4.00	a	b	c
R - 2	3.67	a		R - 8	3.60	a		R - 5	4.13	a	b	c
R - 4	3.70	a		R - 6	3.63	a		R - 8	4.23	a	b	c
R - 6	3.70	a		R - 2	3.73	a		R - 9	4.30	a	b	c
R - 1	4.17	a		R - 1	3.83	a		R - 4	4.70		b	c
R - 3	6.10		b	R - 3	4.07	a		R - 6	5.10			c
$\bar{X}$= 3.93				$\bar{X}$= 3.63				$\bar{X}$= 4.15				

4.3.2.2 Líneas A en una línea R fija (Cuadro 27).

En la comparación de combinaciones híbridas, considerando a una línea R específica como progenitor común y en cruzamiento con todas las líneas A, se encontró que hubo diferencias solo en la línea R - 3 (a través de sus híbridos) con respecto al carácter perímetro del tallo. Los híbridos que presentaron un valor promedio mayor para el carácter mencionado, fueron aquellos resultantes de los cruzamientos de todas las líneas A, con la línea R-3; ya que dichas combinaciones híbridas tienen como promedio de cruzamiento un valor de 4.38 ; en tanto que las progenies de la línea R - 8 tuvieron el menor promedio(3.55).

La mejor combinación híbrida fue A-4 x R-3 que presentó un valor de 6.10; mientras que la del menor valor(3.13) fue A-3 x R-1.

4.3.3 Longitud de excersión.

4.3.3.1 Líneas R en una línea A fija (Cuadro 28).

La línea progenitora femenina que presentó la mejor ACG fue la línea A-6; debido a que las líneas R expresaron un valor promedio mayor (17.43) para la excersión, cuando se cruzaron con dicha línea.

Los híbridos resultantes de combinar las líneas R con las líneas A-1;A-3;A-5 y.A-6 presentaron una mayor uniformidad para el carácter excersión; en tanto que cuando los cruzamientos se hicieron sobre las líneas A-2 y A-4, los híbridos obtenidos presentaron mayor variación entre si para el mismo carácter. La línea A-1 expresó el menor valor de combinación al cruzarse con las líneas R; ya que presentó un valor promedio en sus cruzas de 11.45.

Cuadro 27. Comparación de líneas A en una línea R fija, para perímetro de tallo.

Diferencia de Tukey= 1.7

R - 1			R - 2			R - 3		
A - 3	3.13	a	A - 2	3.60	a	A - 3	3.87	a
A - 6	3.37	a	A - 6	3.63	a	A - 2	3.93	a
A - 2	3.73	a	A - 4	3.67	a	A - 6	4.00	a
A - 5	3.83	a	A - 5	3.73	a	A - 5	4.07	a
A - 1	4.17	a	A - 3	4.03	a	A - 1	4.33	a
A - 4	4.17	a	A - 1	4.73	a	A - 4	6.10	b
	$\bar{X}$= 3.73			$\bar{X}$= 3.90			$\bar{X}$= 4.38	
R - 4			R - 5			R - 6		
A - 5	3.30	a	A - 3	3.47	a	A - 1	3.40	a
A - 4	3.70	a	A - 2	3.50	a	A - 2	3.50	a
A - 1	3.87	a	A - 5	3.53	a	A - 3	3.57	a
A - 3	4.23	a	A - 4	3.60	a	A - 5	3.63	a
A - 2	4.47	a	A - 1	4.00	a	A - 4	3.70	a
A - 6	4.70	a	A - 6	4.13	a	A - 6	5.10	a
	$\bar{X}$= 4.04			$\bar{X}$= 3.70			$\bar{X}$= 3.82	
R - 7			R - 8			R - 9		
A - 2	3.50	a	A - 4	3.27	a	A - 1	3.30	a
A - 5	3.53	a	A - 1	3.30	a	A - 4	3.40	a
A - 1	3.53	a	A - 2	3.43	a	A - 5	3.47	a
A - 4	3.57	a	A - 3	3.50	a	A - 2	4.03	a
A - 3	3.60	a	A - 5	3.60	a	A - 3	4.03	a
A - 6	3.87	a	A - 6	4.23	a	A - 6	4.30	a
	$\bar{X}$= 3.60			$\bar{X}$= 3.55			$\bar{X}$= 3.75	

Cuadro 28. Comparación de líneas R en una línea A fija para longitud de excersión.

Diferencia de Tukey= 8

A - 1			A - 2			A - 3		
R - 5	06,83	a	R - 3	07,90	a	R - 2	07,10	a
R - 1	07,37	a	R - 9	11,70	a b	R - 5	13,43	a b
R - 2	09,77	a	R - 2	15,33	a b c	R - 8	13,90	a b
R - 8	09,83	a	R - 5	16,90	b c	R - 4	14,60	a b
R - 7	10,27	a	R - 1	18,20	b c	R - 9	15,63	b
R - 6	11,07	a	R - 7	18,23	b c	R - 3	15,73	b
R - 9	13,47	a b	R - 4	19,33	b c	R - 7	17,30	b
R - 4	14,37	a b	R - 8	19,70	b c	R - 1	18,87	b
R - 3	20,10	b	R - 6	21,60	c	R - 6	20,40	b
$\bar{X}$= 11,45			$\bar{X}$= 16,54			$\bar{X}$= 15,22		

A - 4			A - 5			A - 6		
R - 6	09,83	a	R - 1	09,30	a	R - 4	09,33	a
R - 3	10,67	a b	R - 7	14,33	a b	R - 3	14,47	a b
R - 5	12,30	a b c	R - 9	14,67	a b	R - 5	16,23	a b
R - 4	12,70	a b c	R - 8	15,77	a b	R - 8	16,73	a b
R - 2	17,77	a b c d	R - 5	16,00	a b	R - 6	18,50	b
R - 8	18,27	b c d	R - 6	17,10	a b	R - 9	18,73	b
R - 1	18,57	b c d	R - 3	17,57	b	R - 7	19,40	b
R - 7	20,00	c d	R - 4	18,33	b	R - 1	21,20	b
R - 9	21,87	d	R - 2	18,73	b	R - 2	22,30	b
$\bar{X}$= 15,77			$\bar{X}$= 15,75			$\bar{X}$= 17,43		

4.3.3.2 Líneas A en una línea R fija (Cuadro 29).

El progenitor masculino o línea R con el mejor valor de combinación resultó ser la línea R-7; ya que las líneas A manifestaron en sus cruzas con dicha línea el valor de cruzamiento promedio más alto(16.60) para el carácter mencionado; es decir longitud de la excersión.

Cuando las líneas A se cruzaron con las líneas R-3; R-4; R-5; R-7; R-8 y R-9, los híbridos resultantes presentaron una menor variación entre si, comparándola con las diferencias observadas entre los híbridos resultantes de cruzar las líneas A con los progenitores R-1; R-2; R-6. La línea R-5 presentó el menor valor de combinación para este carácter con un valor promedio en sus cruzas de 13.61.

La combinación A-6 x R-2 expresó el más alto valor de ACE para el carácter estudiado(22.30); en tanto que el menor lo presentó el híbrido A-1 x R-5(6.83).

4.3.4 Longitud de panoja.

4.3.4.1 Líneas R en una línea A fija (Cuadro 30).

La mejor línea A, en cuanto al grado de expresión del carácter longitud de panoja, fue la línea A-6; ya que sus híbridos formados con todas las líneas R, reportaron los valores más altos lo que se expresa en el promedio generado de cruzamiento(23.4). Por el contrario, la línea A-5 originó híbridos con el valor promedio más bajo para longitud de panoja, en cruzas con las líneas R, que fue de 19.61.

Los híbridos resultantes de cruzar las líneas R con las líneas

Cuadro 29. Comparación de líneas A en una línea R fija para longitud de excersión.

Diferencia de Tukey= 10

R - 1			R - 2			R - 3		
A - 1	07.37	a	A - 3	07.10	a	A - 2	07.90	a
A - 5	09.30	a b	A - 1	09.77	a b	A - 4	10.67	a b
A - 2	18.20	b c	A - 2	15.33	a b c	A - 6	14.47	a b
A - 4	18.57	b c	A - 4	17.77	b c	A - 3	15.73	a b
A - 3	18.87	b c	A - 5	18.73	b c	A - 5	17.57	a b
A - 6	21.20	c	A - 6	22.30	c	A - 1	20.10	b
$\bar{X}$= 15.58			$\bar{X}$= 15.17			$\bar{X}$= 14.41		

R - 4			R - 5			R - 6		
A - 6	09.33	a	A - 1	06.83	a	A - 4	09.83	a
A - 4	12.70	a	A - 4	12.30	a b	A - 1	11.07	a b
A - 1	14.37	a	A - 3	13.43	a b	A - 5	17.10	a b c
A - 3	14.60	a	A - 5	16.00	a b	A - 6	18.50	a b c
A - 5	18.33	a	A - 6	16.23	a b	A - 3	20.40	b c
A - 2	19.33	a	A - 2	16.90	b	A - 2	21.60	c
$\bar{X}$= 14.78			$\bar{X}$= 13.61			$\bar{X}$= 16.42		

R - 7			R - 8			R - 9		
A - 1	10.27	a	A - 1	09.83	a	A - 2	11.70	a
A - 5	14.33	a	A - 3	13.90	a	A - 1	13.47	a b
A - 3	17.30	a	A - 5	15.77	a	A - 5	14.67	a b
A - 2	18.23	a	A - 6	16.73	a	A - 3	15.63	a b
A - 6	19.40	a	A - 4	18.27	a	A - 6	18.73	a b
A - 4	20.00	a	A - 2	19.70	a	A - 4	21.87	b
$\bar{X}$= 16.6			$\bar{X}$= 15.7			$\bar{X}$= 16		

Cuadro 30. Comparación de líneas R en una línea A fija, para longitud de panoja.

Diferencia de Tukey= 4.53

A - 1			A - 2			A - 3		
R - 9	14,83	a	R - 8	19.97	a	R - 1	17.20	a
R - 3	17,13	a b	R - 7	20.03	a	R - 7	18.63	a b
R - 6	20,93	b c	R - 2	21.00	a b	R - 5	19.20	a b
R - 8	21.50	b c d	R - 6	21.13	a b	R - 6	19.33	a b
R - 4	23.00	c d e	R - 5	21.83	a b c	R - 3	22.77	b c
R - 2	25.40	c d e	R - 4	23.10	a b c	R - 8	22.83	b c
R - 7	25.50	d e	R - 3	24.33	a b c	R - 9	24.03	c
R - 5	26.63	e	R - 1	24.97	b c	R - 2	25.10	c
R - 1	26,70	e	R - 9	26,00	c	R - 4	25.40	c
$\bar{X}$= 22,40			$\bar{X}$= 22,48			$\bar{X}$= 21,61		

A - 4			A - 5			A - 6		
R - 7	17,20	a	R - 6	13,73	a	R - 1	18,77	a
R - 9	18,97	a b	R - 5	14,53	a	R - 2	19,87	a b
R - 8	19,23	a b c	R - 9	19,37	b	R - 5	23,43	b c
R - 3	22,93	b c d	R - 4	19,53	b	R - 3	23,90	b c
R - 6	23,67	c d	R - 3	20,53	b	R - 8	23,93	b c
R - 5	23,70	c d	R - 8	21,20	b	R - 7	24,17	b c
R - 4	23,93	d	R - 2	21,47	b	R - 9	24,40	b c
R - 1	24,63	d	R - 7	22,90	b	R - 4	25,50	b c
R - 2	24,90	d	R - 1	23,20	b	R - 6	26,83	c
$\bar{X}$= 22,13			$\bar{X}$= 19,61			$\bar{X}$= 23,42		

A-1; A-2; A-3; A-4 y A-6 presentaron mayores diferencias en la longitud de panoja. La líneas A-5 también expresó variación, pero esta fue en menor grado (las diferencias entre promedios quedaron distribuidas en dos grupos estadisticamente equivalentes).

La combinación A-6 x R-6 expresó el más alto valor de ACE (26.83), para el carácter longitud de panoja; en tanto que A-5 x R-6 presentó el valor minimo(13.73).

4.3.4.2 Líneas A en una línea R fija (Cuadro 31).

Considerando el valor de combinación promedio, la mayor medida para el carácter longitud de panoja se encontró en los hibridos resultantes de los cruzamientos de las líneas A con la línea R-4, observándose un valor de 23.41. En tanto que la línea R-6 originó el menor valor promedio (20.94) para longitud de panoja al cruzarse con todas las líneas A.

Los hibridos obtenidos a partir de los cruzamientos de las líneas A con las líneas R-1; R-5; R-6; R-7 y R-9 presentaron una mayor variación en comparación con las diferencias observadas en los hibridos resultantes de cruzar las líneas A con las líneas R-2;R-3;R-4 y R-8 que presentaron un menor número de grupos estadisticamente iguales.

4.3.5 Días a floración.

4.3.5.1 Líneas R en una línea A fija (Cuadro 32).

Las líneas A-2; A-3 y A-6 cuando se cruzaron con todas las

Cuadro 31. Comparación de líneas A en una línea R fija para longitud de panoja.

Diferencia de Tukey= 5.29

R - 1			R - 2			R - 3		
A - 3	17.20	a	A - 6	19.87	a	A - 1	17.13	a
A - 6	18.77	a b	A - 2	21.00	a	A - 5	20.53	a b
A - 5	23.20	b c	A - 5	21.47	a b	A - 3	22.77	b
A - 4	24.63	c	A - 4	24.90	a b	A - 4	22.93	b
A - 2	24.97	c	A - 3	25.10	a b	A - 6	23.90	b
A - 1	26.70	c	A - 1	25.40	b	A - 2	24.33	b
$\bar{X}$=22.58			$\bar{X}$= 22.96			$\bar{X}$= 21.93		
R - 4			R - 5			R - 6		
A - 5	19.53	a	A - 5	14.53	a	A - 5	13.73	a
A - 1	23.00	a b	A - 3	19.20	a b	A - 3	19.33	b
A - 2	23.10	a b	A - 2	21.83	b c	A - 1	20.93	b
A - 4	23.93	a b	A - 6	23.43	b c	A - 2	21.13	b
A - 3	25.40	b	A - 4	23.70	b c	A - 4	23.67	b c
A - 6	25.50	b	A - 1	26.63	c	A - 6	26.83	c
$\bar{X}$= 23.41			$\bar{X}$= 21.55			$\bar{X}$= 20.94		
R - 7			R - 8			R - 9		
A - 4	17.20	a	A - 4	19.23	a	A - 1	14.83	a
A - 3	18.63	a b	A - 2	19.97	a	A - 4	18.97	a b
A - 2	20.03	a b c	A - 5	21.20	a	A - 5	19.37	a b c
A - 5	22.90	b c d	A - 1	21.50	a	A - 3	24.03	b c d
A - 6	24.17	c d	A - 3	22.83	a	A - 6	24.40	c d
A - 1	25.50	d	A - 6	23.93	a	A - 2	26.00	d
$\bar{X}$= 21.40			$\bar{X}$= 21.44			$\bar{X}$= 21.27		

Cuadro 32. Comparación de líneas R en una línea A fija para días a floración.

Diferencia de Tukey= 2.74

A - 1			A - 2			A - 3		
R - 7	54.67	a	R - 3	58.33	a	R - 9	56.33	a
R - 5	55.00	a	R - 9	58.67	a b	R - 4	57.00	a
R - 8	55.33	a b	R - 2	59.00	a b c	R - 3	57.33	a b
R - 1	56.00	a b	R - 4	59.00	a b c	R - 6	58.33	a b c
R - 2	56.00	a b	R - 1	59.33	a b c d	R - 2	58.33	a b c
R - 4	56.00	a b	R - 6	59.67	a b c d	R - 5	58.67	a b c
R - 6	56.00	a b	R - 5	61.33	b c d	R - 1	60.00	b c
R - 9	57.33	b	R - 8	61.67	c d	R - 7	60.33	c
R - 3	58.00	b	R - 7	62.00	d	R - 8	61.00	c
$\bar{X}$= 56.04			$\bar{X}$= 59.89			$\bar{X}$= 58.59		

A - 4			A - 5			A - 6		
R - 1	57.33	a	R - 2	55.33	a	R - 7	56.00	a
R - 2	57.67	a	R - 7	55.33	a	R - 4	57.33	a b
R - 9	57.67	a	R - 8	55.67	a b	R - 5	58.33	a b c
R - 3	58.00	a	R - 1	56.33	a b	R - 1	58.33	a b c
R - 6	58.33	a	R - 5	57.33	a b	R - 8	58.33	a b c
R - 7	58.67	a	R - 6	57.33	a b	R - 2	58.67	a b c
R - 4	58.67	a	R - 3	58.00	a b	R - 6	59.00	b c
R - 8	59.00	a	R - 9	58.00	a b	R - 9	59.00	b c
R - 5	62.00	b	R - 4	58.33	b	R - 3	60.67	c
$\bar{X}$= 58.59			$\bar{X}$= 56.85			$\bar{X}$= 58.41		

líneas R, originaron o tuvieron la mayor variación para el carácter estudiado; en tanto que los híbridos resultantes de cruzar las líneas A-1; A-4 y A-5 con todas las líneas R presentaron una variación menos importante.

La línea A-2 originó en sus cruzamientos con las líneas R el mayor promedio(59.89), para días a floración; mientras que la línea A-1 presentó el menor período para dicho carácter(56.04).

Las combinaciones híbridas que presentaron el período de floración más largo(62 días) fueron A-4 x R-5 y A-2 x R-7.

4.3.5.2 Líneas A en una línea R fija (Cuadro 33).

Para el carácter días a floración, la línea R-5 originó el mayor promedio de días a floración(58.78) al cruzarse con todas las líneas A. Cuando los cruzamientos se hicieron con la línea R-2, el número promedio de días necesarios para la floración fue el menor(57.5).

Los híbridos que expresaron mayor variación, para una línea R fija, fueron aquellos generados de cruzamientos de las líneas R-1; R-2; R-5; R-6; R-7 y R-8; ocurriendo en menor grado cuando los cruzamientos de las líneas A se efectuaron con las líneas R-3; R-4 y R-9.

4.3.6 Altura de planta.

4.3.6.1 Líneas R en una línea A fija (Cuadro 34).

La línea A-2 tuvo el más alto valor promedio(111.74), al cruzarse con todas las líneas R; mientras que la línea A-1, contrariamente, presentó el menor valor de expresión(87.83), para el carácter estudiado,

Cuadro 33. Comparación de líneas A en una línea R fija para días a floración.

Diferencia de Tukey= 3.41

R - 1			R - 2			R - 3		
A - 1	56.00	a	A - 5	55.33	a	A - 3	57.33	a
A - 5	56.33	a	A - 1	56.00	a b	A - 1	58.00	a
A - 4	57.33	a b	A - 4	57.67	a b	A - 4	58.00	a
A - 6	58.33	a b	A - 3	58.33	a b	A - 5	58.00	a
A - 2	59.33	a b	A - 6	58.67	a b	A - 2	58.33	a
A - 3	60.00	b	A - 2	59.00	b	A - 6	60.67	a
$\bar{X}$= 57.89			$\bar{X}$= 57.50			$\bar{X}$= 58,39		

R - 4			R - 5			R - 6		
A - 1	56.00	a	A - 1	55.00	a	A - 1	56.00	a
A - 3	57.00	a	A - 5	57.33	a b	A - 5	57.33	a b
A - 6	57.33	a	A - 6	58.33	a b c	A - 3	58.33	a b
A - 5	58.33	a	A - 3	58.67	b c d	A - 4	58.33	a b
A - 4	58.67	a	A - 2	61.33	c d	A - 6	59.00	a b
A - 2	59.00	a	A - 4	62.00	d	A - 2	59.67	b
$\bar{X}$= 57.72			$\bar{X}$= 58.78			$\bar{X}$= 58.11		

R - 7			R - 8			R - 9		
A - 1	54.67	a	A - 1	55.33	a	A - 3	56.33	a
A - 5	55.33	a b	A - 5	55.67	a b	A - 1	57.33	a
A - 6	56.00	a b	A - 6	58.33	a b c	A - 4	57.67	a
A - 4	58.67	b c	A - 4	59.00	b c	A - 5	58.00	a
A - 3	60.33	c	A - 3	61.00	c	A - 2	58.67	a
A - 2	62.00	c	A - 2	61.67	c	A - 6	59.00	a
$\bar{X}$= 57.83			$\bar{X}$= 58.50			$\bar{X}$= 57.83		

Cuadro 34. Comparación de líneas R en una línea A fija para altura de planta.

Diferencia de Tukey= 25.83

A - 1			A - 2			A - 3		
R - 9	065.10	a	R - 8	101.67	a	R - 1	090.17	a
R - 8	077.90	a	R - 3	104.20	a	R - 7	096.50	a
R - 6	081.33	a b	R - 7	105.10	a	R - 3	097.86	a
R - 7	084.77	a b	R - 2	106.37	a	R - 5	100.93	a
R - 3	085.17	a b	R - 5	106.40	a	R - 8	103.93	a b
R - 4	089.17	a b	R - 1	110.33	a b	R - 2	110.07	a b
R - 5	090.80	a b	R - 4	119.10	a b	R - 9	111.37	a b
R - 2	106.17	b	R - 9	119.77	a b	R - 4	127.63	b
R - 1	110.03	b	R - 6	132.77	b	R - 6	128.23	b
$\bar{X}$= 87.83			$\bar{X}$= 111.74			$\bar{X}$= 107.41		

A - 4			A - 5			A - 6		
R - 7	090.27	a	R - 6	090.00	a	R - 1	097.73	a
R - 3	095.63	a b	R - 5	093.60	a b	R - 8	101.60	a
R - 8	097.73	a b	R - 8	097.80	a b	R - 4	102.33	a
R - 6	099.03	a b	R - 2	101.70	a b	R - 2	105.47	a
R - 2	099.77	a b	R - 9	102.70	a b	R - 3	106.97	a
R - 5	102.07	a b	R - 4	106.37	a b c	R - 5	110.27	a b
R - 4	111.43	a b	R - 1	110.17	a b c	R - 7	116.80	a b
R - 9	118.43	b	R - 7	119.17	b c	R - 6	116.83	a b
R - 1	121.23	b	R - 3	130.67	c	R - 9	134.77	b
$\bar{X}$= 103.95			$\bar{X}$= 105.80			$\bar{X}$= 110.31		

es decir, la altura de las plantas, originadas a partir de A-1 y en cruzamientos con las líneas R es la más baja.

Los híbridos tuvieron mayor variación para el carácter altura de planta, cuando las líneas R se cruzaron con la línea A-5. En tanto que las líneas A-1;A-2;A-3;A-4 y A-6 originaron híbridos con una variación menor.

4.3.6.2 Líneas A en una línea R fija (Cuadro 35).

La línea R-4 presentó el más alto valor de combinación para el carácter altura de planta(109.34); es decir, las líneas A expresaron un mayor efecto al cruzarse con la línea R-4. La línea que presentó un menor valor combinatorio(ACG), fue la R-8, que tuvo un promedio de cruzamiento igual a 96.77.

Las combinaciones híbridas que tuvieron una mayor variación fueron aquellas resultantes de cruzar las líneas A con las líneas R-1; R-3; R-4 y R-6. En tanto que las líneas R-2; R-5; R-7 y R-8 originaron híbridos con diferencias no significativas al cruzarse con las líneas A. La línea R-9 presentó mínima diferencia significativa.

La combinación A-6 x R-9 expresó el más alto valor de ACE (134.77); en tanto que la combinación híbrida de menor efecto de heterosis fue A-1 x R-9 con un valor de 65.10.

Con respecto a las variables encontradas con significancia estadística para la interacción AxR (todas las estudiadas, con excepción de días a madurez fisiológica), se ordenaron para cada una de ellas las li-

Cuadro 35. Comparación de líneas A en una línea R fija para altura de planta.

Diferencia de Tukey= 35.26

R - 1			R - 2			R - 3		
A - 3	090.17	a	A - 4	099.77	a	A - 1	085.17	a
A - 6	097.73	a b	A - 5	101.70	a	A - 4	095.63	a b
A - 1	110.03	a b	A - 6	105.47	a	A - 3	097.86	a b
A - 5	110.17	a b	A - 1	106.17	a	A - 2	104.20	a b
A - 2	110.33	a b	A - 2	106.37	a	A - 6	106.97	a b
A - 4	121.23	b	A - 3	110.07	a	A - 5	130.67	b
$\bar{X}$= 106.61			$\bar{X}$= 104.92			$\bar{X}$= 103.42		

R - 4			R - 5			R - 6		
A - 1	089.17	a	A - 1	090.80	a	A - 1	081.33	a
A - 6	102.33	a b	A - 5	093.60	a	A - 5	090.00	a b
A - 5	106.37	a b	A - 3	100.93	a	A - 4	099.03	a b c
A - 4	111.43	a b	A - 4	102.07	a	A - 6	116.83	b c
A - 2	119.10	a b	A - 2	106.40	a	A - 3	128.23	c
A - 3	127.63	b	A - 6	110.27	a	A - 2	132.77	c
$\bar{X}$= 109.34			$\bar{X}$= 100.68			$\bar{X}$= 108.03		

R - 7			R - 8			R - 9		
A - 1	084.77	a	A - 1	077.90	a	A - 1	065.10	a
A - 4	090.27	a	A - 4	097.73	a	A - 5	102.70	b
A - 3	096.50	a	A - 5	097.80	a	A - 3	111.37	b
A - 2	105.10	a	A - 6	101.60	a	A - 4	118.43	b
A - 6	116.80	a	A - 2	101.67	a	A - 2	119.77	b
A - 5	119.17	a	A - 3	103.93	a	A - 6	134.77	b
$\bar{X}$= 102.10			$\bar{X}$= 096.77			$\bar{X}$= 108.69		

neas A que originaron las mejores progenies en cruzamiento con cada línea A. El ordenamiento va de mayor(izquierda) a menor(derecha) anotándose únicamente los elementos estadísticamente iguales(líneas A o R) dentro de cada progenitor común A, R. Esto con la intención de explicar la variación de efectos de interacción, obteniéndose los siguientes resultados :

El grado de interacción que las líneas R tuvieron como consecuencia de su cruzamiento con cada línea A para el carácter longitud de excersión se muestra en el Cuadro 36 A, donde se tiene que la línea A-1 incluye únicamente a la línea R-4 como estadísticamente equivalente a la línea R-3 cuya cruza con A-1 originó la progenie híbrida superior. En cambio la línea A-5 involucró a 7 líneas R(R-4;R-3;R-6;R-5;R-8;R-9 y R-7) como estadísticamente equivalentes a la línea R-2 cuya cruza con A-5 produjo la progenie híbrida superior; siendo las líneas R-6 y R-2 las de mayor estabilidad. En relación a las líneas A,las de menos interacción fueron la A-6; A-2 y A-5. (Cuadro 36B).

La medida de la interacción de líneas AxR para el carácter longitud de panoja puede observarse en el Cuadro 37 A, teniéndose que las líneas R-1 y R-2 tienden a tener menos interacción en sus cruzas con líneas A.

En referencia a la interacción o medida del cambio de líneas A al cruzarse con cada línea R se observa, Cuadro 37 B, que la línea A-1 tiende a tener un comportamiento más estable seguida de la línea A-6.

Para el carácter días a flor la medida de la interacción o estabilidad de líneas R se muestra en el Cuadro 38 A, donde se tiene que las líneas R-3 y R-9 son las de más estabilidad. En cambio el grado o modificación del comportamiento de las líneas A en su cruzamiento con cada línea R se observa en el Cuadro 38 B, que presenta a la línea A-2 como la más estable, siguiendole la línea A-6.

Cuadro 36A. Ordenamiento de las líneas R estadísticamente equivalentes en la expresión del carácter longitud de excersión por sus cruzas con cada una de las líneas A.

O-I-	Líneas R (O->) con equivalencia estadística
A - 1	R - 3 y R - 4
A - 2	R-6;R-8;R-4;R-7;R-1 y R-5
A - 3	R-6;R-1;R-7;R-3;R-9 y R-4
A - 4	R-9;R-7;R-1;R-8 y R-2
A - 5	R-2;R-4;R-3;R-6;R-5;R-8;R-9 y R-7
A - 6	R-2;R-1;R-7;R-9;R-6 y R-8

Cuadro 36B. Ordenamiento de las líneas A estadísticamente equivalentes en la expresión del carácter longitud de excersión por sus cruzas con cada una de las líneas R.

O-I-	Líneas R (O->) con equivalencia estadística
R - 1	A-6;A-3;A-4 y A-2
R - 2	A-6;A-5;A-4 y A-2
R - 3	A-1;A-5;A-3 y A-6
R - 4	A-2;A-5;A-3;A-1 y A-4
R - 5	A-2;A-6;A-5;A-3 y A-4
R - 6	A-2;A-3;A-6 y A-5
R - 7	A-4;A-6;A-2;A-3 y A-5
R - 8	A-2;A-4;A-6;A-5 y A-3
R - 9	A-4;A-6 y A-3

Cuadro 37A. Ordenamiento de las líneas R estadísticamente equivalentes en la expresión del carácter longitud de panoja por sus cruzas con cada una de las líneas A.

O-I-	Líneas R (O->) con equivalencia estadística
A - 1	R-1;R-5;R-7 y R-2
A - 2	R-9;R-1;R-3 y R-4
A - 3	R-4;R-2;R-9;R-8 y R-3
A - 4	R-2;R-1;R-4;R-5;R-6 y R-3
A - 5	R-1;R-7;R-2;R-8 y R-3
A - 6	R-6;R-4;R-9;R-7;R-8 y R-3

Cuadro 37B. Ordenamiento de las líneas A estadísticamente equivalentes en la expresión del carácter longitud de panoja por sus cruzas con cada una de las líneas R.

O-I-	Líneas R (O->) con equivalencia estadística
R - 1	A-1;A-2;A-4 y A-5
R - 2	A-1;A-3 y A-4
R - 3	A-2;A-6;A-4 y A-3
R - 4	A-6;A-3;A-4;A-2 y A-1
R - 5	A-1;A-4 y A-6
R - 6	A-6 y A-4
R - 7	A-1;A-6 y A-5
R - 8	A-6;A-3;A-1 y A-5
R - 9	A-2;A-6 y A-3

Cuadro 38A. Ordenamiento de las líneas R estadísticamente equivalentes en la expresión del carácter días a flor por sus cruzas con cada una de las líneas A.

O-I-	Líneas R (O->) con equivalencia estadística
A - 1	R-3 y R-9
A - 2	R-7;R-8 y R-5
A - 3	R-8;R-7 y R-1
A - 4	R-5
A - 5	R-4;R-9;R-3;R-6 y R-5
A - 6	R-3;R-9 y R-6

Cuadro 38B. Ordenamiento de las líneas A estadísticamente equivalentes en la expresión del carácter días a flor por sus cruzas con cada una de las líneas R.

O-I-	Líneas R (O->) con equivalencia estadística
R - 1	A-3;A-2 y A-6
R - 2	A-2;A-6;A-3 y A-4
R - 3	A-6 y A-2
R - 4	A-2;A-4;A-5;A-6 y A-3
R - 5	A-4 y A-2
R - 6	A-2;A-6;A-4;A-3 y A-5
R - 7	A-2 y A-3
R - 8	A-2 y A-3
R - 9	A-6;A-2;A-5;A-4 y A-1

En el carácter altura de planta la inconstancia de expresión híbrida de las líneas R dentro de cada línea A puede observarse en el Cuadro 39 A, que presenta a las líneas R-1 y R-6 como las más estables. Para el mismo carácter pero ahora considerando estabilidad de líneas A al variar el progenitor masculino como progenitor común, puede decirse que de acuerdo a lo observado en el Cuadro 39 B, la línea A-2 presenta la mayor constancia siguiendole la línea A-3.

Para el carácter perímetro de tallo, Cuadro 40 A, se tiene que las líneas R de mayor constancia son la R-4 y R-3. En cambio la línea A-6 presentó la mayor estabilidad en su progenie híbrida derivada de cruzamiento con cada línea R. Le siguieron las líneas A-4 y A-3 (Cuadro 40 B).

En rendimiento de grano las líneas R-8 y R-1 fueron las de mayor estabilidad en la expresión de sus híbridos al cruzarse con cada línea A (Cuadro 41 A). En cambio las líneas A-4 y A-2 fueron las de menos interacción al cruzarse con cada línea R (Cuadro 41 B).

4.4 Análisis de sanidad vegetal.

En referencia al aspecto general de las plantas, es decir, considerando efectos de "downy mildiu" (Peronosclerospora sorghi), ataque de plagas defoliadoras y susceptibilidad a las aplicaciones de parathion metílico, los híbridos menos afectados o menos susceptibles resultaron ser:

Aquellos híbridos obtenidos a partir de la combinación de las líneas R-1 y R-4 con todas las líneas A. Los cruzamientos de R-5 como progenitor común, expresaron un cierto grado de susceptibilidad que aunque no muy importante, apreciable al hacer la observación a simple vista.

Cuadro 39A. Ordenamiento de las líneas R estadísticamente equivalentes en la expresión del carácter altura de planta por sus cruzas con cada una de las líneas A.

O-I-	Líneas R (O->) con equivalencia estadística
A - 1	R-1 y R-2
A - 2	R-6;R-9 R-4
A - 3	R-6;R-4;R-9 y R-2
A - 4	R-1;R-9 y R-4
A - 5	R-3 y R-7
A - 6	R-9;R-6 y R-7

Cuadro 39B. Ordenamiento de las líneas A estadísticamente equivalentes en la expresión del carácter altura de planta por sus cruzas con cada una de las líneas R.

O-I-	Líneas R (O->) con equivalencia estadística
R - 1	A-4;A-2;A-5;A-1 y A-6
R - 2	A-3;A-2;A-1;A-6;A-5 y A-4
R - 3	A-5 y A-6
R - 4	A-3;A-2;A-4 y A-5
R - 5	A-6;A-2;A-4;A-3;A-5 y A-1
R - 6	A-2;A-3 y A-6
R - 7	A-5;A-6;A-2 y A-3
R - 8	A-3;A-2;A-6;A-5 y A-4
R - 9	A-6;A-2;A-4 y A-3

Cuadro 40A. Ordenamiento de las líneas R estadisticamente equivalentes en la expresión del carácter perimetro de tallo por sus cruzas con cada una de las líneas A.

O-I-	Líneas R (O->) con equivalencia estadistica
A - 1	R-2;R-3;R-1;R-5 y R-4
A - 2	R-4;R-9;R-3;R-1 y R-2
A - 3	R-4;R-9;R-2;R-3;R-7;R-6;R-8 y R-5
A - 4	R-3
A - 5	R-3;R-1;R-2;R-6;R-8;R-5;R-7;R-9 y R-4
A - 6	R-6;R-4;R-9 y R-8

Cuadro 40B. Ordenamiento de las líneas A estadisticamente equivalentes en la expresión del carácter perimetro de tallo por sus cruzas con cada una de las líneas R.

O-I-	Líneas R (O->) con equivalencia estadistica
R - 1	A-4;A-1;A-5;A-2;A-6 y A-3
R - 2	A-1;A-3;A-5;A-4;A-6 y A-2
R - 3	A-4
R - 4	A-6;A-2;A-3;A-1 y A-4
R - 5	A-6;A-1;A-4;A-5;A-2 y A-3
R - 6	A-6
R - 7	A-6;A-3;A-4;A-1;A-5 y A-2
R - 8	A-6;A-5;A-3;A-2;A-1 y A-4
R - 9	A-6;A-3;A-2;A-5;A-4 y A-1

Cuadro 41A. Ordenamiento de las líneas R estadísticamente equivalentes en la expresión del carácter rendimiento de grano por sus cruzas con cada una de las líneas A.

O-I-	Líneas R (O->) con equivalencia estadística
A - 1	R-8;R-2;R-5;R-1;R-4;R-6;R-3;R-7 y R-9
A - 2	R-1;R-3 y R-9
A - 3	R-4;R-3;R-2;R-9;R-7 y R-5
A - 4	R-5;R-6;R-4;R-2;R-7;R-1;R-8;R-9 y R-3
A - 5	R-1;R-7;R-8;R-4;R-9 y R-2
A - 6	R-8;R-4;R-6;R-9;R-5;R-2;R-7 y R-3

Cuadro 41B. Ordenamiento de las líneas A estadísticamente equivalentes en la expresión del carácter rendimiento de grano por sus cruzas con cada una de las líneas R.

O-I-	Líneas R (O->) con equivalencia estadística
R - 1	A-2;A-5 y A-4
R - 2	A-3;A-4;A-2;A-1;A-6 y A-5
R - 3	A-2;A-3;A-4;A-6 y A-1
R - 4	A-3;A-6;A-4;A-2;A-1 y A-5
R - 5	A-4;A-6;A-2;A-1 y A-3
R - 6	A-4;A-6;A-2;A-1;A-5 y A-3
R - 7	A-4;A-3;A-6;A-5;A-2 y A-1
R - 8	A-6;A-1;A-4;A-5;A-3 y A-2
R - 9	A-2;A-6;A-3;A-4;A-5 y A-1

Al considerar las combinaciones para una línea A fija, en cruzamientos con las líneas R, las mejores líneas A fueron la A-4 y la A-6; en tanto que las líneas R-3 y R-9 parece ser que inducen mayor susceptibilidad en los híbridos obtenidos al realizar las combinaciones híbridas con las líneas A, a daños por efectos de los factores mencionados anteriormente.

Los resultados de sanidad en los híbridos obtenidos, para una línea R fija se observan en el Cuadro 42 . En tanto que el análisis de resultados para la misma característica y en una línea A fija se encuentra en el Cuadro 43 .

Analizando el comportamiento de las líneas A, para una línea R fija, se observa que las líneas A tienden a expresar diferentes grados de susceptibilidad a los factores adversos que impactan en la sanidad vegetal según sea el progenitor masculino con el cual se hagan las hibridaciones.

4.5 Correlaciones.

Para las variables en estudio se obtuvieron los siguientes resultados de correlación(Cuadro 44):

Se observó que el carácter rendimiento de grano tuvo una correlación positiva y altamente significativa con la longitud de panoja, días a madurez fisiológica y altura de la planta. Presentó, también, corelación positiva y significativa con las características días a floración y

Cuadro 42. Grado de sanidad observada en los híbridos originados considerando cada línea R como progenitor común.

R - 1		R - 2		R - 3	
A - 1	3 †	A - 1	3	A - 1	1
A - 2	3	A - 2	2	A - 2	1
A - 3	3	A - 3	1	A - 3	1
A - 4	3	A - 4	3	A - 4	1
A - 5	3	A - 5	2	A - 5	0
A - 6	3	A - 6	3	A - 6	1
R - 4		**R - 5**		**R - 6**	
A - 1	3	A - 1	3	A - 1	2
A - 2	3	A - 2	2	A - 2	2
A - 3	3	A - 3	3	A - 3	2
A - 4	3	A - 4	3	A - 4	3
A - 5	3	A - 5	3	A - 5	2
A - 6	3	A - 6	3	A - 6	3
R - 7		**R - 8**		**R - 9**	
A - 1	2	A - 1	3	A - 1	0
A - 2	2	A - 2	2	A - 2	0
A - 3	2	A - 3	2	A - 3	0
A - 4	3	A - 4	3	A - 4	1
A - 5	2	A - 5	2	A - 5	0
A - 6	3	A - 6	3	A - 6	1

† : Basado en un promedio de tres repeticiones.

Clasificación de sanidad: 0= Muy baja; 1= Baja; 2= Buena; 3= Alta.

Cuadro 43. Grado de sanidad observada en los híbridos originados, considerando cada línea A como progenitor común.

A - 1		A - 2		A - 3	
R - 1	3	R - 1	3	R - 1	3
R - 2	3	R - 2	2	R - 2	1
R - 3	1	R - 3	1	R - 3	1
R - 4	3	R - 4	3	R - 4	3
R - 5	3	R - 5	2	R - 5	3
R - 6	2	R - 6	2	R - 6	2
R - 7	2	R - 7	2	R - 7	2
R - 8	3	R - 8	2	R - 8	2
R - 9	0	R - 9	0	R - 9	0
A - 4		A - 5		A - 6	
R - 1	3	R - 1	3	R - 1	3
R - 2	3	R - 2	2	R - 2	3
R - 3	1	R - 3	0	R - 3	1
R - 4	3	R - 4	3	R - 4	3
R - 5	3	R - 5	3	R - 5	3
R - 6	3	R - 6	2	R - 6	3
R - 7	3	R - 7	2	R - 7	3
R - 8	3	R - 8	2	R - 8	3
R - 9	1	R - 9	0	R - 9	1

+ : Basado en un promedio de tres repeticiones.

Clasificación de sanidad: 0= Muy baja; 1= Baja; 2= Buena; 3= Alta.

Cuadro 44. Coeficientes de correlación y significancia estadística para las variables estudiadas en los híbridos originados.

CARACTER		X05	X06	X07	X08	X09	X10
X04 Rend.,de grano	(a)	N.S.	++	+	++	++	+
	(b)	-.10	.52	.16	.28	.30	.18
X05 Long.,de excersión			++	++	N.S.	++	++
			-.35	.28	-.02	.38	-.30
X06 Long.,de panoja				N.S.	++	++	++
				-.08	.27	.42	.37
X07 Dias a floración					++	+	N.S.
					.34	.19	-.02
X08 Madurez fisiológica						++	N.S.
						.20	.14
X09 Altura de planta							N.S.
							.12
X10 Perímetro de tallo							***
							1.0

a: Significancia de correlación(+= significativa; ++= muy significativa).

b: Coeficiente de correlación.

perímetro del tallo; sin embargo no presentó correlación significativa con la excersión, la cual tuvo una correlación positiva y altamente significativa con los caracteres días a floración y altura de la planta, en tanto que con las variables longitud de panoja y perímetro del tallo, el coeficiente de correlación resultó negativo y altamente significativo. No hubo asociación significativa con el número de días a madurez fisiológica.

El número de días a floración, presentó un coeficiente de correlación positivo y altamente significativo con días a madurez fisiológica; en tanto que para altura de planta fue positivo y significativo. El perímetro de tallo no expresó asociación significativa con el número de días a floración.

Los días a madurez fisiológica presentaron un coeficiente de correlación positivo, altamente significativo, con el carácter altura de planta; mientras que el perímetro del tallo no estuvo asociado significativamente con el carácter mencionado.

La correlación entre los caracteres altura de planta y perímetro del tallo no fue significativa.

En los análisis de correlación entre líneas progenitoras(promedio entre ambas para una característica determinada) y sus progenies, se obtuvo lo siguiente(Cuadro 45):

a).- Para el carácter rendimiento de grano no se presentó una correlación significativa entre promedio de las líneas progenitoras con respecto a sus progenies.

b).- No existe una relación significativa entre la longitud de

Cuadro 45. Coeficientes de correlación entre líneas progenitoras (promedio entre ambas) con respecto a sus progenies para las variables rendimiento de grano, longitud de panoja y altura de planta.

VARIABLES	COEFICIENTES DE CORRELACION	
Rendimiento de grano	0.1902	N.S.
Longitud de panoja	0.0695	N.S.
Altura de planta	0.5539	**

N.S.= No significativa.

* = Significativa

** = Altamente significativa.

panoja en los híbridos obtenidos, con respecto al promedio de las líneas progenitoras para el mismo carácter.

c).- Para el carácter altura de planta, sí se presentó una relación altamente significativa entre los híbridos y el promedio de los progenitores involucrados en cada cruzamiento; por tanto se procedió a realizar un análisis de regresión para estimar un intervalo de confianza, para dicha característica, en los híbridos, dados los valores de altura de planta en los progenitores. Se encontró que por cada centímetro que se incrementa el promedio de altura de las líneas progenitoras, dentro de ciertos límites, la altura de los híbridos se incrementará entre 0.36 y 0.87 centímetros. Su notación estadística resultó la siguiente:

$$P(0.3568726 < B1 < 0.8671150) = 0.95$$

Lo cual significa que podemos asegurar con un 95 % de confianza que por cada unidad de incremento en la variable independiente(altura de planta de promedio de las dos líneas progenitoras) la variable dependiente(altura de híbridos) se incrementará en el intervalo señalado para B1.

Los datos utilizados en las estimaciones de correlación para las tres variables anteriores aparecen en el Cuadro 3 del apéndice

La ecuación de regresión lineal simple que representa el modelo del comportamiento de la progenie($\bar{Y}$) con respecto al promedio entre sus progenitores(X) es la siguiente :

$$Yi = Bo + B1Xi$$ donde:

Yi= observación de la i-ésima progenie,

Bo y B1 representan los coeficientes de regresión.

Xi= observación de la i-ésima media para el carácter altura de planta resultante de los dos progenitores.

En consecuencia, acomodando los valores estimados dentro del modelo se obtiene:

$$Yi = 47.59105 + 0.6119938Xi$$

El análisis de varianza para regresión lineal simple se presenta en el Cuadro 46.

4.6 Regresión lineal múltiple.

En el análisis de regresión lineal múltiple se consideró al rendimiento de grano como variable dependiente y al resto de variables en estudio como variables independientes; encontrándose que las variables que explican más directamente el rendimiento de grano(por presentar significancia estadistica) son la longitud de panoja y los días a floración. En consecuencia, la ecuación de ajuste lineal que puede considerarse como mecanismo de predicción es la siguiente:

$$Yi = Bo + B1X6i + B2X7i + Ei$$ donde:

Yi= comportamiento del i-ésimo híbrido para el carácter rendimiento de grano

X6i= longitud de panoja del i-ésimo híbrido.

X7i= días a floración del i-ésimo híbrido.

Cuadro 46. Análisis de varianza de la regresión progenitor medio <> progenie, para el carácter altura de planta.

F.VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft(.05	.01)
Regresión	1	3178.9	3178.9	23.01 ++	4.0	7.2
Residual	52	7181.6	138.11			
Total	53	10360.5				

$R^2 = 0.31$

n= 54 Ho: B1= 0

G.L.Residual= n-2

++= Altamente significativa.

Bo= -64.755239; B1= 1.4599039 y B2= 0.94808338, representan los coeficientes de regresión los que sustituyéndolos en el modelo múltiple de regresión se obtiene :

$$Yi = -64.755239 + 1.4599039X6i + 0.94808338X7i + Ei$$

4.7 Heterosis y heterobeltiosis.

En el Cuadro 47 se observa que las combinaciones híbridas con efectos de heterosis más importantes(considerando un efecto mínimo de 20%) para el carácter longitud de panoja fueron: A-1 x R-5; A-2 x R-9; A-3 x R-4; A-4 x R-1 y A-6 x R-6. Consecuentemente los efectos de heterobeltiosis se expresaron en los híbridos de mayores efectos de heterosis (aunque el porcentaje de incremento es menor).

Para el carácter rendimiento de grano, Cuadro 48,se obtuvo que los híbridos de mayores efectos de heterosis fueron:A-2 x R-1; A-4 x R-7; A-2 x R-8 y A-2 x R-9; esto considerando un efecto mínimo de 80%. La heterobeltiosis se expresa en los mismos híbridos pero con efectos más reducidos.

En el Cuadro 49 , se observa que los híbridos de mayor efecto heterótico para el carácter altura de planta(considerando un efecto mínimo de 30%) fueron: A-1 x R-5; A-2 x R-9; A-3 x R-4; A-4 x R-1; A-5 x R-7 y A-6 x R-6. Estos mismos , consecuentemente son los de mayor efecto heterobeltiótico.

Cuadro 47. Efectos de heterosis obtenidos en el carácter longitud de panoja para las combinaciones híbridas A;R.

L I N E A S - A

LINEAS - R		1	2	3	4	5	6
1	*=	04.01	07.81	00.00	24.58	00.00	00.00
2		03.46	00.00	00.00	11.06	00.00	00.00
3		00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00
4		00.00	00.00	20.95	03.28	00.00	00.00
5		30.41	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00
6		00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	29.92
7		07.05	00.00	00.00	00.00	16.72	00.50
8		00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	02.70
9		00.00	26.76	00.00	00.00	00.00	00.00

*= Efecto de visor híbrido o heterosis.

heterosis= ((F1 - P.M.)/ P.M.) x 100 donde:

P.M.= (Ai+RJ)/2 = Promedio del carácter entre ambos progenitores.

F1= Expresión de la cruza de los progenitores = Ai x RJ

para i= 1, 2, ..., 6 y J= 1, 2, ..., 9

Cuadro 48. Efectos de heterosis obtenidos para el carácter rendimiento de grano en las combinaciones híbridas A x R.

L I N E A S - A

LINEAS - R		1	2	3	4	5	6
1	*=	00.00	171.00	18.20	39.29	07.06	07.51
2		00.00	005.71	05.86	64.63	00.00	65.81
3		23.76	046.73	00.00	00.00	00.00	32.87
4		00.00	036.69	63.21	70.57	11.28	06.96
5		05.61	116.71	00.00	159.4	00.00	00.00
6		11.56	000.00	00.00	23.88	00.00	31.46
7		00.00	030.92	44.74	155.2	00.00	05.13
8		00.00	082.61	20.54	079.0	00.00	64.82
9		00.00	084.69	24.89	00.00	00.00	05.93

*= Efecto de vigor híbrido o heterosis.

Heterosis= ((F1 - P.M.)/P.M.) x 100 donde:

P.M.= (Ai + Rj) / 2 = Promedio del carácter entre ambos progenitores.

F1= Expresión de la cruza de los progenitores = Ai + Rj

para i= 1, 2, ..., 6 y j= 1, 2, ..., 9

Cuadro 49. Efectos de heterosis obtenidos para el carácter altura de planta en las combinaciones híbridas A x R.

L I N E A S - A

LINEAS - R	1	2	3	4	5	6
1	*= 24.59	19.46	00.00	72.69	09,57	07.04
2	07.77	00.24	02.25	25.89	02.57	15.43
3	18.97	00.00	03.72	02.83	17.98	08.87
4	18.88	14.23	49.62	22.25	17.28	00.00
5	37.66	11.05	00.00	23.42	00.00	01.58
6	03.66	14.59	08.81	07.00	07.46	36.24
7	00.00	18.27	06.22	19.06	52.39	09.46
8	00.00	14.31	06.27	29.02	12.09	07.17
9	00.00	43.76	04.82	15.26	01.68	13.92

*= Efecto de visor híbrido o heterosis.

Heterosis= ((F1 - P.M.) / P.M.) x 100 donde:

P.M.= (Ai + Rj) / 2 = Promedio del carácter entre ambos progenitores.

F1= Expresión de la cruza de los progenitores = Ai x Rj.

para i= 1, 2, ..., 6 y j= 1, 2, ..., 9

4.8 Componentes de varianza.

En el Cuadro 50, se observa que para el carácter días a flor la mayor aportación a la varianza genética total fue debida a la varianza entre hembras(σ^2_h); en tanto que para longitud de panoja la mayor aportación se derivó de la varianza de interacción (σ^2_{hm}) de hembras con machos. Para altura de planta, la mayor componente de varianza fue también la referida a la varianza de interacción.

Cuadro 50. Componentes de variación para los caracteres días a floración, longitud de panoja y altura de planta.

VARIABLES	σ^2_h +	σ^2_m +	σ^2_{hm} ++
Días a flor	1.59	-0.15	1.54
Longitud de panoja	1.03	-1.08	3.26
Altura de planta	39.07	-8.22	120.10

5. D I S C U S I O N

De acuerdo a los resultados se observó que el comportamiento de las líneas A sobre los híbridos formados, se modificó al cambiar el progenitor masculino(línea R) con el cual se hicieron los cruzamientos. Ello indica que los efectos de las líneas R interaccionan sobre el comportamiento de las líneas A; por lo tanto, las diferencias, en una característica determinada, que presentan los híbridos resultantes de combinar las líneas A con cada progenitor masculino, son debidas a la variación que presentan éstas últimas con respecto a la aptitud combinatoria general(ACG) y aptitud combinatoria específica(ACE). Las líneas A pueden variar en las características de ACG y ACE; pero cambian igual para todas las líneas R, de tal manera que la variación obtenida en los híbridos es consecuencia de las diferencias de las líneas progenitoras masculinas en su valor de combinación.

Algunas líneas R acentúan las diferencias entre las líneas A; mientras que otras solamente provocan una variación pequeña y estadísticamente no significativa. Ello puede explicarse bajo la consideración de que la interacción de las líneas A sobre una determinada línea R en particular, provoca que las diferencias genéticas que realmente existen, para un carácter cualquiera, no se manifiesten claramente; es decir, las diferencias en ACG y ACE de las líneas A se expresan más perfectamente en algunas líneas R, mientras que en las demás las diferencias no son significativas. Puede suponerse que cuando las líneas R poseen una alta frecuencia de genes favorables para una característica específica, los efectos de las líneas A sobre los híbridos formados, serán influenciados

por la interacción con el progenitor masculino o línea R, de tal manera que los híbridos tenderán a expresarse de manera semejante(Estrada, 1975). Por ejemplo, si la línea R-1 presentara una alta frecuencia de genes favorables, aunque las líneas A pueden variar en su constitución genética, la expresión de un carácter tenderá a ser semejante en todos los híbridos formados. En tanto que si la misma línea presentara alta frecuencia de genes desfavorables, los resultados variarán más significativamente debido a las diferencias que presentan las líneas A en cuanto a frecuencia de genes ya sean favorables o desfavorables.

El error experimental también contribuye en la menor o mayor variación existente entre los híbridos obtenidos. Es importante considerar ésta posibilidad; ya que puede incluso llegar a encubrir la manifestación de genes para características dominantes favorables.

5.1 Consideraciones respecto a la comparación de líneas A y R en base a efectos principales.

De las características analizadas y que presentaron diferencias significativas en base a efectos principales de líneas A y R, fueron la altura de planta, longitud de panoja y días a floración.

En la comparación de promedios de líneas A para el carácter altura de planta, la línea A-1 no presentó efectos de aptitud combinatoria general significativos y debido a que éste presenta alta asociación con rendimiento, no es recomendable utilizarla en un proceso de hibridación, sin antes considerar otras características convenientes para las cuales sí presente, dicha línea, buena ACG y ACE.

Con respecto a la comparación de las líneas R para el carácter altura de planta, las líneas que no presentaron buena ACG para dicha característica fueron la R-7; R-5 y R-8. Estas líneas pueden presentar mejores valores de combinación para otras características tales como la longitud de la panoja y días a floración, que también tienen altos coeficientes de correlación con rendimiento de grano y por tanto es necesario considerar todas las posibilidades de utilizarlas antes de decidir no emplearlas en un proceso de formación de híbridos.

Para el carácter longitud de panoja, la línea con menor valor combinatorio resultaró ser: la A-5. En tanto que la de mayor ACG (valor combinatorio) fue la A-6.

De la misma manera que para las líneas A, con respecto al carácter longitud de panoja, las líneas R no seleccionadas pueden poseer otro tipo de características deseables y con buena aptitud combinatoria, lo cual se aconseja que se deban examinar de manera más general antes de decidir no utilizarlas en cruzamientos definitivos para formar híbridos altamente productivos. La línea R de mejor ACG fue la R-4.

En la selección de líneas A y R para el carácter días a floración, se consideró que la aptitud combinatoria de las líneas era más favorable mientras menor fuera el número de días a floración. Esto sobre la base de tener materiales con mayor precocidad; lo cual representa una ventaja considerando regiones donde el ciclo de desarrollo se ve influenciado por factores climáticos que inhiben la plena adaptación de híbridos con ciclos de desarrollo más largos. Las líneas seleccionadas ba-

jo este criterio fueron la A-1 y A-5.

Para las zonas donde los factores ambientales no influyen negativamente,en el ciclo de desarrollo de las plantas, podría ser deseable el tener variedades con ciclo más largo; sobre todo considerando que la experiencia señala que el rendimiento de grano puede ser alto en algunos materiales o variedades tardíos.

De adoptarse el criterio de que la transmisión de un mayor número de días a floración(altamente correlacionado con madurez fisiológica) representa un mejor valor de la capacidad de combinación de una línea A o R, entonces las mejores líneas A serían la A-2; A-3; A-4 y A-6, en tanto que las mejores líneas R serían la R-5; R-8; R-3 y R-6.

En relación a los caracteres que no tuvieron significancia estadística en efectos principales, se consideró una comparación de referencia para identificar el valor combinatorio de las líneas A y R. En este caso, al igual que en aquel donde sí hubo significancia estadística no debe descartarse la importancia del valor de la varianza de combinación de los progenitores; de tal manera que aunque un progenitor tenga el promedio de combinación más alto, podría no ser el más adecuado en seleccionarse porque su promedio puede ser consecuencia de efectos altos de ACE aislados, que deben considerarse como tales, y que contribuyen a elevar el promedio general de combinación que podría ser de tendencia baja o media.

El valor de combinación óptimo es, en consecuencia, cuando asume un valor alto y su varianza es pequeña o tiende a ello; aunque en general efectos aislados de ACE tanto altos como bajos, pueden interpre-

tarse como contribuciones mayores o menores a la ACG.

5.2 Comparación de combinaciones híbridas.

Para el caracter altura de planta, la mejor combinación híbrida fue la identificada como el híbrido 54, el cual está formado por la cruza entre las líneas A6 y R9, que están clasificadas como de alta ACG. En consecuencia se justifica el que dicho híbrido haya resultado de alta expresión del carácter; ya que el mismo contribuyó, independientemente del predominio de acción génica, a definir el valor de ACG de sus progenitores, sin embargo en dicha cruza podrían predominar los efectos génicos aditivos.

En longitud de la panoja, el híbrido superior fue el 51 que involucra a las líneas A6 y R6. Esta combinación híbrida podría presentar efectos génicos no aditivos tan importantes como los aditivos;ya que como se mencionó,la línea A6 es de alta ACG, mientras que la R6 es de las líneas de ACG relativamente baja.

En días a floración, las mejores combinaciones híbridas fueron las resultantes de los híbridos siguientes: 17(A2xR8); 32(A4xR5); y 16(A2xR7). Aquí, en los dos primeros podrían predominar efectos génicos aditivos; ya que los progenitores involucrados son de alta ACG. En el tercer híbrido son importantes, además los efectos génicos de naturaleza no aditiva, pues en cuanto a ACG, la línea A2 es de las superiores,mientras que la R7 es de las más bajas. Esto considerando ciclo tardío como el óptimo.

En los caracteres rendimiento de grano, perímetro de tallo y longitud de excersión no se hicieron comparaciones por efectos principales(no hubo significancia estadística); pero sí se consideraron sus promedios en base a los cuales se hizo referencia para discutir el comportamiento de las combinaciones híbridas en dicho carácter.

Para el carácter rendimiento de grano, el híbrido de mayor expresión fue el resultante de la cruza entre los progenitores A2 y R1 identificado como híbrido 10. Sin embargo, los híbridos restantes presentan valores, que son estadísticamente equivalentes , con excepción del 41 que involucra a las líneas A5 y R5. En el primer híbrido mencionado, podrían haberse presentado importantes efectos aditivos; ya que ambas líneas presentaron promedios de combinación altos. En tanto que en el segundo, la traducción, por encima de lo que podría esperarse dada la condición baja de ACG de los progenitores, de efectos génicos no aditivos en la expresión híbrida es baja.

En el carácter longitud de excersión, el híbrido de mayor expresión fue el 47, integrado por las líneas A6 y R2. La primera de alta ACG en tanto que en la segunda es relativamente alta. En consecuencia la expresión de la cruza puede presentar en mayor parte efectos génicos aditivos.

Para perímetro de tallo, el híbrido más sobresaliente fue el derivado por la cruza entre la línea A4 y la R3. Estas dos líneas también son de alta ACG y por lo tanto una acción génica aditiva podría ser más importante que la de naturaleza no aditiva en la determinación del carácter mencionado.

5.3 Comportamiento de las líneas A en una línea R fija y viceversa para el carácter rendimiento de grano.

En la comparación de líneas R con una línea A fija, para el carácter rendimiento de grano, se encontró que la línea A-4, clasificada como de bajo rendimiento, presentó el mejor valor de combinación. Este resultado comprueba la teoría de la heterocigosis(considerando que la mayoría de las líneas R son de alto rendimiento), la cual afirma que mientras más divergencia genética exista entre los progenitores involucrados en la hibridación, mayor será la expresión del vigor híbrido en la progenie.

Las líneas A-2 y A-6, también de bajo rendimiento, produjeron los mayores valores de combinación en sus cruzas con todas las líneas R.

De la comparación de líneas A en una línea R fija, para el carácter rendimiento de grano se obtuvo que la línea R-4, clasificada como de alto rendimiento, originó en sus combinaciones híbridas con las líneas A, el mayor valor total de rendimiento de grano; en tanto que la línea R-7, también de alto rendimiento, produjo el menor valor total en cruzamientos con todas las líneas A. Considerando que ambas líneas R están clasificadas como de alto rendimiento y que son las mismas líneas A con las cuales se cruzaron, las diferencias encontradas en el valor total de rendimiento de grano para las dos series de combinaciones híbridas, pueden explicarse bajo la consideración de que el progenitor R-4 presenta la mejor aptitud combinatoria general(alta expresión de sus e-

fectos génicos aditivos en la progenie que origina) y en consecuencia tiene una mayor capacidad de transmitir características deseables a su descendencia(Paz, Molina y Bucio, 1973). El comportamiento de los híbridos también pudo ser influido por efectos de ACE y ambientales; es decir, los efectos producidos por su interacción con un progenitor de alto rendimiento pudieron haber sido inhibidos tanto genéticamente por efectos de epistásis, como por el medio ambiente provocando que híbridos superiores no se expresaran plenamente y en cambio beneficiando a los que sin tener gran potencial de rendimiento, pero que por estar colocados en condiciones óptimas para el desarrollo, presentaron un rendimiento semejante a los primeros.

De otros resultados se deriva que para cualquir línea A o R, si alguna de ellas presenta factores dominantes favorables, para rendimiento, independientemente del genotipo de las líneas con las cuales se hagan los cruzamientos, originará híbridos que tenderán a rendir de manera semejante. Esta suposición se observó en la comparación de líneas R en una línea A fija; donde las líneas A que presentaron combinaciones híbridas en forma semejante, al cruzarse con todas las líneas R, fueron: las líneas A-1 y A-5; las cuales están clasificadas como de alto rendimiento y en consecuencia es de esperarse que tengan alta frecuencia de genes favorables para el rendimiento de grano. Sin embarso las líneas A-4 y A-6 (bajo rendimiento) originaron progenies muy semejantes. Con respecto a las líneas R, todas las clasificadas como de alto rendimiento presentaron en sus combinaciones híbridas con las líneas A un comportamiento semejante; entre ellas solamente las progenies de los cruzamientos de la línea R-1 con las líneas A, tuvieron un cierto grado de variación aunque no muy importante.

Cuando una determinada línea A o R tenga alta frecuencia de genes desfavorables para rendimiento de grano, es de esperarse que sus combinaciones híbridas expresen una mayor variabilidad al efectuar los cruzamientos con líneas que tengan diferencias en factores dominantes o recesivos para la característica analizada. Esta afirmación se comprueba en los resultados obtenidos a partir de las líneas A-2 y A-3 que siendo de bajo rendimiento, originaron combinaciones con una mayor variabilidad entre los híbridos de cada una de ellas con las líneas R; ello puede explicarse sobre la base de las diferencias entre las líneas R con las cuales se hacen los cruzamientos, ya que algunas son de alto y otras de bajo rendimiento.

Las líneas A-4 y A-6 originaron en sus combinaciones híbridas con todas la líneas R un comportamiento semejante entre ellas; siendo estas líneas clasificadas como de bajo rendimiento, era de esperarse el obtener diferencias significativas entre los híbridos; sin embargo no sucedió así, no obstante las diferencias entre las líneas R. La diferencia podría ser explicada considerando efectos de aptitud combinatoria específica.

Las líneas R clasificadas como de bajo rendimiento son la R-3; R-6 y R-9. De ellas, ninguna originó, en combinaciones con todas las líneas A, diferencias significativas como consecuencia de su cruzamiento con todas las líneas A, las cuales varían en su constitución genética para este carácter. Dichas líneas tuvieron un comportamiento semejante en cada grupo de combinaciones híbridas originadas con las líneas A, no obstante ser de bajo rendimiento. El grado de influencia del ambiente, así como también efectos génicos con tipo de ac-

ción epistática pueden explicar la no concordancia de los resultados esperados; es decir, progenies altamente rendidoras descendientes ya sea de progenitores con rendimientos elevados(genes dominantes favorables complementarios), o bien de progenitores con diferencias genéticas considerables inductores de efectos heteróticos y progenies poco productivas descendientes de progenitores con bajo potencial genético.

5.4 Comparación de líneas A en una línea R fija o viceversa para cualquier carácter estudiado.

En general, de la misma manera que para el rendimiento de grano, para cualquier característica analizada, cuando las combinaciones híbridas de, por ejemplo, una determinada línea A presentan gran variabilidad, podría suponerse que dicha línea androestéril es de baja frecuencia de genes favorables para el carácter estudiado, lo cual provoca mayores diferencias considerando que las líneas R, con las cuales se hacen los cruzamientos pueden presentar alta o baja frecuencia de genes favorables. Por el contrario cuando existe poca o nula variación, la explicación probable sería aquella basada en que la línea A, como progenitor común, presenta alta frecuencia de genes favorables y en consecuencia, independientemente de la condición favorable o desfavorable de las líneas R los híbridos resultantes tenderán a presentar una mayor uniformidad, al compararlos entre sí con respecto a un carácter específico (Paz, Molina y Bucio, 1973).

5.5 Análisis de Correlación.

El rendimiento potencial de grano es una consecuencia de la estructura específica de los caracteres agronómicos de la planta. Por tanto, mediante la identificación de caracteres correlacionados con el rendimiento de grano, es posible conseguir incrementos sustanciales en la producción de grano mediante la selección de líneas progenitoras que conocida su herencia en la progenie híbrida, exprese una mejor estructura vegetal, propia de un mayor rendimiento de grano.

La identificación de los caracteres correlacionados con el rendimiento de grano, se justifica por la intención de incorporar a las líneas progenitoras seleccionadas(en base a su ACG y ACE) un carácter todavía más adecuado, dada su influencia en la manifestación de la heterosis en la progenie híbrida; es decir, si se sabe que un carácter específico guarda una relación positiva con el rendimiento de grano, entonces debe considerarse la posibilidad de conseguir un grado óptimo del mismo durante el proceso de formación de las líneas progenitoras, con el fin de aumentar aún más la capacidad de inducir vigor o heterosis en la progenie híbrida.

Durante el proceso de formación de líneas progenitoras debe considerarse que durante la selección de líneas en base a un carácter específico, puede estarse también seleccionando por lo menos otro carácter asociado; de tal manera que mientras el primero puede guardar una correlación positiva con el rendimieto de grano, el segundo puede presentar una correlación negativa con el mismo. La expresión de dichos efectos se extendería a la progenie híbrida; produciéndose una disminuci-

ón del rendimiento tal que el incremento probable, dados ciertos caracteres, sería no muy significativo. Ello debido a la mayor influencia del carácter correlacionado negativamente(seleccionado de manera indirecta) con rendimiento de grano, en comparación con el carácter que aunque correlacionado positivamente con el rendimiento, su influencia sobre el mismo es menos notoria.

Las correlaciones, considerando las conclusiones derivadas sobre el rendimiento, fueron las siguientes:

Rendimiento de grano con excersión.

La relación entre la excersión y el rendimiento de grano resultó no significativa; ello indica que el rendimiento de grano no se verá afectado con las posibles variaciones en el carácter excersión; es decir, no están relacionados directamente. Aunque una mínima o nula excersión pudiera significar la disminución del rendimiento potencial determinado por los caracteres que sí están altamente correlacionados con rendimiento, ello sería consecuencia tan solo con la presencia de un microambiente inadecuado para el normal funcionamiento de los procesos fisiológicos(propiciado por la nula excersión) determinantes de la formación de grano.

Rendimiento de grano con longitud de panoja.

La relación entre la longitud de la panoja y el rendimiento de grano resultó altamente significativo; lo cual es explicable debido a

que las panojas de mayor longitud tenderán a presentar un mayor número de espiguillas las cuales originarán mayor cantidad de grano.

Rendimiento de grano con días a floración.

El grado de asociación entre los caracteres rendimiento de grano y días a floración resultó significativo, con un coeficiente de correlación positivo.

Sobre la base de que un mayor número de días a floración representa un período mayor de metabolismo vegetal, puede esperarse un incremento en el rendimiento de grano al aumentar el ciclo de desarrollo.

Rendimiento de grano con altura de planta.

La relación entre el rendimiento de grano y la altura de la planta resultó altamente significativa y positiva; mientras mayor sea la altura de la planta mayor será la longitud de la panoja, lo cual se traduce en una mayor posibilidad de originar alto rendimiento de grano(efecto indirecto).

Rendimiento de grano con perímetro de tallo.

El carácter perímetro de tallo presenta una relación positiva y significativa con el rendimiento de grano; ello puede explicarse sobre la base de una acción indirecta; ya que el perímetro de tallo está asociado positiva y altamente significativa con la longitud de la panoja.

Correlación entre las variables excersión, longitud de panoja y altura de planta.

La excersión presenta un coeficiente de correlación negativo y altamente significativo con el carácter longitud de la panoja; en tanto que con el carácter altura de planta el coeficiente resultó positivo y altamente significativo. La longitud de la panoja está correlacionada de manera positiva y altamente significativa con la altura de la planta.

Estos resultados indican que en caso de seleccionarse un determinado tipo de línea en base a la altura de las plantas, teniendo como finalidad el incremento de la producción de grano considerando la correlación positiva y significativa con la longitud de la panoja; pero sin tomar en cuenta una correlación positivamente significativa entre la altura de la planta y la longitud de la excersión la cual presenta una correlación negativa y altamente significativa con la longitud de la panoja, debe tenerse presente que la selección de líneas en base al carácter altura de planta debe considerar el grado de influencia negativa sobre el rendimiento del carácter seleccionado indirectamente como consecuencia de la selección del carácter considerado como referencia en el mejoramiento.

Correlación de promedio de progenitores con respecto a su progenie.

Con el propósito de determinar la relación entre las características observadas en las líneas progenitoras con respecto a la progenie originada, se efectuaron los análisis para estimar correlación

progenitores - progenie. Esta intención se justifica por la probabilidad de determinar el grado en que puede predecirse el comportamiento de la progenie híbrida a través del comportamiento de las líneas progenitoras. Los resultados obtenidos muestran que el único correlacionado significativamente entre las dos poblaciones estudiadas(promedio de ambos progenitores A, R y los híbridos originados) resultó ser la altura de la planta. Ello indica que la altura de las líneas progenitoras utilizadas en los cruzamientos puede servir como referencia de lo que puede esperarse en la progenie híbrida; de tal manera que, considerando también las correlaciones en la población híbrida para todos los caracteres, puede elaborarse una metodología de formación o adecuación de líneas progenitoras tratando de conseguir una estructura vegetal óptima propia de altos rendimientos de grano.

5.6 Análisis de Regresión.

La importancia de la regresión radica en que sus resultados indican el camino a seguir para incrementar el rendimiento de grano a través del mejoramiento directo de un carácter específico. El análisis de regresión realizado señala que las variables más relacionadas con el rendimiento de grano en los híbridos experimentales fueron la longitud de panoja y los días a floración. En consecuencia la mejor ecuación para poder acercarnos más a un mecanismo de predicción más acertado, es aquella que incluya los efectos de las dos variables independientes en la determinación del rendimiento de grano.

Si se utilizara una ecuación de regresión lineal simple para

cada variable independiente, los efectos no considerados de una de ellas originaría desviaciones más acentuadas de los valores observados con respecto a los esperados según una ecuación de regresión lineal simple para la variable independiente incluida en la regresión; de tal manera que las diferencias no determinadas se incluirían en el error experimental:

$$Yi = Bo + B1X1i + (Ei = B2X2i + Ei)$$

Considerando los efectos de las dos variables correlacionadas con el rendimiento de grano, la ecuación de regresión lineal múltiple es la siguiente:

$$Yi = Bo + B1X6i + B2X7i + Ei$$

Sustituyendo los valores de los coeficientes de regresión se tiene:

$$Yi = -64.755 + 1.4599X6i + 0.9480X7i + Ei$$

Dicho modelo indica que por cada unidad de incremento en el carácter longitud de panoja(X6), el rendimiento se aumentará en aproximadamente 1.46 unidades; en tanto que el aumento será de 0.95 unidades por cada día de incremento en el período de floración(X7). En consecuencia, con éstos datos puede emprenderse un proceso de formación de líneas que considere como base de selección dichos caracteres, así como también su expresión en la progenie híbrida(ACG y ACE); ya que en general, en

ésta población estudiada, los mejores híbridos serán aquellos que presenten una longitud de pancja considerable y un ciclo de desarrollo más bien largo.

5.7 Efectos de heterosis.

De la comparación de los híbridos originados de los cruzamientos, con respecto al promedio de los progenitores involucrados,se observa en general :

a).- Las líneas progenitoras con mayor media de un carácter,tienden a originar híbridos con mayor vigor;aunque el incremento con respecto al progenitor medio no sea muy significativo.

b).-En otros híbridos,la heterosis es significativa pero la medida del carácter en tales híbridos no es muy alta,por consecuencia ,no es recomendable hacer comparaciones en base a la heterosis para propósito de aplicación práctica. Por lo anterior la heterosis solamente nos puede servir como referencia del vigor híbrido manifestado en una determinada combinación híbrida (ACE),lo importante es referirse a un testigo híbrido.

c).- Algunos híbridos presentan alta expresividad del carácter y alto porcentaje de incremento con respecto al progenitor medio,siendo los progenitores diferentes significativamente. Si los progenitores son de orígen diferente, esto podría explicarse sobre la base de la hipótesis propuesta por East y Shull en 1908,la cual afirma que mientras más divergentes genéticamente sean los progenitores,el vigor híbrido variará en igual sentido ; es decir, existe una relación directa

entre la divergencia genética y la heterosis.

Se tuvieron también altos porcentajes de incremento respecto al promedio de los progenitores para algunos de los caracteres considerados, excepto para longitud de panoja, cuando las líneas progenitoras presentaban el carácter también en menor intensidad ; en este caso es posible considerar que el ambiente pudo influir de manera tal que un progenitor sobresaliente no se expresara completamente, mientras que el otro progenitor con menos potencial, pero que por estar en un medio más favorable, presentara el carácter con un valor mayor. También tal respuesta pudo deberse a la complementariedad genética entre ambos progenitores, esto es que ambas fueran de alta ACG.

5.8 Componentes de Varianza.

El análisis de cruzas simples o dialelos representa un criterio más para elegir el método de mejoramiento más adecuado susceptible de aplicarse en un cultivo dado; ya que nos permite descomponer la varianza genética total en varianza aditiva(ACG) y varianza de dominancia (ACE) y en consecuencia precisar el tipo de acción génica que controla los caracteres evaluados.

En el presente trabajo se estimaron los componentes de variación para hembras ($\sigma^2 h$), machos($\sigma^2 m$) y para su interacción ($\sigma^2 hm$), observándose que para el carácter días a floración la mayor aportación a la varianza genética total es debida a los efectos aditivos de los genes en las hembras o líneas A($\sigma^2 h$=1.59). Esto nos indica que para seleccionar genotipos sobresalientes es necesario realizar cruzamientos para posteriormente seleccionar en las progenies tipos segregantes para carácter mencionado.

Para el carácter longitud de panoja la componente de varianza más considerable (3.26) resultó ser la debida a efectos de dominancia, es decir, efectos de interacción A;R ($\sigma^2 hm$). Este resultado sugiere la explotación del carácter a través de la formación de híbridos; ya que está determinado por efectos de condición génica de dominancia. En consecuencia es necesario identificar las mejores progenies híbridas y clasificarlas por orden de expresión heterótica; de ésta manera se determinará qué progenies híbridas presentan los más altos valores de ACE.

En el carácter altura de planta la componente de varianza más considerable (120.1) fue también consecuencia de interacción; aunque la

relativa a los efectos aditivos debidos a líneas A también es bastante importante(39.07); por lo tanto este carácter puede tomarse como base en la formación de variedades de polinización libre(selección de segregantes) o bien en la formación de híbridos (efectos de heterosis).

6. C O N C L U S I O N E S

6.1 Estimación de aptitud combinatoria general(ACG).

En general se observa que las líneas A-2 y A-6 coinciden en su alto valor combinatorio para los caracteres altura de planta y longitud de panoja. En relación a precocidad, la línea A-1 puede seleccionarse como inductora de ciclo corto; ya que el promedio de sus combinaciones fue el menor.

Con respecto a las líneas R, la R-1; R-2 y R-4 mantienen su alto valor combinatorio en altura de planta y longitud de panoja.

6.2 Estimación de aptitud combinatoria especifica(ACE).

Las mejores combinaciones híbridas fueron las resultantes de las cruzas de A-6 x R-9, para altura de planta; A-6 x R-6, para longitud de panoja y A-5 x R-7 para días a floración; observándose que la línea A-6 mantiene su alto valor combinatorio tanto para el carácter altura de planta como para longitud de panoja.

Con respecto a rendimiento de grano concluimos que, como en el ANVA (Parc.Divididas) no se detectó diferencia estadistica significativa, para dicho carácter, no existen diferencias en ACG y ACE para las líneas A, R.

6.3 Efectos de Heterosis.

Para el carácter longitud de panoja, los híbridos A-1 x R-5; A-2 x R-9 y A-6 x R-6 no solamente manifiestan el carácter con mayor magnitud, sino que también están clasificados dentro de los que presentan los mayores efectos de heterosis.

En rendimiento de grano, los híbridos A-2 x R-1 y A-2 x R-3 están dentro de los híbridos con mayor expresión del carácter. Aunque el efecto de heterosis del segundo híbrido fue considerable, no lo fue tanto como el observado por el primero.

Para altura de planta los híbridos que presentan los mayores efectos de heterosis son los resultantes de las cruzas A-4 x R-1; A-5 x R-7; A-3 x R-4 ; A-2 x R-9 ; A-1 x R-5 y A-6 x R-6. No obstante que el híbrido A-6 x R-9 fue el de mayor expresión del carácter, se ubicó dentro de los que observaron el menor efecto de heterosis.

6.4 Análisis de Correlación.

De los caracteres considerados en el análisis de correlación los que resultaron correlacionados más significativamente con rendimiento de grano fueron la longitud de panoja y altura de planta.

En los análisis de correlación entre líneas progenitoras(promedio entre ambas para una característica determinada) y sus progenies se obtuvo que de los caracteres considerados en ésta estimación(rendimiento de grano, longitud de panoja y altura de planta), solamente la altura de planta presentó una relación altamente significativa entre los híbridos y el promedio de los progenitores.

6.5 Análisis de Regresión.

Del análisis de regresión múltiple realizado se concluye que las variables que explican más directamente el rendimiento son el carácter longitud de panoja y el número de días a floración; en consecuencia, considerando el rango de variación encontrado en los híbridos originados para tales variables, las mejores combinaciones híbridas serán aquellas que presenten longitud de panoja más bien larga y un periodo de floración también bastante considerable (extremos superiores en los rangos de ambas variables).

6.6 Conclusiones Generales.

Los objetivos básicos propuestos en el presente trabajo son:

a).- Seleccionar líneas A y R de sorgo para grano en base a su ACG y ACE.

b).- Identificar aquellas progenies híbridas con alta heterosis, resultantes de cruzamientos entre progenitores genéticamente diferentes (contrastantes en la expresión de un carácter en particular).

Con respecto al primer objetivo, las líneas A y R sobresalientes se mencionaron en el punto 6.1 ; en tanto que para el segundo objetivo, el punto 6.3 presenta la información pertinente.

8. BIBLIOGRAFIA

Allard, R.W. 1975. Principios de la mejora genética de las plantas. Segunda edición.Editorial Omega, S.A. Barcelona, España.

Barajas, L.M. 1977. Estudio de 63 híbridos de sorgo para grano (Sorghum vulgare P.). Tesis de Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.

Brauer, H.O. 1969. Fitogenética aplicada. Primera edición. Editorial Limusa, S.A. México, D.F. 432 p; 373.

Brewbaker, James L. 1967. Genética agrícola. Editorial UTEHA.México, D.F. 79 p.

Castillo, G.F. 1980. El rendimiento de grano en sorgo (Sorghum bicolor L. Moench), su relación con los períodos del desarrollo y otros caracteres. Efectos de aptitud combinatoria. Tesis de maestría rama de genética. Colegio de Postgraduados de Chapingo, México.

De la Loma, J.L. 1973. Genética general y aplicada. Tercera Edición. Editorial UTEHA. México, D.F. pp 410-411 ;407 p;416 p; 408 409 p; 413 p.

Estrada, A. G., y Angeles A., H. H. 1975. Estimación de la aptitud combinatoria de líneas A y R de Sorghum bicolor (L.) Moench. Agrociencia 21:77-89.

Gardner, E. J. 1971. Principios de Genética. Tercera reimpresión. Editorial Limusa, S.A. México 1, D.F. 463 p.

Galarza, M.S. 1973. Estudio comparativo entre la prueba de líneas per-se y la prueba de mestizos para evaluar ACG de líneas S1 de maíz (Zea mays L.). Tesis de maestría rama de genética. Colegio de Postgraduados de Chapingo, México. Agrociencia 11:127-139.

House, Leland R. 1982. El sorgo. Guía para su mejoramiento genético Universidad Autónoma de Chapingo. Grupo Editorial Gaceta, S.A. 246 p.

Paz, R, J. 1973. Variedades de bajo rendimiento contra variedades de alto rendimiento como probadores para medir la ACG de líneas autofecundadas de maíz. Tesis de maestría en rama de genética Colegio de Postgraduados de Chapingo, México. Agrociencia 11: 43-55.

Luna, M. F. Comparación de métodos para evaluar ACG de líneas de maíz(Zea mayz L.), en relación al tamaño de muestra del probador. Tesis de maestría rama de genética. Colegio de Postgraduados de Chapiso, México . Agrociencia 11: 29-41.

Poehlman, J.M. 1965. Mejoramiento genético de las cosechas. Primera edición. Editorial Limusa, S.A. México, D.F. 312 p; 77 p; 76 p.

Posada, G.F., Martínez, G.S.A., Pérez, G.R., Zavala, H.H., Torres, O. A., Guerra, C., F.J. 1980. Informe de actividades de investigación del Proyecto de Mejoramiento de Maíz Frijol y Sorgo para las partes bajas del Estado de Nuevo León. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Monterrey, N.L.

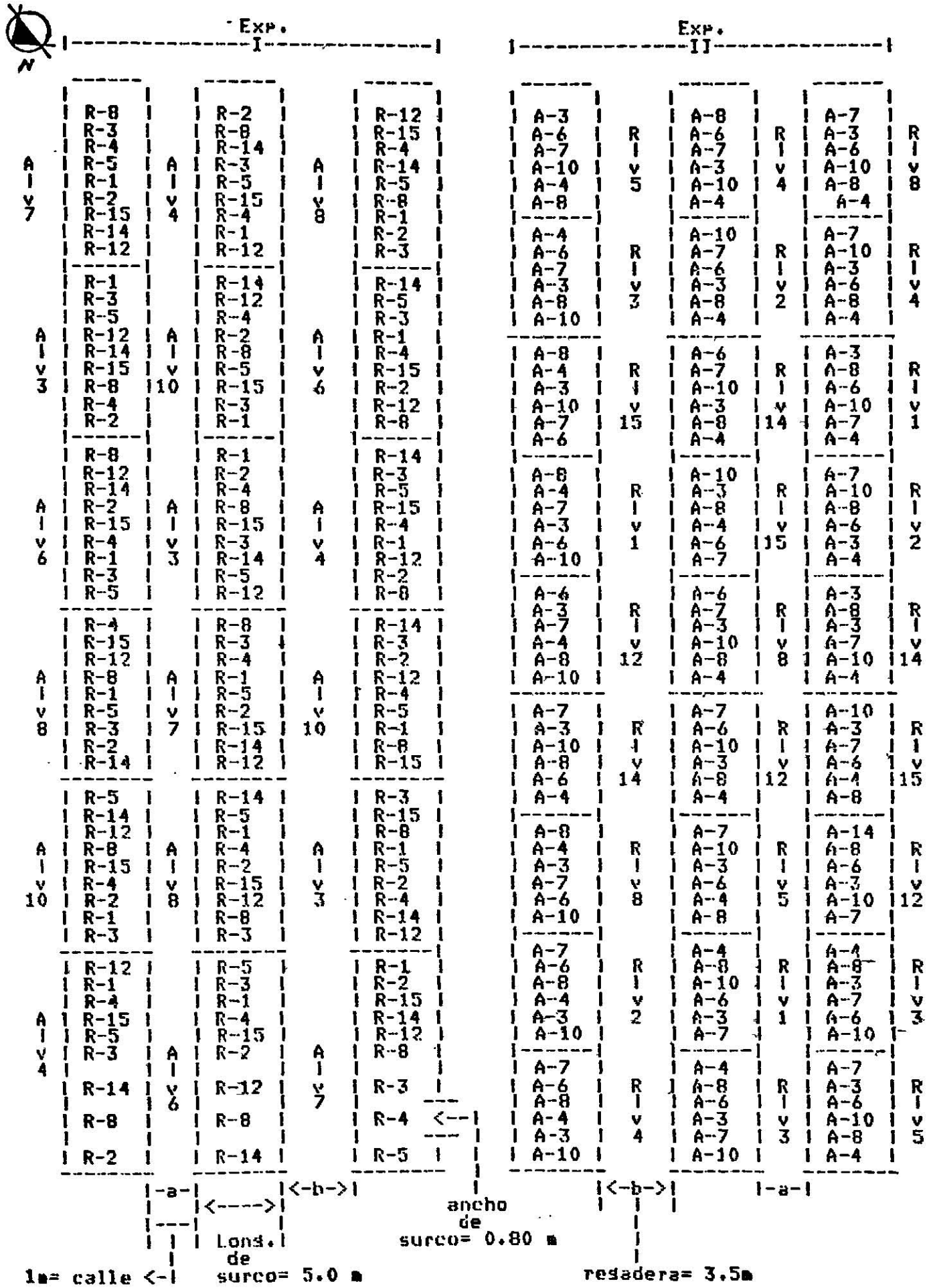
Ramos, T.U. 1970. Evaluación de dos métodos de emasculación masiva en sorgo para grano (Sorghum vulgare P.). Tesis de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.

Santos, E.A. 1978. Identificación de líneas mantenedoras y restauradoras de la androfertilidad y observación de líneas e híbridos de sorgo. Tesis de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.

I

A P E N D I C E

Esquema 1. Distribución de tratamientos por unidad experimental(croquis).



Cuadro 1. Resultados promedios de todas las combinaciones híbridas originadas a partir de una determinada línea A fija ($\bar{x}$ de Rep.).

A - 1

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Rend.Grano	18.4	23.3	16.7	18.0	22.4	17.4	14.6	24.1	14.5
Excersión	7.4	9.8	20.1	14.4	6.8	11.1	10.3	9.8	13.5
Long.Panoja	26.7	25.4	17.1	23.0	26.6	20.9	25.5	21.5	14.8
Días a flor	56.0	56.0	58.0	56.0	55.0	56.0	54.7	55.3	57.3
Mad.Fisiológica	116.7	117.0	117.0	117.0	116.3	117.7	117.7	116.3	116.0
Altura de planta	110.0	106.2	085.2	089.2	090.8	081.3	084.8	077.9	065.1
Perímetro tallo	4.2	4.7	4.3	3.9	4.0	3.4	3.5	3.3	3.3

A - 2

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Rend.Grano	41.9	25.2	34.3	21.9	23.6	19.1	16.3	16.1	30.5
Excersión	18.2	15.3	7.9	19.3	16.9	21.6	18.2	19.7	11.7
Long.Panoja	25.0	21.0	24.3	23.1	21.8	21.1	20.0	20.0	26.0
Días a flor	59.3	59.0	58.3	59.0	61.3	59.7	62.0	61.7	58.7
Mad.Fisiológica	118.3	118.3	118.0	118.7	119.0	118.0	119.0	117.3	119.3
Altura de planta	110.3	106.4	104.2	119.1	106.4	132.8	105.1	101.7	119.8
Perímetro tallo	3.7	3.6	3.9	4.5	3.5	3.5	3.5	3.4	4.0

A - 3

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Rend.Grano	13.6	27.6	28.6	31.4	19.7	12.8	21.9	16.4	23.3
Excersión	18.9	7.1	15.7	14.6	13.4	20.4	17.3	13.9	15.6
Long.Panoja	17.2	25.1	22.8	25.4	19.2	19.3	18.6	22.8	24.0
Días a flor	60.0	58.3	57.3	57.0	58.7	58.3	60.3	61.0	56.3
Mad.Fisiológica	118.7	118.0	117.0	118.7	117.3	117.3	118.3	118.3	118.0
Altura de planta	90.2	110.1	97.9	127.6	100.9	128.2	96.5	103.9	111.4
Perímetro tallo	3.1	4.0	3.9	4.2	3.5	3.6	3.6	3.5	4.0

Continúa cuadro 1.

A - 4

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Rend.Grano	24.1	26.7	20.5	28.6	30.2	29.9	24.4	23.6	21.4
Excersión	18.6	17.8	10.7	12.7	12.3	9.8	20.0	18.3	21.9
Long.Panoja	24.6	24.9	22.9	23.9	23.7	23.7	17.2	19.2	19.0
Días a flor	57.3	57.7	58.0	58.7	62.0	58.3	58.7	59.0	57.7
Mad.Fisológica	117.7	118.3	118.7	120.0	119.3	118.0	117.3	117.0	117.0
Altura de planta	121.2	99.8	95.6	111.4	102.1	99.0	90.3	97.7	118.4
Perímetro tallo	4.2	3.7	6.1	3.7	3.6	3.7	3.6	3.3	3.4

A - 5

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Rend.Grano	29.7	15.5	14.7	17.0	11.5	14.6	20.5	19.3	16.0
Excersión	9.3	18.7	17.6	18.3	16.0	17.1	14.3	15.8	14.7
Long.Panoja	23.2	21.5	20.5	19.5	14.5	13.7	22.9	21.2	19.4
Días a flor	56.3	55.3	58.0	58.3	57.3	57.3	55.3	55.7	58.0
Mad.Fisológica	117.0	117.7	117.3	116.7	116.7	117.0	116.0	117.0	117.3
Altura de planta	110.2	101.7	130.7	106.4	93.6	90.0	119.2	97.8	102.7
Perímetro tallo	3.8	3.7	4.1	3.3	3.5	3.6	3.5	3.6	3.5

A - 6

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Rend.Grano	18.2	22.0	20.4	29.8	25.2	27.6	21.5	32.8	26.8
Excersión	21.2	22.3	14.5	9.3	16.2	18.5	19.4	16.7	18.7
Long.Panoja	18.8	19.9	23.9	25.5	23.4	26.8	24.2	23.9	24.4
Días a flor	58.3	58.7	60.7	57.3	58.3	59.0	56.0	58.3	59.0
Mad.Fisológica	116.7	117.7	117.0	117.7	118.3	116.7	117.3	118.0	116.7
Altura de planta	97.7	105.5	107.0	102.3	110.3	116.8	116.8	101.6	134.8
Perímetro tallo	3.4	3.6	4.0	4.7	4.1	5.1	3.9	4.2	4.3

Cuadro 2. Denominación convencional y original de los híbridos originados en la estimación de la ACG y ACE de líneas A y R de sorgo para grano.

Núm. Híbrido	Denominación convencional	Denominación original
1	A1 x R1	A04 x R02
2	A1 x R2	A04 x R08
3	A1 x R3	A04 x R14
4	A1 x R4	A04 x R03
5	A1 x R5	A04 x R05
6	A1 x R6	A04 x R15
7	A1 x R7	A04 x R04
8	A1 x R8	A04 x R01
9	A1 x R9	A04 x R12
10	A2 x R1	A10 x R02
11	A2 x R2	A10 x R08
12	A2 x R3	A10 x R14
13	A2 x R4	A10 x R03
14	A2 x R5	A10 x R05
15	A2 x R6	A10 x R15
16	A2 x R7	A10 x R04
17	A2 x R8	A10 x R01
18	A2 x R9	A10 x R12
19	A3 x R1	A08 x R02
20	A3 x R2	A08 x R08
21	A3 x R3	A08 x R14
22	A3 x R4	A08 x R03
23	A3 x R5	A08 x R05
24	A3 x R6	A08 x R15
25	A3 x R7	A08 x R04
26	A3 x R8	A08 x R01
27	A3 x R9	A08 x R12
28	A4 x R1	A06 x R02
29	A4 x R2	A06 x R08
30	A4 x R3	A06 x R14
31	A4 x R4	A06 x R03
32	A4 x R5	A06 x R05
33	A4 x R6	A06 x R15
34	A4 x R7	A06 x R04
35	A4 x R8	A06 x R01
36	A4 x R9	A06 x R12
37	A5 x R1	A03 x R02
38	A5 x R2	A03 x R08
39	A5 x R3	A03 x R14
40	A5 x R4	A03 x R03
41	A5 x R5	A03 x R05
42	A5 x R6	A03 x R15
43	A5 x R7	A03 x R04
44	A5 x R8	A03 x R01
45	A5 x R9	A03 x R12
46	A6 x R1	A07 x R02
47	A6 x R2	A07 x R08
48	A6 x R3	A07 x R14
49	A6 x R4	A07 x R03
50	A6 x R5	A07 x R05
51	A6 x R6	A07 x R15
52	A6 x R7	A07 x R04
53	A6 x R8	A07 x R01
54	A6 x R9	A07 x R12

Cuadro 3. Datos utilizados en el análisis de correlación entre líneas progenitoras(promedio entre ambas) y sus progenies para los caracteres rendimiento de grano, longitud de panoja y altura de planta.

# Hib.	RENDIMIENTO DE GRANO		LONGITUD DE PANOJA		ALTURA DE PLANTA	
	Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi
01	28.09	18.43	25.67	26.70	088.31	110.03
02	25.52	23.33	24.55	25.40	098.51	106.17
03	13.47	16.67	22.57	17.13	071.59	085.17
04	20.12	17.97	23.07	23.00	075.01	089.17
05	21.21	22.40	20.42	26.63	065.96	090.80
06	15.57	17.37	26.72	20.93	078.46	081.33
07	20.67	14.60	23.82	25.50	086.91	084.77
08	28.49	24.10	24.67	21.50	088.76	077.90
09	17.12	14.47	22.72	14.83	071.51	065.10
10	15.45	41.87	23.16	24.97	092.36	110.33
11	23.81	25.17	24.76	21.00	106.11	106.37
12	23.41	34.35	25.76	24.33	105.66	104.20
13	16.00	21.87	23.91	23.10	104.26	119.10
14	10.89	23.60	26.81	21.83	095.81	106.40
15	20.85	19.13	24.64	21.13	115.86	132.77
16	12.45	16.30	22.81	20.03	088.86	105.10
17	08.80	16.07	22.66	19.97	088.94	101.67
18	16.53	30.53	20.51	26.00	083.31	119.77
19	11.48	13.57	23.15	17.20	090.92	090.17
20	26.10	27.63	26.25	25.10	107.65	110.07
21	29.83	28.57	23.65	22.77	094.35	097.86
22	19.22	31.37	21.00	25.40	085.30	127.63
23	26.50	19.73	25.25	19.20	108.10	100.93
24	23.53	12.63	25.12	19.33	117.85	128.23
25	15.13	21.90	23.30	18.63	090.85	096.50
26	13.58	16.37	27.30	22.83	097.80	103.93
27	18.68	23.33	24.40	24.03	106.25	111.37
28	17.28	24.07	19.77	24.63	070.20	121.23
29	16.20	26.67	22.42	24.90	079.25	099.77
30	24.56	20.53	24.02	22.93	093.00	095.63
31	16.75	28.57	23.17	23.93	091.15	111.43
32	11.64	30.21	26.07	23.70	082.70	102.07
33	24.16	29.93	25.02	23.67	092.55	099.03
34	09.55	24.37	21.92	17.20	075.82	090.27
35	13.20	23.63	22.07	19.23	075.75	097.73
36	21.60	21.43	23.90	18.97	102.75	118.43
37	27.77	29.73	24.87	23.20	100.55	110.17
38	20.36	15.53	23.02	21.47	099.15	101.70
39	25.21	14.70	23.75	20.53	110.75	130.67
40	15.25	16.97	25.92	19.53	090.70	106.37
41	13.16	11.47	23.02	14.53	099.15	093.60
42	16.81	14.60	21.92	13.73	083.75	090.00
43	20.89	20.47	19.62	22.90	078.20	119.17
44	19.81	19.27	22.27	21.20	087.25	097.80
45	28.17	16.00	23.87	19.37	101.00	102.70
46	16.90	18.17	22.95	18.77	091.30	097.73
47	13.25	21.97	22.80	19.87	091.37	105.47
48	15.34	20.37	26.95	23.90	098.25	106.97
49	27.86	29.80	25.90	25.50	108.10	102.33
50	28.26	25.23	24.90	23.43	108.55	110.27
51	20.98	27.58	20.65	26.83	085.75	116.83
52	20.45	21.50	24.05	24.17	106.70	116.80
53	19.90	32.80	23.30	23.93	094.80	101.60
54	25.30	26.80	24.77	24.40	118.30	134.77

09959