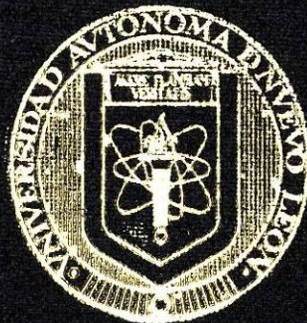


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



ENSAYOS EN GENERACIONES TEMPRANAS DE SORGO  
[Sorghum bicolor (L.) Moench] PARA PREDICCIÓN  
DEL VALOR SELECTIVO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

RODOLFO PALACIOS VALDEZ

MARIN, N. L.

JUNIO DE 1989

040.633  
FA 16  
1989  
C. 5

T

SB235

P3

c.1



1080062702

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE AGRONOMÍA



ENSAYOS EN GENERACIONES TEMPRANAS DE SORGO  
[*Sorghum bicolor* (L.) Moench] PARA PREDICCIÓN  
DEL VALOR SELECTIVO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

RODOLFO PALACIOS VALDEZ

MARIN, N. IL.

JUNIO DE 1989

09890

T  
SB 235  
P3

040.633  
FA 16  
1989  
c.5



F.tesis

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

T E S I S

ENSAYOS EN GENERACIONES TEMPRANAS DE  
SORGO [Sorghum bicolor (L.) Moench]  
PARA PREDICION DEL VALOR SELECTIVO.

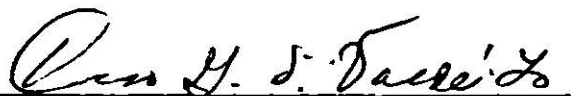
Elaborada por:

RODOLFO PALACIOS VALDEZ

Aceptada y aprobada como requisito parcial  
para optar por el título de:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

Comité supervisor de tesis:

  
Ph.D. Ciro G.S. Valdés Lozano

  
Ing. M.C. Mautilio Martínez Rodríguez

  
Ing. M.C. José Elías Treviño Ramírez

## DEDICATORIA

### A DIOS:

Por haberme permitido la dicha de ver realizada una meta más en mi vida.

### A MIS PADRES:

Sr. Margarito Palacios Herrera  
Sra. María Elida Valdez de Palacios

A ellos mi eterno agradecimiento por haber cultivado con amor, sacrificio y esfuerzo, la herencia más grande que se puede desear, mi educación.

Les dedico con todo mi cariño el fruto de lo que una vez sembraron con ilusión y humildad, y que ahora es una realidad, la culminación de mi carrera profesional.

### A MIS HERMANOS:

Héctor Antonio  
Juan Horacio y Angélica  
Nancy Margarita  
René  
Ricardo  
Hugo

Por el apoyo y ayuda que me han brindado en todo momento y por compartir conmigo los buenos y malos momentos de nuestra vida.

### A MI SOBRINA:

Nancy Ludyvina

Con cariño.

A LAS FAMILIAS:

Palacios López

Valdez Reséndiz

A quienes agradezco las muestras de cariño y de apoyo que siempre han tenido para conmigo.

A LA MEMORIA DE:

Sergio Román García E. (Q.E.P.D.)

Intrañable amigo y compañero de estudios.

A MIS TIOS(AS) Y PRIMOS(AS).



## AGRADECIMIENTOS

Al Ph.D. Ciro G.S. Valdés Lozano

Por su acertada asesoría, dirección y orientación para la realización del presente estudio.

Al Ing. M.C. Maurilio Martínez Rodríguez

Por su significativa revisión, crítica y valiosas sugerencias en la realización del presente escrito.

Al Ing. M.C. José Elías Treviño Ramírez

Por su valiosa participación en la revisión del presente trabajo.

Al personal que labora en el Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo, en especial a:

Ing. Marco Antonio Rivera Pérez

Ing. Nora Estela García Treviño

Por su valiosa colaboración en la realización del trabajo de campo del presente estudio.

Al Ing. Daniel Becerra García

Por su gran ayuda para la realización del análisis estadístico del presente trabajo.

A todas las personas que de una u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo.

A LA SRITA:

Ing. Gloria M. Estrella Salazar

Por su invaluable apoyo y estímulo que siempre tuvo en todo momento, pero sobre todo por su valiosa y gran amistad compartida durante todo este tiempo de nuestra formación profesional.

A LOS INGENIEROS AGRONOMOS FITOTECNISTAS, AMIGOS Y COMPAÑEROS DE ESTUDIOS:

César S., Juan José C., Eduardo Fdz., Juan R., Roberto P., Enrique L., Juan José R., Héctor A., Daniel A., Gabino N., Amalio C., Baltazar A., Roberto C., Fco. Tomás G., Luis P.

Con quienes tuve la suerte de convivir durante nuestra estancia en la FAUANL, pero sobre todo por las muestras de compañerismo y de amistad que tuvieron para conmigo.

A LOS INTEGRANTES DEL GRUPO S.R. DE LA GENERACION 83-87 DE INGENIEROS AGRONOMOS FITOTECNISTAS:

José M., Felipe L., Humberto A., Juvel S., Rafael M., Jesús R., Ramón R., Juan C., Enrique G., Jorge R., Fernando T., Juan José G., José Luis I., Arturo I.

A todos mil gracias.

# INDICE GENERAL

	Página
INDICE DE CUADROS DEL APENDICE.....	i
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCION.....	1
II. LITERATURA REVISADA.....	4
2.1. Mejoramiento genético del sorgo.....	4
2.2. Métodos de mejoramiento para la formación de líneas puras en sorgo.....	4
2.2.1. Métodos convencionales.....	5
2.2.2. Métodos poblacionales.....	8
2.3. Hibridación.....	9
2.4. Trabajos de selección en sorgo en la FAUANL <sup>1</sup> .....	10
2.5. Importancia y antecedentes de las pruebas tempranas..	13
2.6. Objetivos particulares.....	21
III. MATERIALES Y METODOS.....	22
3.1. Ubicación del sitio experimental.....	22
3.2. Clima de la región.....	22
3.3. Materiales.....	23
3.3.1. Material biológico.....	23
3.3.2. Material no biológico.....	24
3.4. Métodos.....	24

---

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León

3.4.1. Siembra y diseño experimental.....	24
3.4.2. Avance genealógico de las familias.....	25
3.4.3. Selección visual en las familias.....	25
3.4.4. Cosecha del material experimental.....	26
3.4.5. Variables de estudio.....	27
3.4.6. Análisis estadístico.....	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	31
4.1. Avance genealógico de $F_1$ a la generación $F_5$ .....	31
4.1.1. Formación de familias $F_2$ .....	31
4.1.2. Formación de familias $F_3$ .....	32
4.1.3. Formación de familias $F_4$ .....	34
4.1.4. Formación de familias $F_5$ .....	35
4.1.5. Síntesis del avance genealógico de $F_1$ a $F_5$ ...	36
4.2. Identificación de familias $F_3$ de rendimiento alto...	37
4.2.1. Capacidad de rendimiento por parcela de cada familia $F_3$ respecto a un testigo.....	37
4.2.2. Capacidad de rendimiento por parcela entre grupos de familias $F_3$ emparentadas.....	41
4.3. Efectividad de la selección visual para rendimiento en las familias $F_3$ .....	46
4.4. Relación del ciclo vegetativo por familia $F_3$ con el rendimiento y el número de selecciones.....	49
4.4.1. Correlación del ciclo vegetativo con el rendimiento por familia $F_3$ .....	49
4.4.2. Correlación del ciclo vegetativo con el número	

	Página
ro de selecciones por familia $F_3$ .....	51
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
VI. BIBLIOGRAFIA CITADA.....	55
VII. APENDICE.....	60

## INDICE DE CUADROS DEL APENDICE

Cuadro		Página
1	Distribución de las 199 familias $F_3$ de sorgo en los 20 ensayos establecidos durante el ciclo tardío de 1987 en Marín, N.L. Prueba temprana en familias $F_3$ de sorgo para predicción del valor selectivo.....	61
2	Comportamiento fenotípico de los 95 Híbridos Experimentales de Sorgo (HES) establecidos durante el ciclo tardío de 1986 en Marín, N.L. Prueba temprana en familias $F_3$ de sorgo para predicción del valor selectivo.....	63
3	Relación entre las familias $F_2$ y el número de selecciones aportadas a la generación $F_3$ durante el ciclo temprano de 1987 en Marín, N.L. Prueba temprana en familias $F_3$ de sorgo para predicción del valor selectivo.....	64
4	Relación entre las familias $F_3$ y el número de selecciones que derivaron a la generación $F_4$ . Prueba temprana en familias $F_3$ de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío de 1987.	65
5	Relación entre el número de familias $F_3$ y el número de selecciones que derivaron a la generación $F_4$ . Prueba temprana en familias $F_3$ de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío de 1987.....	67
6	Síntesis del proceso de avance genealógico de $F_1$ a $F_5$ . Prueba temprana en familias $F_3$ de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío de 1987.....	67

7	Síntesis del análisis de covarianza para la variable rendimiento de grano por parcela (g) en cada uno de los 20 ensayos. Prueba temprana en familias $F_3$ de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío de 1987.....	68
8	Resultados de la prueba comparativa de medias (DMS) para la variable rendimiento de grano por parcela (g) en cada uno de los 20 ensayos. Prueba temprana en familias $F_3$ de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío de 1987.....	69
9	Familias $F_3$ identificadas como superiores en base a su capacidad de rendimiento por parcela y en base a una presión de selección (p) del 10, 20 y 30%. Prueba temprana en familias $F_3$ de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío de 1987.....	71
10	Análisis de covarianza para la variable rendimiento de grano por parcela (g) entre grupos de familias $F_3$ emparentadas. Prueba temprana en familias $F_3$ de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío de 1987.....	72
11	Resultados de la prueba comparativa de medias (DMS) para la variable rendimiento de grano por parcela (g) entre grupos de familias $F_3$ emparentadas. Prueba temprana en familias $F_3$ de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío de 1987.....	73

12	Familias $F_3$ emparentadas e identificadas como superiores en base a su capacidad de rendimiento promedio por parcela y en base a una presión de selección (p) del 10, 20 y 30%. Prueba temprana en familias $F_3$ de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío de 1987.....	74
13	Coeficientes de correlación para cada uno de los 20 ensayos entre el número de selecciones aportadas y el rendimiento de grano por familia $F_3$ , en base a tres criterios establecidos. Prueba temprana en familias $F_3$ de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío de 1987.....	75
14	Coeficientes de correlación entre el ciclo vegetativo con el rendimiento por parcela por familia $F_3$ , para cada uno de los 20 ensayos. Prueba temprana en familias $F_3$ de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío de 1987.....	76
15	Coeficientes de correlación entre el ciclo vegetativo con el número de selecciones por familia $F_3$ , para cada uno de los 20 ensayos. Prueba temprana en familias $F_3$ de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío de 1987.....	76



## RESUMEN

El presente estudio se realizó durante el ciclo tardío de 1987 (Agosto 5 a Diciembre 5) en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, localizado en el Municipio de Marín, N.L.

El objetivo general de este estudio fue la evaluación temprana de 199 familias  $F_3$  de sorgo, con el propósito de predecir con su rendimiento el potencial genético para generar líneas puras superiores en generaciones avanzadas.

Además, se plantearon los objetivos particulares siguientes: a) avanzar genealógicamente las familias  $F_3$  a la generación  $F_4$ , b) identificar a las familias  $F_3$  de rendimiento alto en base a dos criterios: capacidad de rendimiento por parcela de cada familia  $F_3$  respecto a un testigo y capacidad de rendimiento por parcela entre grupos de familias  $F_3$  emparentadas, c) determinar la efectividad de la selección visual para rendimiento en las familias  $F_3$  y d) determinar si el ciclo vegetativo de las familias  $F_3$  sesgó la selección visual.

Las 199 familias  $F_3$  se evaluaron bajo el diseño de Bloques al Azar con dos repeticiones, las cuales se dividieron en grupos de 10 más el híbrido Master 911R como testigo, formándose un total de 20 ensayos, 19 con 11 tratamientos y uno con 10 tratamientos. Cada tratamiento quedó dispuesto en parcelas de un surco de 5 m de largo por 0.8 m entre surcos.

El avance genealógico de las familias  $F_3$  a la generación  $F_4$  se efectuó

bajo el esquema del método genealógico; en donde, de las 199 familias  $F_3$  evaluadas, solamente 136 familias  $F_3$  aportaron al menos una selección a  $F_4$  y 63 familias  $F_3$  no aportaron ninguna selección a  $F_4$ , generándose un total de 363 selecciones que dieron origen a familias  $F_4$ .

De los 20 ensayos establecidos 16 reportaron diferencias significativas entre las familias  $F_3$  en cuanto a su capacidad de rendimiento de grano por parcela, en tanto que en los cuatro ensayos restantes no se reportaron diferencias estadísticas para la variable en cuestión.

Es así como bajo el supuesto de que familias  $F_3$  de rendimiento alto tendrán un mayor potencial para producir líneas puras superiores en generaciones avanzadas, se identificaron a las familias  $F_3$  de rendimiento alto en base a una presión de selección del 10, 20 y 30% y en base a los dos criterios antes mencionados; identificando para el primer criterio a las 20, 40, y 60 familias  $F_3$  mejores, de las cuales se derivaron en conjunto 81, 141, y 177 selecciones para  $F_4$ , y para el segundo criterio se identificaron a las 23, 44 y 62 familias  $F_3$  mejores, de las cuales se derivaron un total de 79, 131 y 175 selecciones para  $F_4$ , respectivamente.

La selección visual para rendimiento basada sobre el comportamiento fenotípico de las familias  $F_3$  resultó confiable para identificar a las familias  $F_3$  de comportamiento mejor para rendimiento, en donde las familias  $F_3$  de rendimiento alto fueron de las que se derivaron visualmente una cantidad mayor de selecciones para la generación  $F_4$ .

No fue significativa la tendencia de un sesgo de la selección visual debido al ciclo vegetativo de las familias  $F_3$ , aunque las familias  $F_3$  de ciclo tardío fueron las que relativamente rindieron más y además, fueron de

las que relativamente se derivaron una cantidad mas grande de selecciones para la generaci3n  $F_4$ . Sin embargo, en siete ensayos se observaron correlaciones negativas entre rendimiento de grano y ciclo vegetativo, lo que podr3a indicar que en las familias  $F_3$  involucradas pudieran obtenerse l3neas puras precoces y de rendimiento alto.

Finalmente, para definir si la predicci3n establecida en el presente estudio es v3lida, se deber3 avanzar geneal3gicamente todas las selecciones derivadas de las familias  $F_3$  hasta llegar a la formaci3n y evaluaci3n de l3neas puras en generaciones avanzadas y definir si aquellas de rendimiento mayor provienen de familias  $F_3$  de rendimiento alto.

## ABSTRACT

In order to advance generations, to identify high grain yield per plot  $F_3$  families and high grain yield related  $F_3$  families, to determine individual visual selection effectiveness for high grain yield and late flowering vias upon individual visual selection, 199  $F_3$  sorghum families were divided in 19 sets of ten, one of nine, and for each set a hybrid check (Master 911) was included in 20 randomized complete block experiments. They were planted in August 5th, 1987, under irrigation at the Experimental Station "Marín" of the Agronomy School of the Nuevo Leon State Autonomous University in Marín, N.L. Mexico. Pedigree method was used to advance generations and only 136 out of 199  $F_3$  families yielded at least one selected plant to make 363  $F_4$  families. By using 10%, 20% and 30% selection pressures, 20, 40 and 60 high grain per plot yield  $F_3$  families produced 81, 141 and 171  $F_4$  selections respectively. Under the same selection pressures, 23, 44 and 62 high grain per plot yield related  $F_3$  families were identified and each set gave 79, 131 and 175  $F_4$  selections. Since the largest number of  $F_4$  selections were made within the highest grain per plot yield (related or not)  $F_3$  families it may be concluded that individual visual selection for high grain yield was effective. However, since late flowering  $F_3$  families showed high grain yield and high number of  $F_4$  selections a late flowering vias upon visual selection was considered but it was not present. However, in seven experiments negative correlations between grain yield and late flowering were detected, so this may indicate that selection for high yield and earliness would be possible. A final evidence that high grain yield  $F_3$  families have a high selective value is expected if high grain yield pure lines are selected from such  $F_3$  families.

## I. INTRODUCCION

El sorgo para grano [Sorghum bicolor (L.) Moench] es un cultivo que ha adquirido una gran importancia económica y social, tanto a nivel mundial como nacional. Se encuentra entre los cinco cereales más importantes del mundo junto con el trigo, arroz, maíz y cebada (Wall y Ross, 1975). Actualmente, en México ocupa el tercer lugar en superficie de siembra después del maíz y el frijol, así como el segundo lugar en producción solamente después del maíz (Vega, 1984).

Debido a que el sorgo para grano es un cultivo que se adapta a condiciones ecológicas y edáficas muy diversas, su cultivo se ha extendido prácticamente a todos los Estados de la República; las entidades federativas más importantes en superficie de siembra y en producción de grano son Tamaulipas, Guanajuato, Jalisco, Michoacan y Sinaloa (Vega, 1984).

La importancia relevante que ha adquirido el sorgo granífero en el país, se debe principalmente a la creciente demanda de éste por parte de la industria pecuaria en la elaboración de alimentos balanceados, por su utilización en varias industrias no alimenticias y recientemente por su uso en la alimentación humana, aunque por ahora sea en pequeña escala. Todo esto, aunado a los bajos costos del cultivo, a sus rendimientos buenos y a sus atractivos precios en el mercado, han originado perspectivas mayores a su cultivo en las diferentes regiones agrícolas potencialmente susceptibles de producir sorgo para grano.

A la fecha, las necesidades de semilla mejorada de sorgo en México, son cubiertas en un 90% por compañías privadas de origen extranjero y el

10% restante por compañías de origen nacional, lo cual representa una desventaja para la economía nacional, dada la fuga de divisas. Por lo tanto, se justifica el continuar e incrementar la investigación y el mejoramiento del cultivo en instituciones netamente nacionales y así disminuir la dependencia tecnológica a este respecto.

El Programa de Sorgo, del Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo (PMMFS) de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL), lleva a cabo trabajos de investigación en mejoramiento genético del cultivo tendientes a obtener, entre otras cosas, líneas puras que una vez comprobada su calidad comercial competitiva pueden ser liberadas a corto plazo como variedades de polinización libre, o bien, ser utilizadas como progenitores potenciales de nuevos híbridos experimentales, que de ser superiores podrán distribuirse entre los agricultores de Nuevo León.

Durante el proceso de formación de las líneas puras, los métodos de mejoramiento comúnmente utilizados son el genealógico y el masivo. En el primero, el más común, la selección visual juega un papel importante para identificar a las plantas superiores en rendimiento y demás caracteres agronómicos de importancia; sin embargo, la cantidad de plantas seleccionadas durante las generaciones en segregación es considerablemente grande y no todas generarán líneas puras superiores en generaciones avanzadas. Esto origina un incremento de los recursos humanos y económicos para llevar a cabo el desarrollo del trabajo de selección en forma oportuna y adecuada.

Por lo anterior, se ha considerado conveniente realizar estimaciones tempranas del potencial de rendimiento de familias  $F_3$  de sorgo, como una

base para eliminar radicalmente a las familias  $F_3$  de rendimiento bajo y poner una atención mayor a las familias  $F_3$  más sobresalientes.

A esta estimación se le denomina Prueba Temprana y se asume que puede aumentar la probabilidad de que las selecciones derivadas bajo este criterio de selección, generen líneas puras superiores en generaciones avanzadas y a la vez se reduzca el volúmen del material que se maneja, y por tanto de trabajo, lo cual representa un ahorro significativo en los recursos del programa de mejoramiento.

El objetivo general del presente estudio fue la evaluación temprana de 199 familias  $F_3$  de sorgo, desarrolladas por el Programa de Sorgo del PMMFS, con el propósito de predecir con su rendimiento el potencial genético para generar líneas puras superiores en generaciones avanzadas.

## II. LITERATURA REVISADA

### 2.1. Mejoramiento genético del sorgo

El propósito que persiguen la mayoría de los mejoradores de plantas mediante la aplicación práctica de los principios del mejoramiento genético de los cultivos, es el de aumentar el rendimiento por unidad de superficie, a base de desarrollar variedades mejores de plantas (Allard, 1978; Brauer, 1983) y que interactúen favorablemente con el ambiente de producción al que se destinen (Valdés, 1987).

Particularmente en el cultivo del sorgo para grano [Sorghum bicolor (L.) Moench], el mejoramiento genético ha contribuido en un aumento significativo en el potencial del rendimiento del cultivo (Romero y Guiragossian, 1984). Además, en el mejoramiento de los sorgos se persiguen otros objetivos que también son de gran importancia económica, a saber: adaptación a la recolección mecanizada, precocidad, resistencia al acame y al desgrane, resistencia a las enfermedades y a los insectos, calidad, etc. (Poehlman, 1976).

Debido a la existencia de sistemas de reproducción diferentes en las plantas (autofecundación, fecundación cruzada, reproducción clonal), la aplicación práctica de los métodos de mejoramiento genético en un programa de mejora para una especie determinada de cultivo, dependen en gran medida del sistema de reproducción de la misma (Poehlman, 1976; Allard, 1978)

Aunque el sorgo se sitúa dentro de las especies autógamas, normalmente presenta una proporción de polinización cruzada natural de un 5% en la mayor parte de las condiciones ambientales, lo cual se evita cubriendo las



papajas con bolsas de papel y así se asegura la autofecundación (Wall y Ross, 1975; Poehlman, 1976; Allard, 1978).

Basado en lo anterior, los métodos de mejora a utilizar en el cultivo del sorgo serán aquellos descritos para las especies autógamias (Poehlman, 1976; Allard, 1978). Sin embargo, también se pueden emplear algunos de los métodos utilizados en las especies alógamas, como es el uso de poblaciones recombinantes con el gene  $ms_3$  (COHEN) de androesterilidad, lo cual ha permitido practicar la selección recurrente en dichas poblaciones (Ross y Gardner, 1983).

El propósito de estos métodos de mejoramiento en sorgo son la formación de líneas puras que se puedan liberar como variedades de polinización libre, lo que no es común, sino mas bien como progenitores de híbridos utilizando la androesterilidad citoplásmica-genética (Valdés, 1987).

## **2.2. Métodos de mejoramiento para la formación de líneas puras en sorgo**

### **2.2.1. Métodos convencionales**

A) Genealógico. Es un método que combina el cruzamiento y la selección. El cruzamiento se realiza con el objeto de combinar en un sólo genotipo la cantidad mayor de genes favorables entre dos o más genotipos diferentes. En este método se comienza a practicar la selección individual en la generación  $F_2$ , seleccionando las plantas que a juicio del mejorador producirán la descendencia mejor y en la cual se empezará a registrar la relación que guarden los progenitores con los descendientes (Allard, 1978, Brauer, 1983).

Debido a que en la generación  $F_2$  habrá una segregación grande para muchos pares de genes, en donde todos los individuos serán diferentes uno de otro, y dado que en las generaciones  $F_3$  y  $F_4$  todavía persiste mucha heterocigosis, en estas generaciones se deberán seleccionar las plantas mejores de las familias superiores (Allard, 1978).

En las generaciones posteriores, a medida que se va avanzando, el porcentaje de homocigosis irá aumentando resultado de la autofecundación continua, por lo que deja de ser eficaz la selección dentro de las familias y por lo tanto, la selección se deberá realizar entre las familias, identificando las mejores y eliminando las inferiores (Allard, 1978).

Una vez que se ha llegado a fijar la potencialidad de cada familia o línea, se procede a cosechar en masa para obtener la cantidad de semilla necesaria para los ensayos de rendimiento y calidad. Esto con el propósito de llevar a cabo una valoración final más rigurosa de las líneas más prometedoras que posiblemente podrán ser liberadas como nuevas variedades superiores (Allard, 1978).

Dentro de las ventajas que muestra el método genealógico, es que proporciona suficiente experiencia al mejorador de plantas en materia de selección y además, los registros genealógicos son útiles para decidir las familias que se han de conservar y las que se han de desechar, en el caso de tener familias emparentadas y de comportamiento similar (Allard, 1978; Brauer, 1983).

El inconveniente principal del método genealógico estriba en la gran cantidad de tiempo y de trabajo que se requiere para el manejo y toma de datos o registros del material, que generalmente suele ser bastante; sin em-

bargo, ésto se podría simplificar registrando únicamente los datos de caracteres de interés y sobre las familias que se han de conservar (Allard, 1978).

B) Masivo. Considerando que la selección natural constituye un agente más sensible que la selección artificial para lograr el aislamiento de genotipos que llegarán a quedar intensamente adaptados a las condiciones del ambiente, se propuso el método masivo como una modificación al método genealógico (Williams, 1965).

El método masivo se inicia ordinariamente por un cruzamiento que puede ser simple o múltiple, para posteriormente llevar la  $F_1$  hasta generaciones avanzadas, sembrando masivamente sin practicar ningún tipo de selección (Márquez, 1976; Brauer, 1983).

En cada generación se toma una muestra aleatoria y representativa de la semilla cosechada, la cual se utilizará para sembrar la generación siguiente, en donde, debido al proceso de endogamia resultado por los ciclos sucesivos de autofecundación, al cabo de cinco o seis generaciones se tendrá una población de plantas heterogénea homocigótica, que no es sino una mezcla de líneas puras. En este punto se podrá seleccionar individualmente a las mejores plantas, las cuales posteriormente se valorarán de la misma manera que en el método genealógico (Márquez, 1976; Allard, 1978).

La ventaja principal de usar el método masivo radica esencialmente en la efectividad de la selección natural para aislar a los individuos mejor adaptados a las condiciones del ambiente, los cuales se espera que sean sobresalientes tanto en rendimiento como en otros caracteres agronómicos. Además, no se requiere el registrar datos genealógicos de las plantas que integran la población, lo cual significa un gran ahorro de trabajo. Finalmente,

el método masivo permite la obtención de líneas homocigóticas con un mínimo de esfuerzo y costo (Williams, 1965; Márquez, 1976; Allard, 1978).

La desventaja principal del método masivo se deriva de la interacción genotipo-ambiente, en donde una de las premisas de este sistema que se debe de cumplir estrictamente, se refiere a que la muestra de la semilla cosechada en una generación para sembrar la siguiente, debe ser una muestra al azar en la que todos los genotipos tengan la misma oportunidad de ser representados; de lo contrario, se estaría efectuando una selección inconsciente dentro de la población, lo cual impide que la selección natural se exprese en todos los individuos que la integran (Márquez, 1976).

### 2.2.2. Métodos poblacionales

Como se mencionó anteriormente, el sorgo es considerado normalmente como una especie autógena, pero en casos excepcionales puede manejarse como una especie alógama (Betancourt y Jassa, 1983; Ross y Gardner, 1983). Para ello se ha requerido de la introducción de genes de androesterilidad para promover la polinización cruzada y así desarrollar poblaciones con apareamiento aleatorio (Ross y Gardner, 1983).

La androesterilidad genética en sorgo es causada por genes recesivos simples, siendo el gene  $ms_3$  (COHEN) el más extensamente usado en la actualidad, debido a que proporciona esterilidad masculina en forma eficiente y estable en ambientes diferentes (House, 1982).

Las poblaciones de sorgo con apareamiento aleatorio han permitido practicar la selección recurrente en dichas poblaciones, la cual involucra tres etapas esenciales a efectuar: derivación, evaluación y recombinación de plan

tas individuales o familias (Ross y Gardner, 1983).

La selección recurrente se puede definir como la extracción, evaluación, selección y recombinación cíclica (recurrente) de líneas derivadas de una población de base genética amplia. En dicho proceso, la recombinación se lleva a cabo con las líneas superiores, con el propósito de formar una población nueva y mejor a partir de la cual se reiniciará otro ciclo (Márquez, 1978).

Dentro del sistema de selección recurrente están incluidas las modalidades siguientes: selección masal, selección de medios hermanos, selección de hermanos completos, prueba de autohermanos o  $S_1$ , prueba de  $S_2$  y la selección recíproca-recurrente (Ross y Gardner, 1983).

La ventaja de usar selección recurrente radica en la concentración sistemática de alelos favorables, lo cual aumenta la probabilidad de obtener líneas o cultivares superiores (Ross y Gardner, 1983). Otra ventaja importante es el mantenimiento de la variabilidad genética resultado del apareamiento aleatorio, lo cual es esencial para el desarrollo genético de cualquier población (Bhola Nath y Lawrence, 1981).

### 2.3. Hibridación

Tradicionalmente por hibridación se entiende el cruzamiento; sin embargo, en México se ha distinguido entre cruzamiento e hibridación en el sentido de que el primero implica solo el apareamiento entre individuos o poblaciones para propósitos de recombinar caracteres, mientras que la hibridación se refiere al cruzamiento con propósitos de obtener una población  $F_1$  en la cual se manifieste el vigor híbrido; esto es que sea supe-

rior esta  $F_1$  respecto a sus progenitores o a otra  $F_1$  testigo que se utilice en la producción (Valdés, 1987).

Este es el caso del sorgo, en el cual las líneas puras que se generen por los métodos antes descritos tienen como objetivo final el participar en la formación de  $F_1$  superiores que puedan ser utilizados en la producción en gran escala. La semilla  $F_1$  se producirá con un juego de líneas llamadas A, B y R; donde la línea A es androestéril, la línea B es isogénica a la línea A y en cruza con ésta produce y mantiene a la línea A, la cual en cruza con la línea R origina la semilla  $F_1$  androfértil que se pondrá a la venta para su producción comercial. Las líneas B y R se mantienen por autofecundación o en lotes aislados (Wall y Ross, 1975; Romero y Guiragossian, 1984; Valdés, 1987).

#### **2.4. Trabajos de selección en sorgo efectuados en la FAUANL**

Uno de los objetivos del Programa de Sorgo del PMMFS es la formación de líneas puras que se pueden utilizar comercialmente como variedades de polinización libre y que también puedan ser utilizadas como progenitores restauradores de la fertilidad en la formación de híbridos experimentales. Estas líneas puras se pueden desarrollar entre otros métodos, mediante selección en las poblaciones segregantes de híbridos comerciales y/o experimentales de sorgo, en donde se aplicará en su momento y dependiendo de los recursos del fitomejorador el método genealógico o masivo.

A continuación se describe una serie de trabajos llevados a cabo por el Programa de Sorgo del PMMFS, en donde se ha practicado la selección en poblaciones segregantes y recombinantes de sorgo y se han hecho trabajos

básicos con propósitos predictivos del avance por selección.

Ramírez (1977) evaluó seis poblaciones segregantes  $F_2$  de sorgo derivadas de híbridos comerciales, con el objeto de calcular los parámetros genéticos de heredabilidad y respuesta a la selección y en base a estos criterios, predecir de qué poblaciones  $F_2$  se podrían obtener mejores líneas en generaciones avanzadas en cuanto a rendimiento, adaptación, etc. Reportó que las poblaciones  $F_2$  del Master 950, Master 911 y T-E-Total, tuvieron un comportamiento superior en la mayoría de los criterios establecidos; por lo tanto, se consideró que estas poblaciones  $F_2$  al final del avance genealógico serían las que aportarían las líneas puras de rendimiento mayor.

Romero (1977) ensayó 47 familias segregantes  $F_2$  de sorgo derivadas de híbridos comerciales, con el objeto de predecir de cual de ellas se derivarían las líneas mejores en generaciones avanzadas. La evaluación se basó mediante la estimación de la respuesta a la selección y la componente entre familias para siete caracteres agronómicos del cultivo. La selección entre las familias se efectuó en base a ocho criterios de selección, de los cuales posiblemente el criterio de selección de familias que tuvieron valores favorables tanto de respuesta relativa y absoluta a la selección, como de su componente entre familias, para el carácter de rendimiento y por lo menos en tres más, sea el que permita identificar a las familias de las cuales se obtengan un mayor y mejor número de líneas experimentales.

Treviño (1980) trabajó con poblaciones segregantes  $F_2$  y  $F_3$  de sorgo, con el objeto de predecir de qué poblaciones se esperaría mayor avance por selección, mediante la estimación de la heredabilidad y la respuesta a la selección, para la variable rendimiento en el primer ciclo de cultivo y en el segundo para nueve caracteres agronómicos. Para tal efecto realizó una

estimación y comparación de los parámetros antes mencionados, encontrando que de las poblaciones  $F_2$  las más valiosas para efectuar avance por selección fueron Tepehua y Pioneer 8147; así mismo, las poblaciones  $F_3$  que resultaron ser las más valiosas para efectuar avance por selección fueron T-E-Bird-Boo, Pioneer 8147 y Pioneer 866.

Benítez (1984) trabajó con una población de sorgo en apareamiento aleatorio (NLP1), con el objetivo de seleccionar familias de autohermanos en base a la humedad del suelo en las etapas de crecimiento y en la relación de éstas con el rendimiento económico. Se derivaron 144 familias de autohermanos de la población original, las cuales se evaluaron bajo condiciones de temporal. De acuerdo con su comportamiento respecto a la humedad disponible en el suelo, se seleccionaron aquellas familias que tuvieron tanto una precocidad y una madurez fisiológica adecuada, un rendimiento económico alto y una eficiencia fisiológica buena, medida a través del índice de cosecha.

González (1985) trabajó con una población recombinante de sorgo (US/R), siendo los objetivos del trabajo: estimación de la heredabilidad y respuesta a la selección familiar de autohermanos, además de seleccionar mediante el empleo de índices de selección tomando como criterio el rendimiento económico al combinarse con otras características. Se derivaron un total de 196 familias de autohermanos de la población original. De los índices de selección formados se encontró que el índice formado por rendimiento económico - días a floración - altura de planta - longitud de panoja, resultó superior en cuanto a la eficiencia relativa con respecto a la selección dirigida únicamente hacia rendimiento.

González (1988) trabajó en la población recombinante de sorgo US/RC1, con el propósito de seleccionar familias de autohermanos en base a la humedad



del suelo en las etapas de crecimiento del sorgo. Para ello estimó la heredabilidad y la respuesta a la selección familiar de autohermanos en 11 caracteres estudiados. De la población original se derivaron 126 familias de autohermanos, siendo evaluadas bajo condiciones de temporal. Debido a que el criterio de rendimiento económico tuvo una respuesta a la selección casinula, la selección de las familias se basó en otros criterios de selección como índice de cosecha, rendimiento biológico y altura de planta, buscando al mismo tiempo que dichas familias fueran tardías a floración y precoces a madurez fisiológica.

## **2.5. Importancia y antecedentes de las pruebas tempranas**

Los métodos de mejoramiento para los cultivos de autofecundación y en particular el método genealógico, son lentos, prolongados y costosos con respecto a la formación de nuevas líneas superiores (Mckenzie y Lambert, 1961; Romero y Guiragossian, 1984). Por lo que sería de gran beneficio el contar con una metodología que pudiese seleccionar en una generación segregante temprana aquellas plantas o líneas, las cuales reúnan la combinación mayor de genes favorables (Voigt y Weber, 1960; Mckenzie y Lambert, 1961; Leffel y Hanson, 1961; Allard, 1978).

De tal manera, se han llevado a cabo estudios diversos en generaciones tempranas de cultivos de autofecundación, con el propósito de desarrollar una metodología previa y confiable en la subsecuente selección de líneas más prometedoras en cuanto a rendimiento. Dentro de estos estudios están principalmente:

1) Predicción del potencial genético de los progenitores para originar de-

scendientes de rendimiento alto (Harrington, 1940; Immer, 1941; Atkins y Murphy, 1949; Weiss, 1949; Mahmud y Kramer, 1951; Raeber y Weber, 1953; Voigt y Weber, 1960; Mckenzie y Lambert, 1961; Leffel y Hanson, 1961; Smith y Lambert, 1968; McNeal, et al., 1969; DePauw y Shebeski, 1973; Thorne, 1974; Smith y Nelson, 1987).

- 2) Evaluación de la efectividad de la selección visual para rendimiento de grano (Mckenzie y Lambert, 1961; Hanson, et al., 1962; Frey, 1962; Kwon y Torrie, 1964; Atkins y Shebeski, 1970).
- 3) Estimación de la heredabilidad y avance genético esperado para las poblaciones (Anand y Torrie, 1963; Ramírez, 1977; Romero, 1977; Treviño, 1980; Benítez, 1984; González, 1985; González, 1988).

Los ensayos en generaciones tempranas se han planteado como un apoyo en la selección de líneas prometedoras en cuanto a rendimiento, dado que su objetivo es el de obtener información sobre el rendimiento tan pronto como sea posible de las poblaciones sujetas a selección. Esto se realiza con el propósito de continuar el avance solamente en los materiales de comportamiento mejor y de esta forma ir eliminando a los materiales poco prometedores, aumentándose así la probabilidad de llegar a formar líneas puras de potencial de rendimiento alto (Atkins y Murphy, 1949; Mckenzie y Lambert, 1961; Atkins, 1964; Thorne, 1974).

Debido a las limitaciones que presentan la mayoría de los programas de mejoramiento se justifica y se recomienda realizar una valoración temprana de las poblaciones segregantes que permita la eliminación de aquellas poco prometedoras y poner una atención mayor en los descendientes más prometedores en cuanto a rendimiento (Allard, 1978).

Allard (1978) menciona que el comportamiento de las líneas  $F_3$  o  $F_4$  observado en un solo ensayo, no son lo suficientemente confiables para predecir los rendimientos de las generaciones subsiguientes, debido principalmente al efecto del ambiente en el rendimiento de las plantas, el cual influye grandemente por lo que sería inútil seleccionar por rendimiento elevado. Por lo tanto, la selección por rendimiento elevado y otros caracteres muy influenciados por el ambiente deberá posponerse hasta generaciones posteriores y en las primeras generaciones debiera limitarse solamente a eliminar visualmente a las líneas de comportamiento pobre.

Poehlman (1976) señala que después de la selección visual de plantas en  $F_3$  y en  $F_4$  se puede utilizar el sobrante de plantas de las líneas para empezar pruebas preliminares de rendimiento y de esta forma ir purificando las líneas de rendimiento más alto en generaciones posteriores.

La selección visual para rendimiento de semilla es otro aspecto importante a considerar durante la evaluación temprana de las familias, la cual desempeña un papel fundamental en la evaluación de los fenotipos para aislar a los segregantes convenientes en un programa de mejora como ellos puedan ser identificados (Mckenzie y Lambert, 1961; Frey, 1962; Hanson, et al., 1962; Kwon y Torrie, 1964; Atkins, 1964). Por lo tanto, el éxito de la selección visual para rendimiento de semilla depende en gran proporción de la familiaridad y experiencia que tenga el mejorador con los progenitores y plantas que esté manejando (Hanson, et al., 1962; Frey, 1962; Allard, 1978; Valdés, 1987).

En la mejora del sorgo, a diferencia de otras especies autóгамas. poco se ha investigado acerca del uso de los ensayos en generaciones tempranas

(familias  $F_3$ ), como un criterio de selección que en combinación con la selección visual, ofrezca una alternativa mejor para discriminar radicalmente a las familias de comportamiento pobre y de esta forma continuar al avance genealógico en aquellas más sobresalientes, así como para obtener información acerca del potencial de los progenitores para originar descendientes superiores en cuanto a su potencial de selección.

A continuación se presenta una serie de trabajos realizados en generaciones tempranas de progenies en cultivos de autofecundación:

Harrington (1940), evaluó en base a ensayos de rendimiento en generaciones masivas tempranas en trigo (Triticum aestivum L.) el potencial de los progenitores para originar descendientes de rendimiento alto en generaciones avanzadas. De acuerdo a los resultados obtenidos concluyó que los ensayos masivos en  $F_2$  y  $F_3$  pueden ser útiles para predecir el potencial de las cruzas en trigo para originar descendientes superiores en rendimiento.

Immer (1941), estudiando poblaciones masivas en  $F_2$ ,  $F_3$  y  $F_4$  derivadas de seis cruzas de cebada (Hordeum vulgare L.) con el objeto de determinar su valor de mejoramiento, reportó que algunos híbridos produjeron los rendimientos más altos en  $F_2$ ,  $F_3$  y  $F_4$  respecto a otros; de acuerdo con esto, concluyó que los ensayos de rendimiento en generaciones masivas tempranas, pueden ser usados para desechar ciertas cruzas de comportamiento inferior en cuanto a rendimiento.

Atkins y Murphy (1949), al evaluar el valor de reproducción en ensayos de rendimiento en generaciones tempranas en poblaciones masivas de avena (Avena sativa L.) como una base para la eliminación de cruzas con rendimiento potencial pobre, reportaron consistencia baja en las correla-

ciones para rendimiento de grano entre generaciones sucesivas y concluyeron que germoplasma considerable de rendimiento alto puede ser eliminado si cruza masivas son desechadas en base al rendimiento en generaciones tempranas.

Weiss (1949), resumiendo los resultados obtenidos en generaciones tempranas en soya [Glicine max (L.) Merr.], concluyó que los ensayos de líneas en  $F_3$  y en  $F_4$ , fueron pobres y regulares respectivamente, con respecto al valor de predicción para rendimiento de selecciones subsecuentes.

Mahmud y Kramer (1951), al trabajar en soya [Glicine max (L.) Merr], reportaron una asociación alta entre masivos  $F_3$  y  $F_4$  evaluados en el mismo año bajo las mismas condiciones; dedujeron que la prueba de líneas  $F_3$  proporcionan una estimación buena del rendimiento potencial de los descendientes en segregación en generaciones posteriores, siempre y cuando se tome en cuenta el cambio genético y la interacción con los factores ambientales.

Raeber y Weber (1953), al evaluar la efectividad de la selección para rendimiento de semilla en cuatro cruza de soya [Glicine max (L.) Merr.] por los métodos masivo y genealógico, no encontraron diferencias significativas entre el promedio de las selecciones desarrolladas por ambos métodos. Sugirieron que el avance genético más grande para rendimiento de semilla puede realizarse mediante la prueba de líneas en ensayos de reproducción en  $F_3$  y en generaciones subsecuentes y simultáneamente seleccionando plantas superiores fenotípicamente.

Voigt y Weber (1960), al evaluar la efectividad de tres métodos de selección para rendimiento de semilla en cinco cruza de soya [Glicine max (L.) Merr.], reportaron que las líneas  $F_5$  seleccionadas por el método de

ensayos en generaciones tempranas ( $F_4$ ) fueron superiores en rendimiento respecto a las selecciones derivadas por los métodos masivo y genealógico, solo con selección visual.

Leffel y Hanson (1961) llevaron a cabo un estudio en generaciones tempranas en soya [Glicine max (L.) Merr.], en el cual pretendieron determinar el valor de los progenitores y el desempeño de los progenitores en la identificación de las cruzas que producirían la cantidad mayor de segre gantes superiores. Concluyeron que el desempeño de los progenitores, de sus cruzas y masivos  $F_2$  fueron predictores confiables del comportamiento de las líneas en  $F_3$ .

Mckenzie y Lambert (1961), efectuaron una comparación de líneas  $F_3$  y y sus respectivas líneas en  $F_6$  en dos cruzas de cebada (Hordeum vulgare L.) para determinar si los ensayos de líneas en  $F_3$  para rendimiento y otros caracteres es un índice confiable en su mejoramiento potencial posterior. Los coeficientes de correlación obtenidos entre los rendimientos de las líneas  $F_3$  y sus líneas relacionadas en  $F_6$  fueron 0.313 y 0.543 respectivamente para cada crusa; sin embargo, indicaron que los ensayos de líneas  $F_3$  para rendimiento no sería un método confiable para obtener el material mejor en generaciones posteriores.

Hanson, et al. (1962), estudiaron la importancia del valor de la descripción visual para rendimiento realizada en 45 líneas  $F_3$  de soya [Glicine max (L.) Merr.]. Las 45 líneas  $F_3$  fueron caracterizadas visualmente por tres mejoradores de soya y clasificadas en tres clases diferentes de acuerdo a su capacidad fenotípica para rendimiento de semilla. Concluyeron que la discriminación visual se debería usar principalmente en descartar los fenotipos

de rendimiento pobre, siempre y cuando el mejorador esté trabajando en cru-  
zas que originen un rango amplio en rendimiento entre las progenies.

Frey (1962), al evaluar los rendimientos de líneas derivadas de  $F_2$  en  
dos cruzas de avena (Avena sativa L.) clasificadas visualmente como buenas,  
pobres y al azar; reportó que los rendimientos medios para las tres cate-  
gorías fueron aproximadamente iguales en una cruz y ligeramente mayores pa-  
ra las categorías buenas y al azar en la otra cruz. Concluye que aparente-  
mente la capacidad de rendimiento de las líneas de avena fue asociado con  
el criterio usado en la selección visual.

Kwon y Torrie (1964), evaluaron dos poblaciones de soya [Glicine max  
(L.) Merr.] para estudiar la relación entre la estimación visual para ren-  
dimiento y el rendimiento de semilla durante las generaciones  $F_3$ ,  $F_4$  y  $F_5$ .  
Indicaron que la concordancia entre los observadores para la discrimina-  
ción visual fue buena. Concluyeron que el fitomejorador deberá avanzar lí-  
neas en generaciones tempranas basado más sobre el desempeño para otros ca-  
racteres que para rendimiento.

Smith y Lambert (1968), al analizar la aptitud combinatoria de cru-  
zas dialélicas en masivos  $F_2$  y  $F_3$  entre 10 genotipos de cebada (Hordeum vul-  
gare L.), reportaron que el desempeño de los progenitores y de los masivos  
fueron generalmente confiables para predecir el rendimiento de los segre-  
gantes derivados de las cru-  
zas involucradas.

McNeal, et al. (1969), al evaluar la calidad de harina en poblaciones  
de la cruz de trigo (Triticum aestivum L.) "Lemhi" \* "Thatcher", en ensa-  
yos de generaciones tempranas, concluyeron que la selección en generacio-

nes tempranas para características agronómicas debería de ser acompañada por la selección para calidad de molino y horneado y de esta forma evitar la pérdida de líneas de alta calidad.

DePauw y Shebeski (1973), al evaluar y correlacionar el rendimiento de las líneas  $F_3$  con las líneas relacionadas en  $F_5$ , derivadas de una cruce de trigo (Triticum aestivum L.), reportaron que los coeficientes de correlación obtenidos entre los rendimientos de las líneas  $F_3$  y  $F_5$  relacionadas, expresado como un porcentaje del testigo, fueron positivas y significativas (0.56\*). Concluyeron, que el rendimiento de líneas  $F_3$  medido como un porcentaje de una parcela testigo provee una estimación mejor de su valor de mejoramiento que el rendimiento medido en gramos por parcela.

Thorne (1974), al investigar y discutir el esquema para ensayos en generaciones tempranas en soya [Glicine max (L.) Merr.] reportó que las correlaciones de los rendimientos de las líneas  $F_3$  y sus respectivas líneas  $F_5$  derivadas fueron positivas y significativas en 13 de los 16 casos (media = 0.581). Concluye, que los ensayos en generaciones tempranas serían útiles en los programas de selección recurrente.

Smith y Nelson (1987), al evaluar el potencial de la selección indirecta para rendimiento de semilla en generaciones tempranas por selección para períodos de desarrollo reproductivo en el cultivo de soya [Glicine max (L.) Merr.], consideran que la selección en generaciones tempranas por períodos de desarrollo reproductivo no es confiable en la identificación de líneas de rendimiento alto.



## 2.6. Objetivos particulares

Considerando los antecedentes bibliográficos así como otros antecedentes surgidos mediante el intercambio de opiniones con investigadores afines al tema, se estableció el objetivo general del trabajo mencionado en la Introducción y para alcanzar dicho objetivo se generaron los objetivos particulares siguientes:

1. Avanzar genealógicamente las familias  $F_3$  a la generación  $F_4$ .
2. Identificar a las familias  $F_3$  de rendimiento alto en base a dos criterios:
  - a) Capacidad de rendimiento por parcela de cada familia  $F_3$  respecto a un testigo.
  - b) Capacidad de rendimiento por parcela entre grupos de familias  $F_3$  emparentadas.
3. Determinar la efectividad de la selección visual para rendimiento en las familias  $F_3$ .
4. Determinar si el ciclo vegetativo de las familias  $F_3$  sesgó la selección visual.

En virtud que de los cuatro objetivos particulares planteados, solo en el 2, 3 y 4 se presentan hipótesis que puedan ser probadas estadísticamente, se consideró conveniente presentar éstas en la sección correspondiente de Resultados y Discusión.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Ubicación del sitio experimental

El presente estudio se realizó durante el ciclo tardío de 1987 en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, localizado en el km 17 de la carretera Zuazua-Marín en el Municipio de Marín, N.L. La ubicación geográfica del lugar corresponde a los 25°53' Latitud Norte y a los 100°03' Longitud Oeste, respecto al Meridiano de Greenwich, con una altitud sobre el nivel del mar de 367 m.

#### 3.2. Clima de la región

En la clasificación climática de Köppen modificada para la República Mexicana por García (1973), el clima de la región es considerado de tipo semiárido  $BS_1(h')hx(e')$ , donde:

$BS_1$  = clima seco o árido con un cociente P/T (precipitación anual en mm/temperatura media anual en °C) mayor de 22.9, lo cual indica que es de los grupos menos secos del grupo BS.

$(h')h$  = temperatura media anual sobre los 22 °C y la temperatura del mes más frío bajo los 18 °C.

$x$  = el régimen de lluvias se presenta como intermedio entre verano e invierno, con un porcentaje de lluvia invernal mayor del 18%.

$(e')$  = oscilación anual de las temperaturas medias mensuales mayor de 14 °C.

La temperatura promedio anual de la región es de 22.5 °C, con una me dia anual máxima de 29 °C y una mínima de 16 °C. La precipitación es de 400 a 500 mm anuales. Estos datos promedios fueron obtenidos durante ocho años en la Estación Meteorológica de la FAUANL.

Según el Centro de Investigaciones Urbanísticas de la Universidad Au-  
tónoma de Nuevo León, el suelo de la región de Marín, N.L., considerando  
la clasificación de los grandes grupos de suelos en el mundo, corresponde  
al grupo de los chestnut o castaños, que se caracterizan por presentarse  
en áreas con clima seco estepario (BS) y vegetación de estepa-matorral; la  
humedad de éstos es deficiente y el contenido de materia orgánica es bajo.  
En general, estos suelos son arcillo-arenosos de profundidad media.

### **3.3. Materiales**

#### **3.3.1. Material biológico**

El Programa de Sorgo del PMMFS proporcionó el material biológico uti-  
lizado en el presente estudio, el cual consistió en semilla  $F_3$  de 199 fami-  
lias de sorgo derivadas como progenie de los individuos seleccionados en  
poblaciones  $F_2$  del ciclo anterior, las cuales a su vez fueron derivadas de  
híbridos experimentales de sorgo. Además, se utilizó al híbrido comercial  
Master 911R como testigo, el cual presenta un comportamiento superior para  
las zonas bajas del Estado de Nuevo León.

### 3.3.2. Material no biológico

Los materiales utilizados para llevar a cabo el estudio en cuestión fueron los necesarios para realizar en forma oportuna y adecuada las labores de preparación del suelo, siembra, riegos, aplicación de productos químicos, cultivos, identificación de parcelas y plantas, toma de datos y cosecha del material experimental.

### 3.4. Métodos

#### 3.4.1. Siembra y diseño experimental

Veinte ensayos con 199 familias  $F_3$  fueron establecidos el 5 de Agosto durante el ciclo tardío de 1987, llevándose a cabo la siembra con maquinaria y a una densidad de 12 kg de semilla/ha.

Esta evaluación temprana de las familias  $F_3$  se realizó bajo el diseño de Bloques al Azar con dos repeticiones. Las 199 familias  $F_3$  se dividieron en grupos de 10 más el híbrido Master 911R como testigo. Se formaron un total de 20 ensayos, 19 con 11 tratamientos y uno con 10 tratamientos. Cada tratamiento quedó dispuesto en parcelas de un surco de 5 m de largo por 0.8 m de espaciamento entre surcos. La distancia entre plantas después del aclareo fue de 7 a 10 cm.

En el Cuadro 1 del Apéndice se presenta la distribución de las 199 familias  $F_3$  en los 20 ensayos.

### 3.4.2. Avance genealógico de las familias

El avance de las familias se efectuó bajo el esquema del método genealógico, constituyéndose cada familia en la progenie de cada planta seleccionada y en donde la genealogía de cada familia se construyó en base a la historia de cruza y a la historia de selección. La historia de cruza involucra la línea A y la línea R que formaron el híbrido o  $F_1$  y la historia de selección indica el número de la planta seleccionada en la familia correspondiente.

El avance de las familias se efectuó de  $F_1$  a  $F_5$  en la forma antes descrita, correspondió al autor del presente estudio el manejo de las familias  $F_3$  para generar las familias  $F_4$  mediante selección individual. No obstante lo anterior, se ha incluido el avance de  $F_1$  hasta la generación  $F_5$  con propósitos descriptivos y de discusión en referencia hacia las familias  $F_3$  bajo estudio.

### 3.4.3. Selección visual en las familias

La selección visual en las familias  $F_3$  comprendió dos criterios: primeramente, se realizó una selección entre las familias  $F_3$  que fenotípicamente se identificaron como superiores en cuanto a rendimiento, y luego se practicó una selección dentro de cada una de estas familias  $F_3$  seleccionando a las plantas mejores.

La selección visual se llevó a cabo hasta en la etapa de madurez del cultivo, procediéndose a marcar plantas por su precocidad, porte agronómico.

sanidad. etc., para lo cual se utilizaron las etiquetas. Con esto se pretendió no seleccionar plantas muy tardías a floración, sino seleccionar material preferentemente intermedio y precoz, aunque finalmente todas aquellas plantas fenotípicamente superiores fueron consideradas para selección.

Para la selección visual entre y dentro de las familias  $F_3$  se utilizó como criterio de comparación el porte de las plantas con y sin competencia del híbrido Master 911R, el cual fue intercalado a cada 10 familias  $F_3$  para decidir si se conservaban o se desechaban las plantas potencialmente seleccionables en las familias  $F_3$ .

Finalmente, cabe señalar que la selección visual de plantas en las familias  $F_2$  y  $F_4$  se realizó de la misma forma que en las familias  $F_3$ ; sin embargo, la selección visual en las familias  $F_4$  no fue confiable dado que por problemas de manejo del suelo al momento de sembrar, muchas familias  $F_4$  se perdieron y otras se establecieron pobremente.

#### 3.4.4. Cosecha del material experimental

Una vez identificado y etiquetado las plantas que reunían las características antes mencionadas, al final del ciclo se seleccionaron y se cosecharon individualmente una cantidad variable de plantas por familia  $F_3$ , las cuales se utilizaron para avanzar el material a la generación  $F_4$ .

La cosecha del remanente de plantas en las parcelas se realizó manualmente tanto en las familias  $F_3$  como del híbrido Master 911R usado como testigo. Posteriormente para la obtención del rendimiento de las parcelas se

se trillaron mecánicamente las panojas y se procedió a la limpieza del grano con un abanico y cribas y por último se pesó la semilla en una balanza analítica.

Una vez obtenido el rendimiento del remanente de plantas por parcela, se tomó una muestra de 150 g de cada una de las parcelas para determinar el porcentaje de humedad de la misma y así poder ajustar el rendimiento de grano por parcela al 12% de humedad, utilizando la fórmula siguiente:

$$RA = RC \left( \frac{100 - phg}{88} \right)$$

Donde:

RA = rendimiento de grano (g/parcela) ajustado al 12% de humedad.

RC = rendimiento de campo (g/parcela).

phg = porcentaje de humedad del grano.

### 3.4.5. Variables de estudio

Las variables que se midieron para el análisis estadístico fueron:

- 1) Rendimiento de grano por parcela (g). Corresponde al peso de la semilla remanente cosechada para cada parcela ajustado por humedad, más el peso de la semilla de las selecciones individuales de las familias  $F_3$  que las derivaron respectivamente.
- 2) Rendimiento de grano por planta (g). Se calculó considerando la relación entre el rendimiento de grano por parcela y la cantidad de plantas por parcela.

- 3) Rendimiento combinado por parcela y por planta (g). Se obtuvo mediante el promedio entre el rendimiento de grano por parcela y el rendimiento de grano por planta.
- 4) Selecciones individuales por familia  $F_3$ . Se registró el total de las selecciones individuales obtenidas en cada familia  $F_3$ , tanto en la primera como en la segunda repetición.
- 5) Plantas por parcela. Se obtuvo mediante el conteo de las plantas cosechadas para cada parcela, más el número de plantas seleccionadas en las familias  $F_3$ .
- 6) Días a floración. Se contaron los días a partir de la emergencia de las plántulas hasta cuando el 50% del total de las plantas existentes en la parcela presentaron antesis en el 50% de la panoja.

#### 3.4.6. Análisis estadístico

El modelo estadístico del diseño Bloques al Azar mediante el cual se analizaron los ensayos es el siguiente:

$$Y_{ij} = M + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3, \dots, 11$  tratamientos.

$j = 1, 2$  bloques.

$Y_{ij}$  = observación del tratamiento  $i$  en el bloque  $j$ .

$M$  = media general.

$T_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.



$B_j$  = efecto del  $j$ -ésimo bloque.

$E_{ij}$  = error experimental de la  $ij$ -ésima observación.

Los estimadores lineales e insesgados de cada componente del modelo fueron aquellos obtenidos mediante el método de cuadrados mínimos y reportados por Steel y Torrie (1960).

Debido a que era muy evidente el número variable de plantas cosechadas para cada parcela y por cada ensayo, se procedió a realizar un análisis por covarianza para la variable rendimiento de grano y el número de plantas por parcela en cada uno de los 20 ensayos.

Para los ensayos que manifestaron diferencias significativas en el análisis de covarianza, los rendimientos ajustados de cada familia  $F_3$  fueron sometidos a una prueba comparativa de medias por el método de la diferencia mínima significativa protegida de Fisher (Steel y Torrie, 1960).

Para el ajuste de los promedios de la variable rendimiento de grano por parcela se utilizó la fórmula siguiente:

$$\hat{Y}_i = \bar{Y}_i - b_{yx} (\bar{X}_i - \bar{\bar{X}}_i)$$

Donde:

$\hat{Y}_i$  = promedio ajustado de cada tratamiento.

$\bar{Y}_i$  = promedio de cada tratamiento sin ajustar.

$b_{yx}$  = coeficiente de regresión.

$\bar{X}_i$  = promedio del número de plantas en cada tratamiento.

$\bar{\bar{X}}_i$  = promedio del número de plantas en cada ensayo.

Para medir el grado de asociación entre las variables de interés se procedió a realizar un análisis de correlación, como sigue:

- 1) Selecciones por familia y el rendimiento de grano por familia  $F_3$  en base a tres criterios:
  - a. Rendimiento medio por familia  $F_3$  ajustado por covarianza.
  - b. Rendimiento medio por planta por familia  $F_3$ .
  - c. Rendimiento combinado por familia  $F_3$  y por planta.
- 2) Días a floración y rendimiento medio por familia  $F_3$ .
- 3) Días a floración y cantidad de selecciones por familia  $F_3$ .

Los análisis estadísticos se realizaron por medio de una computadora PDP 11/44 Digital, localizada en el Centro de Informática de la FAUANL. Se utilizó el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Science).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados obtenidos y la discusión correspondiente, de acuerdo al orden de los objetivos particulares del presente trabajo.

### 4.1. Avance genealógico de $F_1$ a la generación $F_5$

Con el objetivo de iniciar y de continuar el avance de  $F_1$  a la generación  $F_5$ , se procedió a practicar el proceso de selección individual visual entre y dentro de aquellas familias que fenotípicamente tuvieron una apariencia superior en cuanto a rendimiento y otros caracteres favorables como sanidad general y porte agronómico. Ya que durante las generaciones en segregación, la retención de las líneas o familias frecuentemente se basa en la evaluación visual para rendimiento de semilla y otros caracteres agronómicos deseables (Briggs y Shebeski, 1970; Allard, 1978), en la que juega un papel importante la familiaridad y la experiencia del mejorador con el material que maneja (Hanson, et al., 1962; Frey, 1962; Allard, 1978).

A continuación se describe el avance genealógico de las familias en las generaciones consideradas.

#### 4.1.1. Formación de familias $F_2$

Durante el ciclo agrícola Marín-Verano de 1986 se sembraron un total de 95 Híbridos Experimentales de Sorgo (HES) para calificarlos en función de la evaluación fenotípica de caracteres agronómicos de importancia. Los

HES se agruparon en las categorías de excelente, bueno, regular y pobre.

En el Cuadro 2 del Apéndice se presentan los 95 HES con su respectiva calificación fenotípica, en donde se puede observar que del total de los HES sólo tres presentaron un comportamiento fenotípico "excelente" y cinco fueron identificados como "buenos"; en tanto que la mayor parte de los HES fueron calificados fenotípicamente con un comportamiento de "regular" y "pobre". No obstante lo anterior, se consideró conveniente avanzar a la generación siguiente tanto a los HES de comportamiento fenotípico de excelente y bueno, como a los HES calificados como regulares; de esta forma se desecharon solamente los HES que tuvieron una calificación de pobre.

En resumen, de los 95 HES solamente 62 fueron calificados como fenotípicamente aceptables para continuar el avance a la siguiente generación y de esta forma originar las 62 familias  $F_2$  que se establecieron en el ciclo agrícola siguiente (Marín-Primavera 1987).

#### 4.1.2. Formación de familias $F_3$

La semilla de las 62 familias  $F_2$  derivadas de los híbridos experimentales de sorgo fue sembrada en el ciclo agrícola Marín-Primavera de 1987, las cuales se establecieron en seis ensayos y con dos repeticiones.

En el Cuadro 3 del Apéndice se enumeran las 62 familias  $F_2$  con el número de selecciones aportadas a la generación  $F_3$ , en donde se puede observar que 49 familias  $F_2$  aportaron al menos una selección a  $F_3$  y 13 familias  $F_2$  no aportaron ninguna selección. Además, se observa un total de 199 selecciones que dieron origen a familias  $F_3$ , las cuales se establecieron en el ciclo agrícola siguiente (Marín-Verano 1987).

Adicionalmente a la obtención de familias  $F_3$ , en el mismo Cuadro 3, se puede apreciar que algunos progenitores hembras o machos de Híbridos Experimentales de Sorgo participaron más frecuentemente que otros en la generación de familias segregantes  $F_2$  de las cuales se derivaron un buen número de selecciones a  $F_3$ . Entre las líneas que fueron utilizadas como macho en los cruzamientos y en donde las familias  $F_2$  respectivas aportaron al menos seis selecciones a  $F_3$  están las líneas LES 99R, LES 107R, LES 22R, LES 87R, LES 1R y LES 30R; siendo las líneas LES 99R y LES 107R las de participación mayor.

En tanto que las líneas utilizadas como hembra en los cruzamientos y en donde las familias  $F_2$  respectivas aportaron al menos seis selecciones a  $F_3$ , fueron las líneas LES 3A, LES 10A, LES 14A, LES 11A, LES 17A, LES 7A y LES 9A; siendo la línea LES 14A la de más participación, ya que en las familias  $F_2$  en donde se involucra a esta línea experimental se derivaron una buena cantidad de selecciones a  $F_3$ .

El comportamiento de estas líneas progenitoras se ha considerado como de una buena capacidad para combinar en cruzamientos y en donde las familias  $F_2$  respectivas aportan una cantidad grande de selecciones a la generación  $F_3$ ; por lo tanto, esto da cierta confianza para recomendar el uso de estas líneas experimentales en futuros cruzamientos con la finalidad de obtener, ya sea híbridos experimentales o bien la formación de nuevas líneas experimentales; esto es que dichas líneas pueden considerarse de buena aptitud combinatoria general.

#### 4.1.3. Formación de familias $F_4$

En el ciclo agrícola de Marín-Verano de 1987 se sembraron las 199 familias  $F_3$ , las cuales se establecieron en 20 ensayos y con dos repeticiones.

En el Cuadro 4 del Apéndice se presenta la relación entre las 199 familias  $F_3$  y el número de selecciones que derivaron a la generación  $F_4$ . En dicho cuadro se puede apreciar que de las 199 familias  $F_3$  evaluadas, 136 familias  $F_3$  aportaron al menos una selección a  $F_4$  y 63 familias  $F_3$  no aportaron ninguna selección a  $F_4$ ; esto es que mediante la selección visual entre las familias  $F_3$  se desechó alrededor de un 32% del total de las familias  $F_3$ , las cuales tuvieron un comportamiento fenotípico inferior para rendimiento y otros caracteres agronómicos no deseables.

Hanson, et al. (1962) recomiendan que un mejorador puede proponerse desechar alrededor de un 40 a un 50% del material en  $F_3$  en base a la clasificación visual para rendimiento, por lo que eliminar el 30% de las familias  $F_3$  de sorgo evaluadas en el presente trabajo, puede indicar una actitud conservadora en la selección visual.

Adicionalmente a la formación de familias  $F_4$ , en el mismo Cuadro 4 puede observarse que existieron familias  $F_3$  (señaladas con un asterisco) de las cuales se derivaron una cantidad grande de selecciones a  $F_4$ , provienen de familias  $F_2$  que también originaron un buen número de selecciones a  $F_3$ ; es decir, que en cierta forma se mantiene un comportamiento similar entre las familias emparentadas con respecto a derivar un buen número de selecciones de generación en generación. El comportamiento de estas familias

emparentadas es una evidencia de su potencial o capacidad para originar de scendientes fenotípicamente deseables para caracteres agronómicos de impor tancia, indicadores del potencial de rendimiento de grano.

Por otra parte, en el Cuadro 5 del Apéndice se presenta la relación en tre el número de familias  $F_3$  y el número de selecciones que aportaron a la generación  $F_4$ . En donde se puede observar que alrededor de un 32% del total de las familias  $F_3$  fueron eliminadas mediante la selección visual, conti nuándose el avance genealógico a  $F_4$  en el 68% restante de las familias  $F_3$ ; correspondiendo el 52% a las familias  $F_3$  que aportaron 1, 2 y 3 selecciones para  $F_4$  y el 16% restante a las familias  $F_3$  que aportaron 4, 5, 6, 7, 8 y 10 selecciones para  $F_4$ . Se obtuvieron un total de 363 selecciones individua les que dieron origen a familias  $F_4$ , las cuales se establecieron en el ciclo agrícola siguiente (Marín-Primavera 1988).

#### 4.1.4. Formación de familias $F_5$

Durante el ciclo agrícola de Marín-Primavera de 1988 se sembraron las 363 familias  $F_4$ ; sin embargo, debido a un manejo inadecuado del suelo solamente una fracción pequeña de las familias  $F_4$  se logró establecer adecuadamente. En ellas se procedió de todos modos a practicar la selección visual en aquellas familias  $F_4$  consideradas fenotípicamente aceptables y de esta forma aprovechar el poco material que se pudiera obtener para con tinuar su avance genealógico, solamente se originaron un total de 44 selec ciones para  $F_5$ .

Debido a lo anterior, se deben de establecer de nuevo las 363 familias  $F_4$  con el propósito de continuar el avance genealógico en la totali-

dad del material genético involucrado en el presente estudio, hasta llegar a generaciones avanzadas para que de esta forma se pueda obtener información sobre la predicción del valor de selección en base al rendimiento de las familias  $F_3$  para generar líneas puras superiores en generaciones avanzadas.

#### 4.1.5. Síntesis del avance genealógico

En el Cuadro 6 del Apéndice se presenta en forma sintetizada el proceso de avance genealógico que se llevó a cabo desde la formación de las familias  $F_2$  hasta la generación  $F_5$ , el cual se realizó en base al criterio de selección individual visual entre y dentro de las familias que tuvieron un comportamiento fenotípico aceptable para rendimiento y otros caracteres agronómicos importantes.

En este mismo Cuadro 6 puede apreciarse el incremento gradual de las familias de  $F_2$  a  $F_4$  y la reducción drástica en  $F_5$  debido a las causas anteriormente mencionadas. También puede observarse que el promedio de selecciones dentro de las familias se reduce de  $F_2$  a  $F_4$ , lo cual es esperado independientemente de la cantidad de familias que se manejen, debido a la ganancia en homocigosis dentro de las familias lo que aumenta su uniformidad y disminuye la oportunidad de selección dentro de ellas (Allard, 1978; Valdés, 1987), esto no obstante que la autofecundación en el cultivo del sorgo no es del 100% (Wall y Ross, 1975; Poehlman, 1976; Allard, 1978).



## 4.2. Identificación de familias $F_3$ de rendimiento alto

Bajo el supuesto que familias  $F_3$  de rendimiento alto tendrán un potencial mayor para producir líneas puras superiores en generaciones avanzadas (Harrington, 1940; Immer, 1941; Leffel y Hanson, 1961; Smith y Lambert, 1968; Thorne, 1974), se identificaron a las familias  $F_3$  de mayor rendimiento de grano por parcela en base a dos criterios: 1) capacidad de rendimiento por familia  $F_3$  respecto a un testigo y 2) capacidad de rendimiento entre grupos de familias  $F_3$  emparentadas.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de acuerdo con ambos criterios.

### 4.2.1. Capacidad de rendimiento por parcela de cada familia $F_3$ respecto a un testigo

Para tal efecto se probó la hipótesis experimental de que existen diferencias significativas entre las familias  $F_3$  en cuanto a su capacidad de rendimiento por parcela. De esta forma se procedió a realizar el análisis estadístico por medio del análisis de covarianza, debido a que era muy evidente la variación de plantas cosechadas por parcela y por cada ensayo.

En el Cuadro 7 del Apéndice se presenta en forma sintetizada para cada uno de los 20 ensayos evaluados, el análisis estadístico obtenido para la variable rendimiento de grano por parcela. Se puede observar que 16 ensayos reportaron diferencias significativas entre las familias  $F_3$  en cuanto a su capacidad de rendimiento por parcela; en tanto que en los cuatro ensayos restantes no se reportaron diferencias significativas para la variable en

cuestión.

En el Cuadro 8 del Apéndice se presentan las comparaciones de medias corregidas por covarianza, mediante el método de la diferencia mínima significativa (DMS) para cada uno de los ensayos que manifestaron diferencias significativas para la variable rendimiento de grano por parcela y para los ensayos que no reportaron diferencias estadísticas se procedió únicamente a ordenar decrecientemente los rendimientos obtenidos por las familias  $F_3$ .

De esta forma se identificaron las familias  $F_3$  que en base a su comportamiento individual fueron superiores o iguales estadísticamente al testigo Master 911R, o bien, a las familias  $F_3$  que tuvieron un comportamiento superior con respecto a las demás familias  $F_3$ . Cabe señalar que el híbrido Master 911R utilizado como testigo, tuvo un comportamiento superior con respecto a las familias  $F_3$  en cada uno de los 20 ensayos establecidos, lo cual comprueba su buena capacidad de rendimiento y adaptación para las zonas bajas del Estado de Nuevo León.

En el Cuadro 9 del Apéndice se presentan las familias  $F_3$  identificadas como superiores en base a su capacidad de rendimiento por parcela y en base a una presión de selección ( $p$ ) del 10, 20 y 30%. Con esta información se podrían eliminar las selecciones derivadas de las familias  $F_3$  de rendimiento bajo por parcela y continuar el avance genealógico únicamente en las selecciones derivadas de las familias  $F_3$  de rendimiento alto por parcela.

Por ejemplo, para una presión de selección de un 10% entre las 199 familias  $F_3$ , se continuaría el avance genealógico únicamente en las seleccio

nes derivadas de las 20 familias  $F_3$  mejores en cuanto a su capacidad de rendimiento por parcela, las cuales en promedio tuvieron un rendimiento de 1303.99 g/parcela y se derivaron 81 selecciones para  $F_4$ .

Para el caso de una presión de selección de un 20% entre las familias  $F_3$ , el avance genealógico se continuaría en las selecciones derivadas de las 40 familias  $F_3$  mejores, las cuales rindieron en promedio 1231.58 g/parcela y se derivó un total de 141 selecciones para  $F_4$ . Por último, al aplicar una presión de selección de un 30% entre las familias  $F_3$ , se continuaría el avance genealógico en las selecciones derivadas de las 60 familias  $F_3$  mejores, las cuales tuvieron un rendimiento promedio de 1173.98 g/parcela y de las cuales se tiene un total de 177 selecciones para  $F_4$ .

Cabe señalar, que el híbrido comercial Master 911R utilizado como testigo tuvo un rendimiento promedio en base a los 20 ensayos de 1554.32 g/parcela, lo cual comprueba su comportamiento superior con respecto a las 199 familias  $F_3$  evaluadas, aún y cuando solamente se considere a las familias  $F_3$  superiores en base a una presión de selección del 10, 20 o 30%.

Considerando que el potencial de rendimiento alto en una  $F_1$  como Master 911R se debe a la condición heterocigótica resultante de cruzar dos líneas puras, se esperará que a medida que avancen las generaciones de autofecundación el potencial de rendimiento disminuya (Allard, 1978; Valdés, 1987); lo que explicará lo observado en el sentido de que la mayoría de las familias  $F_3$  evaluadas presentaron un comportamiento inferior para rendimiento de grano por parcela en comparación con el híbrido Master 911R.

En base a lo anterior, es posible considerar que en aquellas familias  $F_3$  que conserven un rendimiento alto con respecto a un testigo híbrido, la

acción génica aditiva es mayor que la no aditiva pues esta última se espera que se reduzca al perderse los arreglos de alelos intra e inter loci presentes en la  $F_1$ , como consecuencia de la autofecundación y ganancia de homocigosis (Valdés, 1987).

Consecuentemente la eliminación de familias  $F_3$  de rendimiento pobre y la conservación de aquellas superiores respecto a un testigo considerando una presión de selección fija, eliminaría la labor implicada en el manejo y cosecha que representaría una cantidad grande de selecciones fenotípicas y a la vez, permitirían al mejorador que concentre en forma más eficiente su trabajo de selección dentro de las familias  $F_3$  mejores, que se espera posean un potencial mayor para derivar líneas puras superiores en generaciones avanzadas.

Thorne (1974) reportó que aplicando una presión de selección de un 25 y 50% entre 153 líneas  $F_3$  de soya, retuvo la mayoría de las líneas superiores derivadas en  $F_5$ ; por lo que puede considerarse como aceptable aplicar una presión de selección del 30%, debido a que se selecciona una cantidad de material razonable para su manejo posterior y principalmente a que habrá una probabilidad menor de eliminar familias  $F_3$  que posiblemente deriven descendencia buena en generaciones posteriores, lo cual seguramente sucedería si se decidiera aplicar una presión de selección estricta de un 10 o un 20%.

En el mismo Cuadro 9 se puede observar que al aplicar una presión de selección de un 30% entre las familias  $F_3$ , se tiene que entre las 60 familias  $F_3$  identificadas como superiores existen siete familias  $F_3$  que no aportaron ninguna selección a la generación  $F_4$ . Al respecto, se ha conside-

rado el que posiblemente se trate de familias  $F_3$  de ciclo vegetativo tardío o que probablemente debido a la presencia de otros caracteres agronómicos indeseables, tales como altura demasiado alta, excersión nula, susceptibilidad a enfermedades, tipo y color de la panoja, etc., hayan contribuido para que estas familias  $F_3$  superiores, no se tomaran en cuenta para seleccionar dentro de ellas y de esta forma no continuar su avance genealógico a la siguiente generación.

#### **4.2.2. Capacidad de rendimiento por parcela entre grupos de familias $F_3$ emparentadas**

La hipótesis experimental de que existen diferencias estadísticas entre los grupos de familias  $F_3$  emparentadas en cuanto a su capacidad de rendimiento por parcela, fue sometida a un análisis por covarianza con el número de plantas cosechadas por parcela.

En el Cuadro 10 del Apéndice se presenta el análisis por covarianza obtenido entre los grupos de familias  $F_3$  emparentadas en cuanto a su capacidad de rendimiento por parcela, en el cual se puede observar que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos considerados para la variable en cuestión.

Al comparar estadísticamente las familias  $F_3$  emparentadas en base a su capacidad de rendimiento por parcela respecto al híbrido Master 911R, se encontró que éste tuvo un comportamiento superior con respecto a los 49 grupos de familias  $F_3$  emparentadas y además se observa que ciertas familias  $F_3$  emparentadas presentaron un rendimiento estadísticamente superior respecto a las demás familias  $F_3$  emparentadas (Cuadro 11).

En el Cuadro 12 del Apéndice se presentan los grupos de familias  $F_3$  emparentadas identificados como superiores en base a su capacidad de rendimiento promedio por parcela y en base a una presión de selección del 10, 20 y 30%. Esta información permitirá eliminar las selecciones derivadas de las familias  $F_3$  emparentadas de rendimiento bajo, para continuar el avance genealógico mediante selección únicamente en las selecciones derivadas de las familias  $F_3$  emparentadas que en promedio tuvieron un comportamiento superior para rendimiento.

De considerar una presión de selección del 10%, se continuaría el avance genealógico en las selecciones derivadas de los mejores cinco grupos de familias  $F_3$  emparentadas, los cuales en promedio tuvieron un rendimiento de 1204.68 g/parcela y derivaron un total de 79 selecciones para  $F_4$ . Para el caso de una presión de selección del 20% se continuaría el avance genealógico en las 131 selecciones derivadas de los mejores diez grupos de familias  $F_3$  emparentadas, los cuales rindieron en promedio 1137.57 g/parcela; por último, de aplicar una presión de selección del 30%, el avance genealógico se continuaría con las 175 selecciones provenientes de los mejores 15 grupos de familias  $F_3$  emparentadas, los cuales tuvieron un rendimiento promedio de 1093.94 g/parcela.

De los tres valores de presión de selección considerados entre los 49 grupos de familias  $F_3$  emparentadas, se recomendará como más conveniente el valor de 30%, debido principalmente a que habrá una probabilidad menor de desechar a familias  $F_3$  que posiblemente deriven una descendencia buena en generaciones posteriores y además, porque se selecciona una cantidad de material razonable para su manejo posterior.

Del mismo Cuadro 12 se puede observar que de aplicar una presión de selección del 30% entre los grupos de familias  $F_3$  emparentadas, se tiene que de las 62 familias  $F_3$  incluídas dentro de los 15 grupos mejores, 51 familias  $F_3$  participaron con al menos una selección para  $F_4$ , mientras que 11 familias  $F_3$  no aportaron ninguna selección para  $F_4$ . Una explicación al respecto se tiene al considerar que posiblemente se trató de familias  $F_3$  que presentaron uno o varios caracteres agronómicos no deseables, tales como ciclo tardío, altura demasiado grande, excersión nula, susceptibilidad a enfermedades, etc., y de esta forma no se practicó selección en estas familias  $F_3$  por lo que no continuaron su avance genealógico para la generación  $F_4$ .

Con respecto a estudiar la posibilidad de utilizar el rendimiento de las familias  $F_3$  de sorgo, como un indicador del potencial genético para generar líneas puras superiores en generaciones avanzadas, se recomendará avanzar genealógicamente todas las selecciones derivadas de las familias  $F_3$  hasta llegar a los ensayos preliminares de rendimiento en  $F_5$  o  $F_6$ , con el objeto de comprobar la predicción establecida en el presente estudio, la cual supone que las familias  $F_3$  de rendimiento alto sean las que aporten una cantidad mayor de líneas superiores en cuanto a rendimiento en generaciones avanzadas; por lo tanto, no se tomará de momento mayor importancia a las selecciones derivadas de las familias  $F_3$  de rendimiento alto.

Hasta la fecha se han efectuado una serie de diversos estudios en generaciones tempranas, principalmente en cultivos de cereales pequeños (trigo, avena, cebada) y leguminosas (soya), esencialmente con el propósito de investigar el compartamiento de las líneas o familias tempranas como una base para predecir el valor agronómico de las generaciones subsiguientes.

En dichos estudios se han obtenido resultados contradictorios, ya que en algunos se han reportado resultados positivos con respecto a predecir la capacidad potencial del rendimiento de las generaciones siguientes; mientras que por el contrario, en otros tantos se han reportado resultados negativos.

Harrington (1940), Immer (1941), Leffel y Hanson (1961), Smith y Lambert (1968) y Thorne (1974) han señalado que el desempeño de las pruebas tempranas ha sido confiable para predecir el valor agronómico de las generaciones subsiguientes. Por el contrario, Atkins y Murphy (1949) señalan que considerable germoplasma de rendimiento alto puede ser eliminado si cruzas enteras son desechadas en base al desempeño en generaciones tempranas; así mismo, Weiss (1949), Mahmud y Kramer (1951) y McKenzie y Lambert (1961) han considerado que los ensayos en generaciones tempranas no proveen una estimación buena del rendimiento potencial de las generaciones subsiguientes.

Dentro de los factores que se han considerado y que posiblemente han determinado el fracaso para predecir el comportamiento de las subsiguientes selecciones, esta principalmente el efecto de la interacción genotipo-ambiente (Leffel y Hanson, 1961; Márquez, 1976; Allard, 1978), la cual se presenta cuando se practica la selección en una sola generación dentro de una población heterogénea segregante y durante el avance genealógico de la misma población (Márquez, 1976).

Por lo anterior, se ha considerado que el comportamiento de las líneas o familias  $F_3$ , observado en un solo ensayo, no es lo suficientemente confiable para predecir el valor agronómico de las subsiguientes selecciones (Márquez, 1976; Allard, 1978).



Por otra parte, al utilizar la selección visual como criterio único de selección, como normalmente se utiliza en el método genealógico durante las generaciones en segregación, también se ve afectada en gran medida por el efecto de la interacción genotipo-ambiente y por otros factores que posiblemente conduzcan al fracaso para reconocer visualmente a las progenies de alto rendimiento en generaciones tempranas, dentro de los cuales están: ensayos inadecuados en espacio y tiempo, heterósis atribuible a efectos de genes epistáticos o dominantes, los cuales no son mantenidos en líneas puras; heterocigosis y heterogeneidad dentro de las progenies de los genotipos y por último, al efecto de competencia entre plantas y parcelas (Leffel y Hanson, 1961).

Además, el número de plantas seleccionadas utilizando exclusivamente la selección visual suele ser considerable, debido a que muchas de las veces el mejorador adopta una aptitud poco estricta a la hora de seleccionar, lo cual resulta en un incremento del trabajo de selección y de los materiales a utilizar para poder manejar en forma oportuna y adecuada la totalidad del material experimental.

De esta forma, se ha considerado conveniente utilizar el sobrante de plantas de las familias  $F_3$  para empezar pruebas preliminares de rendimiento (Poehlman, 1976) y que en combinación con la selección visual, ofrezca una alternativa mejor para eliminar radicalmente a las familias  $F_3$  de comportamiento pobre para rendimiento; por lo tanto, se continuaría el avance genealógico en aquellas que ofrezcan una probabilidad mayor de obtener líneas puras superiores en generaciones avanzadas.

#### 4.3. Efectividad de la selección visual para rendimiento en las familias $F_3$

Con la finalidad de determinar que tan efectiva resultó la selección visual para identificar a las familias  $F_3$  de rendimiento alto, se realizó un análisis de correlación en cada uno de los 20 ensayos entre el número de selecciones individuales obtenidas por cada familia  $F_3$  y su rendimiento en base a los criterios siguientes:

- a) Rendimiento por parcela por familia  $F_3$ .
- b) Rendimiento por planta por familia  $F_3$ .
- c) Rendimiento promedio de los dos anteriores.

Con este último criterio se pretende comprobar lo que en el campo realiza frecuentemente el mejorador al poner en práctica su habilidad para seleccionar visualmente entre y dentro de las familias  $F_3$  en cuanto a su capacidad de rendimiento; es decir, el mejorador primeramente realiza una selección entre las familias  $F_3$  que fenotípicamente se identifican como superiores en cuanto a rendimiento y posteriormente dentro de cada familia  $F_3$  selecciona las plantas mejores en base a la evaluación visual del rendimiento por planta.

Cabe señalar, que durante la selección visual practicada entre las familias  $F_3$  no sólo se consideró la capacidad de rendimiento de las mismas, sino que además se tomaron en cuenta otros caracteres importantes que también tuvieron peso a la hora de seleccionar entre las familias  $F_3$ , tales como altura, excursión, ciclo vegetativo, resistencia a enfermedades, etc. Con esto, se pretende señalar que en algunas familias  $F_3$  de rendimiento al

to no se efectuaron selecciones para continuar su avance genealógico a la siguiente generación, debido a la presencia de uno o varios caracteres agronómicos indeseables.,

En el Cuadro 13 del Apéndice se presentan los coeficientes de correlación para cada uno de los 20 ensayos entre la cantidad de selecciones indiduales por familia  $F_3$  y el rendimiento por familia  $F_3$  en base a los tres criterios establecidos y el valor promedio de correlación para cada criterio.

Para el segundo criterio que considera el rendimiento promedio por planta por familia  $F_3$  y la cantidad de selecciones por familia  $F_3$ , puede observarse que solo en el ensayo número 20 se encontró una correlación positiva alta y significativa, mientras que en los restantes ensayos y en el promedio de los veinte, las correlaciones fueron bajas y no significativas, por lo que puede concluirse que el número de selecciones no está en función del rendimiento promedio por planta.

Para el primer y tercer criterio se puede observar que existe una correlación positiva en cada uno de los 20 ensayos y significativa en siete de ellos, siendo los coeficientes de correlación promedio  $r=0.51872^{**}$  y  $r=0.51825^{**}$ , respectivamente para el rendimiento por parcela por familia  $F_3$  y para el rendimiento promedio de los dos primeros criterios.

De acuerdo al valor promedio  $r=0.51872^{**}$  se puede deducir en primer instancia, que la selección visual para rendimiento por familia  $F_3$  resultó confiable para identificar a las familias  $F_3$  de comportamiento mejor para rendimiento, la cual se considera que está en función de la habilidad del mejorador para visualizar diferencias entre las familias  $F_3$  en base a su cau

pacidad de rendimiento.

Hanson, et al. (1962) en soya, Frey (1962) en avena, Kwon y Torrie (1964) en soya y Briggs y Shebeski (1970) en trigo, reportaron resultados positivos al utilizar la selección visual en generaciones tempranas para mejorar el rendimiento y sobre todo para identificar y eliminar a los tipos agronómicos indeseables, tanto en rendimiento como en caracteres de importancia. Por el contrario, McKenzie y Lambert (1961) y Atkins (1964), trabajando con cebada, indicaron que la evaluación visual no parece ser un método satisfactorio para aislar a las líneas de cebada superiores en rendimiento. Los resultados obtenidos apoyan la mayoría de las observaciones en el sentido de la utilización de la selección visual para identificar familias  $F_3$  de rendimiento alto.

McKenzie y Lambert (1961) en cebada, Thorne (1974) en soya y Ntare y Aken'Ova (1985) en cowpea, reportaron que los rendimientos de las líneas en generaciones tempranas ( $F_3$ ) estuvieron razonablemente bien correlacionados con los rendimientos en generaciones tardías ( $F_5$ ); es decir, la respuesta de las líneas  $F_5$  al ambiente fue predominantemente en la misma dirección que las líneas  $F_3$  relacionadas.

Considerando los resultados obtenidos en el presente estudio en el sentido de que relativamente las familias  $F_3$  de rendimiento mayor fueron las que visualmente derivaron un número mayor de selecciones para  $F_4$ ; y si se mantuviera este comportamiento de que en las familias  $F_3$  de rendimiento mayor se deriven visualmente un número grande de selecciones de generación en generación, se esperaría de acuerdo con los autores mencionados que habrá una probabilidad mayor de que estas familias  $F_3$  de rendi-

miento alto aporten más y mejores líneas puras en generaciones avanzadas, lo que justificaría las pruebas tempranas.

Del mismo Cuadro 13 se puede apreciar que los resultados del tercer criterio son similares al primer criterio, por lo que puede considerarse que la visualización del potencial de rendimiento entre familias en la generación  $F_3$  juega un papel más importante que la visualización del rendimiento por planta dentro de cada familia para definir el número de selecciones por familia; sin embargo, es evidente que la selección dentro de familias  $F_3$  define finalmente el número de familias  $F_4$  a continuar.

#### **4.4. Relación del ciclo vegetativo con el rendimiento y el número de selecciones por familia $F_3$**

##### **4.4.1. Correlación del ciclo vegetativo con el rendimiento por familia $F_3$**

Se ha considerado que en la mayoría de los cultivos el rendimiento de grano está positivamente correlacionado con el ciclo vegetativo (Poehlman, 1976).

Leffel y Hanson (1961) en soya, Hanson, et al. (1962) en soya, Frey (1962) en cebada, Anand y Torrie (1964) en soya y Kwon y Torrie (1964) en soya, reportaron correlaciones positivas entre las variables rendimiento de grano y días a floración. Similarmente, Castillo (1977), Casas (1983), Benítez (1984), González (1985) y González (1988) reportaron en sorgo correlaciones positivas y significativas entre el rendimiento y días a floración.

Considerando tales antecedentes se procedió a determinar si el ciclo vegetativo de las familias  $F_3$  sesgó la selección visual, para lo cual primeramente se efectuó un análisis de correlación en cada uno de los 20 ensayos, entre el rendimiento por parcela de cada familia  $F_3$  y los días a floración, para comparar posteriormente los resultados obtenidos con los antecedentes mencionados y definir al respecto.

En el Cuadro 14 del Apéndice se presentan los coeficientes de correlación para cada uno de los 20 ensayos entre las variables rendimiento por parcela por familia  $F_3$  y los días a floración. Se observa que en 13 de los 20 ensayos existió una correlación positiva entre ambas variables, mientras que en los siete ensayos restantes se tuvo una correlación negativa entre las variables en cuestión.

De acuerdo con estos resultados se observa que existió una tendencia en cuanto a que las familias  $F_3$  de más días a floración fueron las que relativamente rindieron más que aquellas de menos días a floración. Sin embargo, debido a las correlaciones negativas en siete de los 20 ensayos se puede considerar que existe una proporción de familias  $F_3$  de ciclo intermedio y precoz, las cuales rindieron más que aquellas de ciclo tardío.

Las posibles explicaciones por las que en estos siete ensayos se haya presentado una correlación negativa entre el rendimiento de grano por familia  $F_3$  y el número de días a floración, es que posiblemente en estos ensayos el grado de segregación que presentaron algunas familias  $F_3$  con respecto a otras, haya influido en cierta medida a la hora de cuantificar los días a floración, los cuales se consideran un tanto relativos puesto que solamente se contó con dos parcelas para su medición.

Otra explicación posible es en el sentido de que las correlaciones positivas entre las variables rendimiento y días a floración están dadas por bloques de ligamiento los cuales permanecen en la mayoría de las familias  $F_3$ ; sin embargo, en otras familias  $F_3$  estos bloques de ligamiento se rompen originándose recombinantes precoces y de rendimiento alto y consecuentemente correlaciones negativas, lo que arrojaría estos resultados, los cuales indican también la posibilidad de llegar a derivar de estas familias  $F_3$ , líneas puras que combinen precocidad y rendimiento alto (Valdés, 1987).

#### 4.4.2. Correlación del ciclo vegetativo con el número de selecciones aportadas por familia $F_3$

McKenzie y Lambert (1961), Leffel y Hanson (1961), Hanson, et al. (1962), Frey (1962) y Kwon y Torrie (1964) han reportado en estudios diferentes que existe una tendencia por parte de los mejoradores en seleccionar inconscientemente plantas tardías dentro de poblaciones segregantes, por lo que para determinar si en las familias  $F_3$  de más días a floración se realizó inconscientemente una cantidad mayor de selecciones individuales, se efectuó un análisis de correlación en cada uno de los 20 ensayos entre las variables días a floración por familia  $F_3$  y la cantidad de selecciones aportadas por familia  $F_3$ .

En el Cuadro 15 del Apéndice se presentan los coeficientes de correlación para cada uno de los 20 ensayos entre las variables días a floración y cantidad de selecciones aportadas por familia  $F_3$ , en donde se puede observar que en 13 ensayos hubo una correlación positiva entre ambas varia-

bles, mientras que en los siete ensayos restantes se observó una correlación negativa entre las variables en cuestión.

De acuerdo con estos resultados se observa que existió una tendencia en cuanto a que las familias  $F_3$  de ciclo tardío fueron de las que relativamente se derivaron una cantidad mas grande de selecciones para la generación  $F_4$ .

Lo anterior se debió, en gran medida, a que la selección de plantas entre y dentro de las familias  $F_3$  se llevó a cabo sin tomar en consideración a la mayoría de las plantas que previamente se habían identificado y debidamente etiquetadas por su precocidad durante el período de madurez sexual del cultivo.

En base a los resultados obtenidos en los dos incisos considerados anteriormente, se observó una tendencia con respecto al sesgo de la selección visual debido al ciclo vegetativo de las familias  $F_3$ .

Debido a lo anterior, se recomienda que en trabajos futuros de selección dentro de poblaciones segregantes, se lleve a cabo un control estricto para identificar previamente a las familias  $F_3$  por su ciclo vegetativo y seleccionar posteriormente dentro de ellas las plantas que reúnan el mayor número de características deseables de rendimiento, ciclo vegetativo, sanidad y porte agronómico en general, y de esta forma, lograr obtener líneas puras preferentemente de ciclo intermedio y precoz y de buen comportamiento agronómico.



## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio, se concluye y recomienda lo siguiente:

### CONCLUSIONES

1. El avance de las familias  $F_3$  a la generación  $F_4$  mediante el método genealógico fue satisfactorio. De las 199 familias  $F_3$  evaluadas, 136 familias derivaron al menos una selección para  $F_4$  y 63 familias no aportaron ninguna selección; se generaron así un total de 363 familias  $F_4$ .
2. Fue posible identificar las familias  $F_3$  de rendimiento alto en base a una presión de selección (p) del 10, 20 y 30%, considerando los criterios de capacidad de rendimiento por parcela de cada familia  $F_3$  respecto a un testigo y capacidad de rendimiento por parcela entre grupos de familias  $F_3$  emparentadas.
3. El híbrido comercial Master 911R presentó un comportamiento superior con respecto a las familias  $F_3$  en cada uno de los 20 ensayos establecidos.
4. La selección visual entre y dentro de las familias  $F_3$ , resultó confiable y efectiva para identificar a las familias  $F_3$  de comportamiento mejor para rendimiento.
5. Se observó una tendencia no significativa con respecto al sesgo de la selección visual debido al ciclo vegetativo de las familias  $F_3$ .

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar con trabajos de esta línea de investigación, para definir la posibilidad de utilizar el rendimiento de las familias  $F_3$  de sorgo como un indicador del potencial genético para generar líneas puras superiores en generaciones avanzadas.
2. A fin de obtener estimaciones más precisas y confiables sobre la capacidad de rendimiento de las familias  $F_3$ , se recomienda controlar el ambiente de selección mediante asegurar una densidad de población uniforme e incrementar el número de repeticiones en los ensayos.
3. Se recomienda que en futuros trabajos de selección en poblaciones segregantes, se lleve a cabo un control estricto en la identificación y selección de las plantas que reúnan la cantidad mayor de caracteres deseables, agrupándose por ciclo vegetativo para evitar posibles sesgos en la selección visual.

## VI. BIBLIOGRAFIA CITADA

- Allard, R.W. 1978. Principios de la mejora genética de las plantas. 3a. edición. Ed. Omega. Barcelona. 498 p.
- Anand, S.C., and J.H. Torrie. 1963. Heritability of yield and other traits and interrelationships among traits in the  $F_3$  and  $F_4$  generations of three soybean crosses. Crop Science, Vol. 4, No. 6, p:508-511.
- Atkins, R.E. 1964. Visual selection for grain yield in barley. Crop Science, Vol. 4, No. 5, p:494-497.
- Atkins, R.E., and H.C. Murphy. 1949. Evaluation of yield potentialities of oat crosses from bulk hybrid tests. Agron. Journal, Vol. 41, No. 1, p:41-45.
- Benítez O., C.F. 1984. Selección familiar de autohermanos en la población de sorgo [Sorghum bicolor (L.) Moench] NLP1 para condiciones de temporal en Marín, N.L. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, UANL.
- Betancourt, A. y P. Jassa. 1983. Métodos convencionales y procedimientos teóricos del mejoramiento del sorgo. In: proceedings of the plant breeding methods and approaches in sorghum workshop for Latin America. INTSORMIL-INIA-ICRISAT. México.
- Bhola Nath, V., and P. Lawrence. 1981. The importance of advanced population. ICRISAT. Andhra Pradesh, India.
- Brauer H., O. 1983. Fitogenética aplicada. 6a. edición. Ed. Limusa. México. 518 p.
- Briggs, K.G., and L.H. Shebeski. 1970. Visual selection for yielding ability

- of F<sub>3</sub> lines in a hard red spring wheat breeding program. *Crop Science*, Vol. 10, No. 4, p:400-402.
- Casas S., J.F. 1983. Componentes de rendimiento y sus interacciones en sorgo para grano [Sorghum bicolor (L.) Moench]. Proceedings of the plant breeding methods and approaches in sorghum workshop for Latin America. INTSORMII -INIA-ICRISAT. México.
- Castillo G., F. 1977. Correlación entre días a floración, ciclo vegetativo / rendimiento en sorgo para grano [Sorghum bicolor (L.) Moench]. Tesis profesional. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.
- DePauw, R.M., and L.H. Shebeski. 1973. An evaluation of an early generation yield testing procedure in Triticum aestivum. *Can. J. Plant Sci.* 53: 465-470.
- Frey, K.J. 1962. Effectiveness of visual selection upon yield in oat crosses. *Crop Science*, Vol. 2, p:102-104.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2a. edición. Instituto de Geografía. UNAM. México. 246 p.
- González Ch., M.M. 1985. Respuesta esperada a la selección de familias de autohermanos en la población de sorgo [Sorghum bicolor (L.) Moench] US/R en Marín, N.L. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía. UANL.
- González M., Ma. de los A. 1988. Selección familiar de autohermanos en la población de sorgo [Sorghum bicolor (L.) Moench] US/R1, bajo condiciones de temporal en Marín, N.L. (1985). Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, UANL.
- Hanson, W.D., R.C. Leffel, and H.W. Johnson. 1962. Visual discrimination for yield among soybean phenotypes. *Crop Science*, Vol. 2, No. 1, p:93-96.

- Harrington, J.B. 1940. Yielding capacity of wheat crosses as indicated by bulk hybrid tests. *Can. Jour. Res.*, 18:578-584.
- House, L.R. 1982. El sorgo: guía para su mejoramiento genético. Ed. Gaceta. México, D.F.
- Immer, F.R. 1941. Relation between yielding ability and homozigosis in barley crosses. *J. Am. Soc. Agron.*, 33:200-206.
- Kwon, S.H., and J.H. Torrie. 1964. Visual discrimination for yield in two soybean population. *Crop Science*, Vol. 4, No. 3, p:287-290.
- Leffel, R.C., and W.D. Hanson. 1961. Early generation testing of diallel crosses of soybeans. *Crop Science*, Vol. 1, No. 3, p:169-174.
- Mahmud, I., and H.K. Kramer. 1951. Segregation of yield, height and maturity following a soybean cross. *Agron. Journal*, Vol. 43, No. 12, p:605-608.
- Márquez S., F. 1976. El problema de la interacción genético ambiental en genotecnia vegetal. Rama de Genética. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Márquez S., F. 1978. Notas sobre la metodología de mejoramiento genético (a lógamas). Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Mckenzie, R.I., and J.W. Lambert. 1961. A comparison of  $F_3$  lines and their related  $F_6$  lines in two barley crosses. *Crop Science*, Vol. 1, No. 4, p:246-249.
- McNeal, F.H., M.A. Berg, C.A. Watson, and E.J. Koch. 1969. Selection for baking quality in early generatios of a Lemhi \* Thatcher wheat cross. *Crop Science*, Vol. 9, No. 4, p:501-503.

- Ntare, B.R., and M. Aken'Ova. 1985. Yield stability in segregating populations of cowpea. *Crop Science*, Vol. 25, No. 2, p:208-211.
- Poehlman, J.M. 1976. Mejoramiento genético de las cosechas. 5a. edición. Ed. Limusa, México. 453 p.
- Raeber, J.G., and C.R. Weber. 1953. Effectiveness of selection for yield in soybean crosses by bulk and pedigree systems of breeding. *Agron. Journal*, Vol. 45, No. 8, p:362-366.
- Ramírez C., H. 1977. Estudio de parámetros genéticos en poblaciones  $F_2$  de sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.) en Gral. Escobedo, N.L. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, UANL.
- Romero H., L. 1977. Selección entre y dentro de 47 familias  $F_2$  derivadas de híbridos comerciales de sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.). Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, UANL.
- Romero H., L. y V. Guiragossian. 1984. Mejoramiento genético del sorgo (Métodos y Procedimientos). ICRISAT-FAUANL.
- Ross, W.M., and C.D. Gardner. 1983. The mechanics of population improvement in sorghum. Proceedings of the plant breeding methods and approaches in sorghum workshop for Latin America. INTSORMIL-INIA-ICRISAT. México.
- Smith, E.L., and J.W. Lambert. 1968. Evaluation of early generation testing in spring barley. *Crop Science*, Vol. 8, No. 4, p:490-493.
- Smith, J.R., and R.E. Nelson. 1987. Predicting yield from early generation estimates of reproductive growth periods in soybean. *Crop Science*, Vol. 27, No. 3, p:471-474.

- Steel, R., and J. Torrie. 1960. Principles and procedures of statistics with special reference to the biological sciences. New York, McGraw-Hill.
- Thorne, J.C. 1974. Early generation testing and selection in soybeans: associated of yields in  $F_3$  and  $F_5$  derived lines. Crop Science, Vol. 14, No. 6, p:898-900.
- Treviño R., J.E. 1980. Estimación y comparación de parámetros genéticos en poblaciones segregantes  $F_2$  y  $F_3$  de sorgo para grano (Sorghum vulgare Pers.) en Gral Escobedo, N.L. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, UANL.
- Valdés L., C.G.S. 1987. Curso de mejoramiento de plantas. Facultad de Agronomía, UANL. Material no publicado.
- Vega Z., G. 1984. Programa Nacional de Investigación en Sorgo. Memorias sobre la Primera Reunión Nacional de Sorgo. Marín, N.L. FAUANL, AMEAS, CONACYT. p:65-72.
- Voigt, R.L., and C.R. Weber. 1960. Effectiveness of selection methods for yield in soybean crosses. Agron. Journal, Vol. 52, No. 9, p:527-530.
- Wall, S.J. y M.W. Ross. 1975. Producción y usos del sorgo. 1a. edición. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires. 399 p.
- Weiss, M.G. 1949. Soybeans. In Norman, A.G. Advances in Agronomy I. p:77-157. New York, Academic Press Inc.
- Williams, W. 1965. Principios de genética y mejora de las plantas. 1a. edición. Ed. Acribia. Zaragoza. 527 p.

## VII. APENDICE



Cuadro 1. Distribución de las 199 familias  $F_3$  de sorgo en los 20 ensayos establecidos durante el ciclo tardío de 1987 en Marín, N.L. Prueba temprana en familias  $F_3$  de sorgo para predicción del valor selectivo.

Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5
1 MASTER 911R	1 MASTER 911R	1 MASTER 911R	1 MASTER 911R	1 MASTER 911R
2 H012LI84-1	2 H014099-2	2 H003030-1	2 H014018-2	2 H010099-1
3 H012LI84-2	3 H014099-3	3 H003030-2	3 H014018-3	3 H010099-2
4 H010031-1	4 H014099-4	4 H003030-3	4 H010023-1	4 H010099-3
5 H010031-2	5 H014099-5	5 H003030-4	5 H010023-2	5 H010099-4
6 H010031-3	6 H014099-6	6 H010002-1	6 H010023-3	6 H010099-5
7 H010031-4	7 H002030-1	7 H014023-1	7 H012082-1	7 H003001-1
8 H007107-1	8 H002030-2	8 H014023-2	8 H005011-1	8 H003001-2
9 H007107-2	9 H002030-3	9 H016023-1	9 H005011-2	9 H014037-1
10 H007107-3	10 H002030-4	10 H016023-2	10 H010030-1	10 H014037-2
11 H014099-1	11 H002030-5	11 H014018-1	11 H016077-1	11 H014037-3
Ensayo 6	Ensayo 7	Ensayo 8	Ensayo 9	Ensayo 10
1 MASTER 911R	1 MASTER 911R	1 MASTER 911R	1 MASTER 911R	1 MASTER 911R
2 H014037-4	2 H017082-2	2 H014001-5	2 H014107-7	2 H007001-6
3 H014037-5	3 H017082-3	3 H010002-1	3 H014107-8	3 H014114-1
4 H005099-1	4 H017082-4	4 H010002-2	4 H014107-9	4 H014114-2
5 H005099-2	5 H017082-5	5 H010002-3	5 H014107-10	5 H014114-3
6 H005099-3	6 H017082-6	6 H014107-1	6 H010005-1	6 H014114-4
7 H005099-4	7 H017082-7	7 H014107-2	7 H007001-1	7 H002050-1
8 H014034-1	8 H014001-1	8 H014107-3	8 H007001-2	8 H002050-2
9 H014034-2	9 H014001-2	9 H014107-4	9 H007001-3	9 H002050-3
10 H014034-3	10 H014001-3	10 H014107-5	10 H007001-4	10 H002050-4
11 H017082-1	11 H014001-4	11 H014107-6	11 H007001-5	11 H002099-1

Continúa...

Cuadro 1. Continuación.

Ensayo 11	Ensayo 12	Ensayo 13	Ensayo 14	Ensayo 15
1 MASTER 911R	1 MASTER 911R	1 MASTER 911R	1 MASTER 911R	1 MASTER 911R
2 H002099-2	2 H003099-4	2 H003024-1	2 H016112-1	2 H003LI56-1
3 H030030-1	3 H003099-5	3 H003024-2	3 H016112-2	3 H003LI56-2
4 H030030-2	4 H003099-6	4 H003024-3	4 H005088-1	4 H003LI56-3
5 H030030-3	5 H003099-7	5 H014087-1	5 H005088-2	5 H003LI56-4
6 H030030-4	6 H012125-1	6 H014087-2	6 H005088-3	6 H003LI56-5
7 H014026-1	7 H016087-1	7 H014087-3	7 H006022-1	7 H009030-1
8 H014026-2	8 H016087-2	8 H014087-4	8 H006022-2	8 H009030-2
9 H003099-1	9 H016087-3	9 H014087-5	9 H003022-1	9 H009030-3
10 H003099-2	10 H016087-4	10 H014087-6	10 H003022-2	10 H009030-4
11 H003099-3	11 H016087-5	11 H014087-7	11 H003022-3	11 H009030-5
Ensayo 16	Ensayo 17	Ensayo 18	Ensayo 19	Ensayo 20
1 MASTER 911R	1 MASTER 911R	1 MASTER 911R	1 MASTER 911R	1 MASTER 911R
2 H009030-6	2 H010099-6	2 H014002-1	2 H011107-5	2 H014022-7
3 H003099-8	3 H010099-7	3 H014002-2	3 H011107-6	3 H014022-8
4 H003099-9	4 H010099-8	4 H010107-1	4 H011107-7	4 H014099-1
5 H003099-10	5 H010099-9	5 H010107-2	5 H011107-8	5 H014099-2
6 H003099-11	6 H010099-10	6 H010107-3	6 H014022-1	6 H007025-1
7 H003099-12	7 H010099-11	7 H010107-4	7 H014022-2	7 H007025-2
8 H003099-13	8 H010099-12	8 H011107-1	8 H014022-3	8 H007025-3
9 H003099-14	9 H010099-13	9 H011107-2	9 H014022-4	9 H003114-1
10 H003099-15	10 H010099-14	10 H011107-3	10 H014022-5	10 H003114-2
11 H003099-16	11 H010099-15	11 H011107-4	11 H014022-6	

Cuadro 2. Comportamiento fenotípico de los 95 Híbridos Experimentales de Sorgo (HES) establecidos durante el ciclo tardío de 1986 en Marín, N.L. Prueba temprana en familias  $F_3$  de sorgo para predicción del valor selectivo.

No.	Híbrido	Calificación fenotípica	No.	Híbrido	Calificación fenotípica	No.	Híbrido	Calificación fenotípica
1.	H014107	Excelente	41.	H012030	Regular	81.	H010112	Pobre
2.	H016087	Excelente	42.	H012082	Regular	82.	H011049	Pobre
3.	H016112	Excelente	43.	H012125	Regular	83.	H012107	Pobre
4.	H002030	Bueno	44.	H012LI84	Regular	84.	H014003	Pobre
5.	H003099	Bueno	45.	H014001	Regular	85.	H014008	Pobre
6.	H014023	Bueno	46.	H014002	Regular	86.	H014085	Pobre
7.	H014030	Bueno	47.	H014009	Regular	87.	H014092	Pobre
8.	H016023	Bueno	48.	H014018	Regular	88.	H014097	Pobre
9.	H002050	Regular	49.	H014022	Regular	89.	H015084	Pobre
10.	H002099	Regular	50.	H014026	Regular	90.	H016049	Pobre
11.	H003001	Regular	51.	H014027	Regular	91.	H017022	Pobre
12.	H003022	Regular	52.	H014034	Regular	92.	H017023	Pobre
13.	H003024	Regular	53.	H014037	Regular	93.	H017030	Pobre
14.	H003030	Regular	54.	H014087	Regular	94.	H017037	Pobre
15.	H003034	Regular	55.	H014099	Regular	95.	H017099	Pobre
16.	H003114	Regular	56.	H014112	Regular			
17.	H003LI56	Regular	57.	H014114	Regular			
18.	H005011	Regular	58.	H016034	Regular			
19.	H005030	Regular	59.	H016077	Regular			
20.	H005088	Regular	60.	H017026	Regular			
21.	H005099	Regular	61.	H017082	Regular			
22.	H005107	Regular	62.	H030030	Regular			
23.	H006022	Regular	63.	H002025	Pobre			
24.	H007001	Regular	64.	H002034	Pobre			
25.	H007025	Regular	65.	H002049	Pobre			
26.	H007107	Regular	66.	H002LI84	Pobre			
27.	H009030	Regular	67.	H003026	Pobre			
28.	H010001	Regular	68.	H003107	Pobre			
29.	H010002	Regular	69.	H003LI84	Pobre			
30.	H010003	Regular	70.	H006007	Pobre			
31.	H010004	Regular	71.	H006018	Pobre			
32.	H010005	Regular	72.	H006031	Pobre			
33.	H010022	Regular	73.	H006112	Pobre			
34.	H010023	Regular	74.	H007LI84	Pobre			
35.	H010026	Regular	75.	H009034	Pobre			
36.	H010030	Regular	76.	H010006	Pobre			
37.	H010031	Regular	77.	H010007	Pobre			
38.	H010099	Regular	78.	H010009	Pobre			
39.	H010107	Regular	79.	H010018	Pobre			
40.	H011107	Regular	80.	H010027	Pobre			

Cuadro 3. Relación entre las familias  $F_2$  y el número de selecciones aportadas a la generación  $F_3$  durante el ciclo temprano de 1987. Marín, N.L. Prueba temprana en familias  $F_3$  de sorgo para predicción del valor selectivo.

No.	Familia $F_2$	No. de selecciones derivadas a $F_3$	No.	Familia $F_2$	No. de selecciones derivadas a $F_3$
1.	H003099	16	32.	H002099	2
2.	H010099	15	33.	H003001	2
3.	H014107	10	34.	H003114	2
4.	H011107	8	35.	H005011	2
5.	H014022	8	36.	H006022	2
6.	H014087	7	37.	H012L184	2
7.	H017082	7	38.	H014002	2
8.	H007001	6	39.	H014009	2
9.	H009030	6	40.	H014023	2
10.	H014099	6	41.	H014026	2
11.	H002030	5	42.	H016023	2
12.	H003L156	5	43.	H016112	2
13.	H014001	5	44.	H010002	2
14.	H014037	5	45.	H010005	1
15.	H016087	5	46.	H010030	1
16.	H002050	4	47.	H012082	1
17.	H003030	4	48.	H012125	1
18.	H005099	4	49.	H016077	1
19.	H010031	4	50.	H003034	0
20.	H010107	4	51.	H005030	0
21.	H014114	4	52.	H005107	0
22.	H030030	4	53.	H010001	0
23.	H003022	3	54.	H010003	0
24.	H003024	3	55.	H010004	0
25.	H005088	3	56.	H010026	0
26.	H007025	3	57.	H012030	0
27.	H007107	3	58.	H014027	0
28.	H010022	3	59.	H014030	0
29.	H010023	3	60.	H014112	0
30.	H014018	3	61.	H016034	0
31.	H014034	3	62.	H017026	0

Cuadro 4. Relación entre las familias  $F_3$  y el número de selecciones que derivaron a la generación  $F_4$ . Prueba temprana en familias  $F_3$  de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío de 1987.

No. Familia $F_3$	No. de selecciones para $F_4$	No. Familia $F_3$	No. de selecciones para $F_4$	No. Familia $F_3$	No. de selecciones para $F_4$
1. HO10031-1*	10	37. H003030-1	3	73. HO12082-1	2
2. HO14026-2	8	38. H003030-4	3	74. HO14037-3	2
3. H009030-6*	8	39. HO14018-1	3	75. H005099-3	2
4. HO10030-1*	7	40. HO14018-2	3	76. HO10022-1	2
5. HO17082-3*	7	41. HO10099-1	3	77. HO14107-1	2
6. HO14114-1*	7	42. H003001-2	3	78. HO14107-5	2
7. HO14099-2*	6	43. HO14037-5	3	79. HO14114-4	2
8. HO17082-4*	6	44. H005099-1	3	80. H002099-1	2
9. H002050-2*	6	45. H005099-4	3	81. H030030-1	2
10. H009030-1*	6	46. HO14034-1	3	82. H003099-2	2
11. H003030-2*	5	47. HO10022-3	3	83. H003099-7	2
12. HO17082-1*	5	48. HO14107-2	3	84. HO16087-2	2
13. HO14114-3*	5	49. HO14107-4	3	85. HO14087-4	2
14. HO14026-1	5	50. HO14107-9	3	86. HO14087-5	2
15. H006022-1	5	51. H002050-1	3	87. H006022-2	2
16. H003022-3	5	52. H002050-4	3	88. H003022-1	2
17. HO14022-1*	5	53. H030030-2	3	89. H003022-2	2
18. HO12LI84-2	4	54. H003099-1	3	90. H003LI56-1	2
19. H007107-2	4	55. HO16087-5	3	91. H003LI56-2	2
20. HO14099-5*	4	56. H003024-3	3	92. H003099-9	2
21. HO16023-1	4	57. H003099-13	3	93. HO10099-7	2
22. HO10099-5*	4	58. HO10099-8	3	94. HO11107-1	2
23. HO17082-6*	4	59. HO11107-4	3	95. HO11107-3	2
24. HO14001-3*	4	60. HO11107-8	3	96. H007025-3	2
25. HO14107-10*	4	61. H007025-2	3	97. H007107-1	1
26. H007001-1*	4	62. H003114-2	3	98. HO10002-1	1
27. H007001-3*	4	63. HO10031-3	2	99. HO10023-3	1
28. HO14087-3*	4	64. HO10031-4	2	100. H005011-2	1
29. H003LI56-3*	4	65. H007107-3	2	101. HO14034-2	1
30. H009030-2*	4	66. HO14099-3	2	102. HO14034-3	1
31. H009030-4*	4	67. HO14099-6	2	103. HO17082-2	1
32. HO12LI84-1	3	68. H002030-1	2	104. HO17082-5	1
33. HO14099-1	3	69. H002030-2	2	105. HO14001-2	1
34. H002030-3	3	70. HO14023-1	2	106. HO14001-5	1
35. H002030-4	3	71. HO16023-2	2	107. HO10022-2	1
36. H002030-5	3	72. HO14018-3	2	108. HO14107-3	1

\* Familias  $F_3$  derivadas de familias  $F_2$  que también originaron una cantidad grande de selecciones.

Continúa...

Cuadro 4. Continuación.

No. Familia F <sub>3</sub>	No. de se lecciones para F <sub>4</sub>	No. Familia F <sub>3</sub>	No. de se lecciones para F <sub>4</sub>	No. Familia F <sub>3</sub>	No. de se lecciones para F <sub>4</sub>
109.	HO14107-7	1	145.	HO10099-1	0
110.	HO07001-4	1	146.	HO10099-2	0
111.	HO07001-5	1	147.	HO10099-4	0
112.	HO02099-2	1	148.	HO03001-1	0
113.	HO30030-3	1	149.	HO14037-1	0
114.	HO03099-3	1	150.	HO14037-2	0
115.	HO03099-5	1	151.	HO14037-4	0
116.	HO16087-1	1	152.	HO05099-2	0
117.	HO16087-3	1	153.	HO17082-7	0
118.	HO03024-2	1	154.	HO14001-1	0
119.	HO14087-1	1	155.	HO14001-4	0
120.	HO14087-2	1	156.	HO14107-6	0
121.	HO05088-2	1	157.	HO14107-8	0
122.	HO03LI56-5	1	158.	HO10005-1	0
123.	HO09030-3	1	159.	HO07001-2	0
124.	HO09030-5	1	160.	HO07001-6	0
125.	HO03099-8	1	161.	HO14114-2	0
126.	HO03099-14	1	162.	HO02050-3	0
127.	HO10099-10	1	163.	HO30030-4	0
128.	HO10099-11	1	164.	HO03099-4	0
129.	HO10107-4	1	165.	HO03099-6	0
130.	HO11107-2	1	166.	HO12125-1	0
131.	HO11107-7	1	167.	HO16087-4	0
132.	HO14022-2	1	168.	HO03024-1	0
133.	HO14022-3	1	169.	HO14087-6	0
134.	HO14022-5	1	170.	HO14087-7	0
135.	HO14022-6	1	171.	HO16112-1	0
136.	HO03114-1	1	172.	HO16112-2	0
137.	HO10031-2	0	173.	HO05088-1	0
138.	HO14099-4	0	174.	HO05088-3	0
139.	HO03030-3	0	175.	HO03LI56-4	0
140.	HO14023-2	0	176.	HO03099-10	0
141.	HO10023-1	0	177.	HO03099-11	0
142.	HO10023-2	0	178.	HO03099-12	0
143.	HO05011-1	0	179.	HO03099-15	0
144.	HO16077-1	0	180.	HO03099-16	0
			181.	HO10099-6	0
			182.	HO10099-9	0
			183.	HO10099-12	0
			184.	HO10099-13	0
			185.	HO10099-14	0
			186.	HO10099-15	0
			187.	HO14022-1	0
			188.	HO14022-2	0
			189.	HO10107-1	0
			190.	HO10107-2	0
			191.	HO10107-3	0
			192.	HO11107-5	0
			193.	HO11107-6	0
			194.	HO14022-4	0
			195.	HO14022-7	0
			196.	HO14022-8	0
			197.	HO14099-1	0
			198.	HO14099-2	0
			199.	HO07025-1	0

Cuadro 5. Relación entre el número de familias  $F_3$  y el número de selecciones que derivaron a la generación  $F_4$ . Prueba temprana en familias  $F_3$  de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío de 1987.

No. de familias en $F_3$ (MV87)	No. de selecciones aportadas a $F_4$	Total de selecciones para $F_4$	% de las familias $F_3$ con respecto al total
1	10	10	0.502
2	8	16	1.005
3	7	21	1.507
4	6	24	2.01
7	5	35	3.51
14	4	56	7.03
31	3	93	15.57
34	2	68	17.08
40	1	40	20.10
63	0	0	31.65
$\Sigma = 199$		$\Sigma = 363$	$\Sigma = 100.00$

Cuadro 6. Síntesis del proceso de avance genealógico de  $F_1$  a  $F_5$ . Prueba temprana en familias  $F_3$  de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío de 1987.

Generación	Ciclo agrícola	No. de familias	No. de familias que participaron con al menos una selección	No. de selecciones entre y dentro de las familias	Promedio de selecciones dentro de las familias
$F_1$	MV86	95 HES	---	62	---
$F_2$	MP87	62 $F_2$	49	199	4
$F_3$	MV87	199 $F_3$	136	363	2.7
$F_4$	MP88	363 $F_4$	31	44	1.4
$F_5$	MV88	44 $F_5$	---	---	---

Cuadro 7. Síntesis del análisis de covarianza para la variable rendimiento de grano por parcela (g) en cada uno de los 20 ensayos. Prueba temprana en familias  $F_3$  de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío de 1987.

No. de ensayo	SCT	CMT	F	Significancia de $F$	CV (%)
1.	1680600.875	168060.094	7.547	0.003 **	15.69
2.	935118.000	93511.797	6.188	0.006 **	9.93
3.	1063500.750	106350.078	6.435	0.005 **	13.06
4.	1532116.000	153211.594	6.707	0.005 **	15.69
5.	1307269.875	130726.984	6.481	0.005 **	13.48
6.	1037910.937	103791.094	8.844	0.002 **	10.00
7.	349767.406	34976.742	0.778	0.651 NS	19.73
8.	1015948.000	101594.800	7.542	0.003 **	12.33
9.	750184.937	75018.492	2.158	0.131 NS	20.17
10.	885722.625	88572.266	4.869	0.013 *	12.59
11.	742020.062	74202.008	1.897	0.175 NS	19.01
12.	701962.000	70196.203	3.835	0.028 *	13.55
13.	313554.531	31355.453	5.541	0.009 **	7.53
14.	486777.625	48677.762	4.579	0.016 *	10.68
15.	256860.875	25686.088	2.178	0.128 NS	9.16
16.	445712.906	44571.289	4.326	0.020 *	11.47
17.	532561.125	53256.113	4.004	0.025 *	12.65
18.	977830.000	97783.000	8.045	0.003 *	12.99
19.	965710.937	96571.094	3.455	0.038 *	20.97
20.	736906.875	73690.800	5.975	0.010 **	12.05

\*\* = altamente significativo ( $\alpha = 0.01$ )

\* = significativo ( $\alpha = 0.05$ )

NS = no significativo



Cuadro 8. Resultados de la prueba comparativa de medias (DMS) para la variable rendimiento de grano por parcela (g) en cada uno de los 20 ensayos. Prueba temprana en familias F<sub>3</sub> de sorgo para predicción del valor selectivo.

ENSAYO 1		ENSAYO 2		ENSAYO 3		ENSAYO 4		ENSAYO 5	
FAM. F3	REND. $\alpha$ g/parc. 0.05	FAM. F3	REND. $\alpha$ g/parc. 0.05	FAM. F3	REND. $\alpha$ g/parc. 0.05	FAM. F3	REND. $\alpha$ g/parc. 0.05	FAM. F3	REND. $\alpha$ g/parc. 0.05
MASTER 911	1743.59	MASTER 911	1874.54	MASTER 911	1532.57	MASTER 911	1845.88	MASTER 911	1628.75
H010031-1	1523.24	H002030-4	1427.45	H003030-4	1156.95	H010023-1	1042.15	H010099-3	1318.77
H010031-4	1028.84	H002030-3	1372.9	H010002-1	1095.20	H010023-3	1030.99	H010099-2	1262.65
H007107-1	952.85	H002030-2	1340.88	H014023-2	1081.49	H010023-5	1020.58	H010099-5	1237.79
H014099-1	908.12	H014099-6	1319.26	H003030-3	998.98	H014018-3	1003.73	H010099-4	1052.75
H007107-2	849.00	H014099-2	1251.83	H003030-2	976.97	H010003-1	978.06	H003001-2	999.45
H012184-1	795.08	H002030-1	1209.19	H003030-1	887.23	H012082-1	849.31	H014037-2	926.32
H010031-3	781.71	H014099-5	1075.65	H016023-1	879.77	H005011-2	837.11	H003001-1	916.08
H010031-2	634.79	H002030-5	1022.85	H014018-1	865.65	H014018-2	801.32	H014037-3	796.85
H012184-2	628.44	H014099-4	878.38	H014023-1	764.26	H016077-1	649.02	H014037-1	738.72
H007107-3	617.46	H014099-3	841.53	H016023-2	570.32	H005011-1	501.34	H010099-1	738.05
ENSAYO 6		ENSAYO 7		ENSAYO 8		ENSAYO 9		ENSAYO 10	
FAM. F3	REND. $\alpha$ g/parc. 0.05	FAM. F3	REND. $\alpha$ g/parc.	FAM. F3	REND. $\alpha$ g/parc. 0.05	FAM. F3	REND. $\alpha$ g/parc.	FAM. F3	REND. $\alpha$ g/parc. 0.05
MASTER 911	1423.49	MASTER 911	1554.78	MASTER 911	1634.55	MASTER 911	1605.49	MASTER 911	1730.04
H004034-1	1341.49	H017082	1334.80	H014107-4	1032.78	H014107-10	1016.06	H014114-1	1219.87
H014034-3	1222.81	H017082-4	1199.74	H014107-2	958.52	H014107-8	962.78	H002030-2	1207.93
H014037-5	1218.18	H017082-6	1183.09	H010022-1	944.47	H007001-1	962.36	H002059-1	1085.82
H017082-1	1151.12	H014001-3	1102.70	H014107-3	943.62	H014107-9	928.14	H002030-3	1059.65
H005099-4	1100.14	H017082-1	1006.98	H010022-3	890.41	H014107-7	839.20	H002030-1	1041.35
H005099-3	1072.77	H017082-5	996.77	H014001-5	840.06	H010008-1	829.16	H002080-4	952.88
H014034-2	976.48	H017082-7	968.04	H014107-5	826.82	H007001-3	826.42	H014114-2	947.65
H008099-1	940.03	H014001-1	918.00	H010022-2	815.8	H007001-4	817.49	H014114-3	905.53
H005099-2	830.05	H014001-4	847.83	H014107-1	793.98	H007001-2	702.37	H014114-4	886.23
H014037-4	696.8	H014001-2	787.8	H014107-6	672.28	H007001-5	636.59	H007001-6	700.63

Continúa...

Cuadro 8. Continuación.

ENSAYO 11		ENSAYO 12		ENSAYO 13		ENSAYO 14		ENSAYO 15	
FAM. F3	REND. g/parc.	FAM. F3	REND. g/parc.	FAM. F3	REND. g/parc.	FAM. F3	REND. g/parc.	FAM. F3	REND. g/parc.
MASTER 911 R	1750.93	MASTER 911 R	1395.84	MASTER 911 R	1462.50	MASTER 911 R	1241.50	MASTER 911 R	1437.95
H014026-2	1276.03	H003099-7	1243.79	H003024-2	1073.34	H016112-2	1216.32	MASTER 911 R	1377.76
H030030-3	1139.35	H003099-5	1197.67	H014087-2	1071.82	H003022-1	1082.10	H009030-2	1319.06
H014026-1	1113.12	H003099-6	1096.12	H014087-4	1053.27	H003022-3	1074.47	H009030-4	1292.47
H003099-2	1019.95	H016087-4	1029.33	H014087-7	1015.20	H006022-1	976.99	H009030-1	1201.87
H030030-2	972.25	H016087-5	966.26	H003024-3	1008.83	H003022-2	965.45	H003156-3	1133.43
H030030-4	931.86	H016087-3	944.13	H003024-1	963.16	H006022-2	911.08	H003156-2	1119.10
H003099-3	901.89	H016087-1	896.43	H014087-1	919.43	H005088-2	878.59	H003156-1	1093.03
H003099-1	887.21	H016087-2	818.50	H014087-3	903.74	H005088-3	865.53	H003156-5	1081.30
H030030-1	819.77	H003099-4	807.45	H014087-5	865.85	H005088-1	758.90	H009030-3	1033.35
H002099-2	736.04	H012125-1	685.42	H014087-6	665.60	H016112-1	598.04	H003156-4	1007.88
ENSAYO 16		ENSAYO 17		ENSAYO 18		ENSAYO 19		ENSAYO 20	
FAM. F3	REND. g/parc.	FAM. F3	REND. g/parc.	FAM. F3	REND. g/parc.	FAM. F3	REND. g/parc.	FAM. F3	REND. g/parc.
MASTER 911 R	1278.18	MASTER 911 R	1325.62	MASTER 911 R	1689.31	MASTER 911 R	1324.84	MASTER 911 R	1484.40
H009030-6	1238.92	H010099-9	1076.59	H01107-1	892.84	H014022-1	960.73	H007025-2	1205.58
H003099-8	986.47	H010099-10	926.99	H01107-4	836.89	H014022-3	843.76	H007025-3	1182.00
H003099-13	949.77	H010099-7	908.91	H01107-3	823.69	H01107-7	813.78	H003114-2	1028.62
H003099-16	875.51	H010099-13	900.91	H010107-1	822.32	H01107-5	789.82	H007025-1	952.83
H003099-9	820.34	H010099-9	879.48	H014002-2	814.59	H014022-6	701.60	H014099-1	918.61
H003099-10	795.20	H010099-12	840.45	H010107-4	814.18	H014022-4	698.19	H014022-8	890.98
H003099-12	771.81	H010099-14	818.49	H010107-3	757.54	H01107-8	672.87	H014022-7	732.36
H003099-14	741.63	H010099-16	809.79	H01107-2	652.48	H014022-2	618.39	H003114-1	731.41
H003099-15	625.09	H010099-11	780.14	H010107-2	649.89	H014022-5	610.17	H014099-2	523.26
H003099-11	594.14	H010099-6	739.95	H014002-1	598.47	H01107-6	584.39		

Cuadro 9. Familias F<sub>3</sub> identificadas como superiores en base a su capacidad de rendimiento por parcela y en base a una presión de selección (p) del 10, 20 y 30%. Prueba temprana en familias F<sub>3</sub> de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío de 1987.

PRESION DE SELECCION (p)

p = 10%		p = 20%		p = 30%				
Familia F <sub>3</sub>	Rendimiento g/parcela	No. de selecciones	Familia F <sub>3</sub>	Rendimiento g/parcela	No. de selecciones	Familia F <sub>3</sub>	Rendimiento g/parcela	No. de selecciones
1 H010031-1	1523.24	10	21 H016112-2	1216.32	0	41 H003022-1	1089.10	2
2 H009030-5	1437.93	1	22 H002030-1	1209.19	2	42 H002099-1	1085.82	2
3 H002030-4	1427.45	3	23 H002050-2	1207.93	6	43 H014023-2	1081.49	0
4 H002030-3	1372.90	3	24 H007025-2	1205.58	3	44 H003LI56-5	1081.30	1
5 H014034-1	1341.49	2	25 H009030-1	1201.87	6	45 H010099-3	1076.59	3
6 H002030-2	1340.88	2	26 H017082-4	1199.74	6	46 H014099-5	1075.65	4
7 H017082-3	1334.50	7	27 H017082-6	1183.09	4	47 H003022-3	1074.47	5
8 H014099-6	1319.26	2	28 H007025-3	1182.00	2	48 H003024-2	1073.34	1
9 H009030-2	1319.06	4	29 H003099-5	1157.67	1	49 H005099-3	1072.77	2
10 H010099-3	1318.77	3	30 H003030-4	1156.95	3	50 H014087-2	1071.82	1
11 H009030-4	1292.47	4	31 H017082-1	1151.12	6	51 H002050-3	1059.65	0
12 H014026-2	1276.03	8	32 H030030-3	1139.35	1	52 H014087-4	1055.27	2
13 H010099-2	1262.65	0	33 H003LI56-3	1133.43	4	53 H010099-4	1052.75	0
14 H014099-2	1251.83	6	34 H003LI56-2	1119.10	2	54 H002050-1	1041.35	3
15 H003099-7	1243.79	2	35 H014026-1	1113.12	5	55 H009030-3	1033.35	1
16 H009030-6	1238.92	8	36 H014001-3	1102.70	4	56 H014107-4	1032.78	3
17 H010099-5	1237.79	4	37 H005099-4	1100.70	3	57 H010023-3	1030.99	1
18 H014034-3	1222.81	1	38 H003099-5	1096.12	0	58 H016087-4	1029.33	0
19 H014114-1	1219.87	7	39 H010002-1	1095.20	1	59 H010031-4	1028.84	2
20 H014037-5	1218.18	3	40 H003LI56-1	1093.03	2	60 H003114-2	1028.62	3

Σ = 81

$\bar{X}$  = 1309.99

Σ = 141

$\bar{X}$  = 1231.58

Σ = 177

$\bar{X}$  = 1173.98

Cuadro 10. Análisis de covarianza para la variable rendimiento de grano por parcela (g) entre grupos de familias  $F_3$  emparentadas. Prueba temprana en familias  $F_3$  de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío de 1987.

FV	gl	SC	CM	F calculada	F tabulada
Covariable	1	1142130.125	1142130.125	115.984	
Tratamientos	49	2077863.000	42405.367	4.306	2.24 **
Bloques	1	59014.957	59014.957	5.993	
Error	48	472669.812	9847.288		
Total	99	3751677.894			

C.V. = 10.78%

Cuadro 11. Resultados de la prueba comparativa de medias (DMS) para la variable rendimiento de grano por parcela (g) entre grupos de familias F<sub>3</sub> emparentadas. Prueba temprana en familias F<sub>3</sub> de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío de 1987.

No. Familia F <sub>3</sub>	Rendimiento promedio entre familias F <sub>3</sub> empa rentadas (g/parcela)	$\alpha$ 0.05	No. Familia F <sub>3</sub>	Rendimiento promedio entre familias F <sub>3</sub> empa rentadas (g/parcela)	$\alpha$ 0.05
1. MASTER 911R	1554.32	a	26. H014023	922.87	f-z
2. H002030	1274.65	b	27. H002099	910.93	g-z
3. H009030	1253.93	bc	28. H016112	907.18	g-z
4. H014026	1194.57	bcd	29. H014001	899.13	g-z
5. H014034	1180.26	b-e	30. H014107	897.61	g-z
6. H017082	1120.03	b-f	31. H003099	892.13	h-z
7. H007025	1113.47	b-g	32. H014018	890.23	h-z
8. H010002	1095.20	b-h	33. H010022	883.23	i-z
9. H003LI56	1086.94	b-i	34. H003114	879.50	j-z
10. H002050	1065.45	c-j	35. H014037	875.37	j-z
11. H014099	1045.79	d-k	36. H012082	849.31	k-z
12. H003022	1040.67	d-l	37. H005088	834.34	m-z
13. H010023	1031.24	d-m	38. H010005	829.16	n-z
14. H003024	1015.11	d-n	39. H007107	806.43	o-z
15. H003030	1005.03	d-o	40. H007001	774.64	t-z
16. H010031	992.14	e-p	41. H010107	760.98	u-z
17. H014114	989.92	e-q	42. H014022	756.77	v-z
18. H005099	985.74	e-r	43. H011107	755.84	v-z
19. H010030	978.06	f-s	44. H016023	725.04	
20. H030030	965.80	f-t	45. H014099	720.93	
21. H003001	957.76	f-u	46. H012LI84	711.76	
22. H010099	952.58	f-v	47. H014002	706.53	
23. H006022	944.03	f-w	48. H012125	685.42	
24. H016087	930.93	f-x	49. H005011	669.22	
25. H014087	928.13	f-y	50. H016077	649.02	

Cuadro 12. Familias  $F_3$  emparentadas e identificadas como superiores en base a su capacidad de rendimiento promedio por parcela y en base a una presión de selección ( $p$ ) del 10, 20 y 30%. Prueba temprana en familias  $F_3$  de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío de 1987.

Familia $F_2$ MP87	No. de familias en $F_3$	No. de familias en $F_3$ que aportaron al menos una selección a $F_4$	Rendimiento promedio entre las familias $F_3$ emparentadas (g/parcela) MV87	No. de selecciones aportadas a la generación $F_4$
H002030	5	5	1274.65	13
H009030	6	6	1253.93	24
H014026	2	2	1194.57	13
H014034	3	3	1180.26	5
H017082	7	6	1120.03	24
$p = 10\%$	$\Sigma = 23$	$\Sigma = 22$	$\bar{X} = 1204.68$	$\Sigma = 79$
H007025	3	2	1113.47	5
H003L156	5	4	1086.94	9
H002050	4	3	1065.45	12
H014099	6	5	1045.79	17
H003022	3	3	1040.61	9
$p = 20\%$	$\Sigma = 44$	$\Sigma = 39$	$\bar{X} = 1137.57$	$\Sigma = 131$
H010023	3	1	1031.24	1
H003024	3	2	1015.11	4
H003030	4	3	1005.03	11
H010031	4	3	992.14	14
H014114	4	3	989.92	14
$p = 30\%$	$\Sigma = 62$	$\Sigma = 51$	$\bar{X} = 1093.94$	$\Sigma = 175$

Cuadro 13. Coeficientes de correlación para cada uno de los 20 ensayos entre el número de selecciones aportadas y el rendimiento de grano por familia  $F_3$ , en base a tres criterios establecidos. Prueba temprana en familias  $F_3$  de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío de 1987.

Rendimiento por parcela por familia $F_3$ y número de selecciones		Rendimiento por planta por familia $F_3$ y número de selecciones		Rendimiento promedio por parcela y por planta con el número de selecciones	
r	Significancia	r	Significancia	r	Significancia
0.737	0.015 *	0.313	0.378 NS	0.745	0.013 *
0.343	0.331 NS	0.211	0.540 NS	0.343	0.327 NS
0.170	0.628 NS	0.213	0.553 NS	0.157	0.633 NS
0.247	0.490 NS	0.455	0.186 NS	0.259	0.470 NS
0.480	0.160 NS	0.205	0.568 NS	0.482	0.158 NS
0.619	0.056 NS	0.625	0.053 NS	0.527	0.084 NS
0.904	0.000 **	0.067	0.853 NS	0.910	0.000 **
0.707	0.022 *	0.294	0.409 NS	0.720	0.019 *
0.511	0.131 NS	0.059	0.871 NS	0.528	0.116 NS
0.622	0.055 NS	0.012	0.972 NS	0.627	0.052 NS
0.679	0.031 *	0.165	0.647 NS	0.674	0.032 *
0.230	0.521 NS	0.401	0.250 NS	0.237	0.510 NS
0.034	0.925 NS	0.262	0.464 NS	0.019	0.957 NS
0.390	0.265 NS	0.171	0.636 NS	0.406	0.244 NS
0.336	0.297 NS	0.401	0.250 NS	0.375	0.285 NS
0.834	0.003 **	0.059	0.871 NS	0.839	0.002 **
0.752	0.012 *	0.142	0.694 NS	0.756	0.011 *
0.528	0.116 NS	0.088	0.808 NS	0.509	0.133 NS
0.567	0.087 NS	0.103	0.776 NS	0.560	0.092 NS
0.675	0.032 *	0.845	0.002 **	0.681	0.030 *
$\bar{r}=0.5187$	0.050 *	$\bar{r}=0.2059$	0.539 NS	$\bar{r}=0.5183$	0.050 *

\*\* = correlación altamente significativa  
 \* = correlación significativa  
 NS = correlación no significativa

Cuadro 14. Coeficientes de correlación entre el ciclo vegetativo con el rendimiento por parcela por familia  $F_3$ , para cada uno de los 20 ensayos. Prueba temprana en familias  $F_3$  de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío 1987.

Correlación del ciclo vegetativo con el rendimiento por parcela por familia $F_3$			Correlación del ciclo vegetativo con el rendimiento por parcela por familia $F_3$		
No.	r	Significancia	No.	r	Significancia
1.	0.4361	0.208 NS	11.	0.0218	0.952 NS
2.	-0.4187	0.229 NS	12.	0.2739	0.444 NS
3.	-0.1964	0.586 NS	13.	-0.2311	0.521 NS
4.	-0.7388	0.015 *	14.	0.5862	0.075 NS
5.	0.2418	0.501 NS	15.	0.2115	0.558 NS
6.	0.0598	0.870 NS	16.	0.0299	0.935 NS
7.	0.4007	0.251 NS	17.	0.1393	0.701 NS
8.	0.1631	0.653 NS	18.	-0.6634	0.036 *
9.	0.0266	0.942 NS	19.	0.1708	0.637 NS
10.	-0.2348	0.514 NS	20.	-0.4897	0.151 NS

Cuadro 15. Coeficientes de correlación entre el ciclo vegetativo con el número de selecciones por familia  $F_3$ , para cada uno de los 20 ensayos. Prueba temprana en familias  $F_3$  de sorgo para predicción del valor selectivo. Marín, N.L., ciclo tardío 1987.

Correlación del ciclo vegetativo con el número de selecciones por familia $F_3$			Correlación del ciclo vegetativo con el número de selecciones por familia $F_3$		
No.	r	Significancia	No.	r	Significancia
1.	0.1796	0.620 NS	11.	0.2321	0.519 NS
2.	0.1886	0.602 NS	12.	0.2856	0.424 NS
3.	-0.1288	0.723 NS	13.	0.2898	0.417 NS
4.	-0.2194	0.543 NS	14.	0.5365	0.115 NS
5.	-0.4491	0.193 NS	15.	0.3249	0.360 NS
6.	-0.3098	0.384 NS	16.	0.4690	0.172 NS
7.	0.1511	0.677 NS	17.	0.5452	0.103 NS
8.	0.5040	0.137 NS	18.	-0.4799	0.160 NS
9.	-0.0593	0.871 NS	19.	0.1257	0.729 NS
10.	0.0601	0.869 NS	20.	-0.5080	0.134 NS

09890



