

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



VARIABILIDAD GENETICA DE LA POBLACION DE SORGO
(Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2 EN
CONDICIONES DE RIEGO Y TEMPORAL

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA
AGUSTIN LAMMOGLIA VILLAGOMEZ

MARIN, N. L.

MARZO 1992

T

SB235

L3

C.1



1080062082

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



VARIABILIDAD GENETICA DE LA POBLACION DE SORGO
(Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2 EN
CONDICIONES DE RIEGO Y TEMPORAL

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

AGUSTIN LAMMOGLIA VILLAGOMEZ

MARIN, N. L.

10919^m
MARZO 1992

T
SB235
L3

040.633

FA2

1992

C.5



Biblioteca Central
Magna Solidaridad

F. tesis



BU Rauli Rangul Elias
UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

VARIABILIDAD GENETICA DE LA POBLACION DE SORGO
(Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2 EN
CONDICIONES DE RIEGO Y TEMPORAL.

TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

AGUSTIN LAMMOGLIA VILLAGOMEZ

MARIN, N. L.

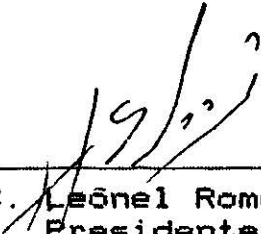
MARZO 1992

VARIABILIDAD GENETICA DE LA POBLACION DE SORGO
(Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2 EN
CONDICIONES DE RIEGO Y TEMPORAL.


TESIS QUE PRESENTA, AGUSTIN LAMMOGLIA VILLAGOMEZ
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA.

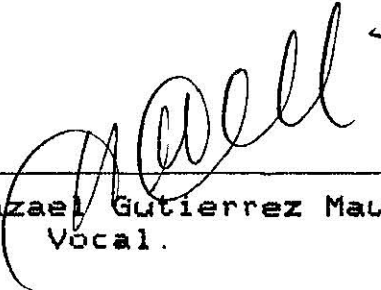
COMISION REVISORA



Ing. M.C. Leónel Romero Herrera
Presidente.



Ing. M.Sc. José Elías Treviño Ramírez
Secretario.



Biol. M.C. Hazael Gutiérrez Mauleón
Vocal.

AGRADECIMIENTOS.

Al Ing. M.C. Leonel Romero Herrera, por la dirección y apoyo que me brindó en la realización del presente trabajo así como su confianza y amistad.

Al Ing. M.Sc. José Elías Treviño Ramírez, por el interés y disponibilidad mostrado en la revisión del presente escrito.

Al Biologo M.C. Hazael Gutierrez Mauleón por su importante dirección y enseñanzas durante el bioensayo in - vitro que comprendió este tema de investigación.

Al Ing. M.C. Jesús Andrés Pedroza Flores por el apoyo que me brindó durante la etapa de campo así como en la revisión del presente escrito.

Al Ing. M.Sc. Norma I. Contreras Montes de Oca por su confianza y amistad.

A todos los maestros de la F.A.U.A.N.L. por haber contribuido en mi formación profesional.

A DIOS :

Por darme la existencia,
iluminar mi camino por la vida
y estar conmigo en todo momento.

A mis padres :

Sr. Miguel Angel Lammoglia Misseferi.
Sra. Mercedes Villagómez de Lammoglia.
Con un agradecimiento que no tiene palabras,
y será el reflejo en la formación de mis hijos.

A mi hermano:

Miguel Angel, por ser para mí
un ejemplo a seguir y sobre
todo mi mejor amigo.

A mi hermana:

Mercedes, por brindarme su
apoyo, confianza y amistad,
siendo siempre el mejor ejem-
plo del buen estudiante uni-
versitario.

A la memoria de mi abuelo :

Sr. Salvador Lammoglia Bolingondro.

A mi tío :

Dr. Agustín Lammoglia Misseferi,
por el gran apoyo que me brindó
así como sus sabios consejos.

A mi primo :

Ph.D. Pedro Brajcich, por
ayudarme a descubrir mi
verdadera vocación y ser
siempre un ejemplo a seguir.

A la familia González:

Especialmente a mi tía Yolanda,
por la confianza y apoyo que
me brindó durante el transcurso
de mis estudios universitarios.

A mis compañeros de casa:

Oscar Aurelio Bárcena Cedrúm,
Mauricio Ramón Bárcena Cadrúm
y Jesús David Barragán Vargas
por su sincera amistad.

A mis amigos de generación:

José A. De La Rosa Esparza,
Miguel A. Branvilla Mecott,
Arnoldo Herbert Segura y
Julian Robles H. por los
momentos que convivimos
juntos así como su apoyo pa
ra la culminación del pre -
sente trabajo.

A mis amigas:

María del Carmen
Rosa María
Rocío
Angélica

CONTENIDO

	PAGINA
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	xii
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS DEL APENDICE	xiv
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCION	1
II. LITERATURA REVISADA	4
2.1 Poblaciones Recombinantes De Sorgo	4
2.1.1 Sintesis de una población	4
2.2 Variación	10
2.2.1 Heredabilidad	15
2.2.2 Selección	18
2.3 El Agua En El Suelo	20
2.3.1 Métodos para medir el agua en el suelo	22
2.4 El Agua En La Planta	23
2.4.1 Medición del estado hídrico de la planta...	24
2.5 Efectos De La Variación De Humedad Sobre El Comportamiento Del Sorgo	29
2.6 El Agua En La Atmósfera	31
III. MATERIALES Y METODOS	33
3.1 Localidad De Prueba	33
3.2 Material No Genético	34
3.3 Material Genético	34
3.4 Dinámica De La Humedad Del Suelo	35
3.5 Métodos	35
3.5.1 Humedad del suelo en la etapa de evaluación.	41

	PAGINA
3.5.2 Datos climatológicos	43
3.5.3 Estimación de parámetros genéticos	43
3.5.4 Bioensayo in - vitro	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	47
4.1 Análisis De Varianza	47
4.2 Varianza Fenotipica	48
4.3 Varianza Genotipica	49
4.4 Heredabilidad	51
4.5 Respuesta A La Selección	53
4.6 Humedad En El Suelo Y Precipitación En La Etapa De Evaluación	56
4.7 Relaciones Hídricas	56
4.8 Bioensayo in - vitro	67
V. CONCLUSIONES	69
VI. SUMMARY	70
VII. RECOMENDACIONES	72
VIII. BIBLIOGRAFIA	73
IX. APENDICE	78

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.

CUADRO		PAGINA
1	Genes inductores de androesterilidad utilizados en poblaciones de sorgo con apareamiento aleatorio (Ross y Gardner, 1983)	8
2	Valores promedio de las condiciones climáticas consideradas en la etapa de evaluación de 120 familias de medios hermanos maternos generadas de la población de sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> [L.] Moench) NLP2. Marín, N. L. Primavera, 1991.	34
3	Humedad promedio (%) en el suelo a partir de tres puntos de muestreo y valores estimados de P.M.P. y C.C. de el lote de evaluación de 120 familias de medios hermanos maternos derivadas de la población de sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> [L.] Moench) NLP2. Marín, N. L. Primavera, 1991.	43
4	Parámetros genéticos estimados en 120 familias de medios hermanos maternos generadas de la población de sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> [L.] Moench) NLP2 bajo diferentes condiciones de humedad del suelo. Marín, N. L. Primavera, 1991.	50
5	Valores promedio del porcentaje de humedad aprovechable del suelo para los diferentes estratos y fechas de medición en las dos condiciones de humedad del suelo en que se manejó el lote de evaluación de 120 familias de medios hermanos maternos derivadas de la población de sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> [L.] Moench) NLP2. Marín, N. L. Primavera, 1991.	55

FIGURA

1	Incorporación de un gen de androesterilidad e intercruzamientos (Bhola Nath, 1982).	6
2	Dinámica de la humedad del suelo en la etapa de evaluación de 120 familias de medios hermanos maternos generadas de la población de sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> [L.] Moench) NLP2 bajo condiciones de riego y temporal. Marín, N. L. Primavera, 1991.	36

- 3 Resistencia estomatal promedio de 20 familias de medios hermanos maternos, generadas de la población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2 durante la etapa de diferenciación floral bajo condiciones de riego y temporal. Marín, N. L. Primavera, 1991. 58
- 4 Resistencia estomatal promedio de 20 familias de medios hermanos maternos, generadas de la población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2 durante la etapa de floración bajo condiciones de riego y temporal. Marín, N. L. Primavera, 1991. 60
- 5 Resistencia estomatal promedio de 20 familias de medios hermanos maternos generadas de la población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2 durante la etapa de madurez fisiológica bajo condiciones de riego y temporal. Marín, N. L. Primavera, 1991. 62
- 6 Resistencia estomatal y potencial hídrico promedio de 10 familias de medios hermanos maternos generadas de la población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2 durante la etapa de floración bajo condiciones de riego y temporal. Marín, N. L. Primavera, 1991. 64
- 7 Resistencia estomatal y potencial hídrico promedio de 10 familias de medios hermanos maternos generadas de la población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2 durante la etapa de madurez fisiológica bajo condiciones de riego y temporal. Marín, N. L. Primavera, 1991. 66

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS DEL APENDICE

CUADRO		PAGINA
1 A	Análisis de varianza de once características en 120 familias de medios hermanos maternos derivadas de la población de sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> [L.] Moench) NLP2. Marín, N. L. Primavera, 1991.	79
2 A	Valores promedio del % de humedad del suelo para los diferentes estratos y fechas de medición en las dos condiciones de humedad del suelo en que se manejó el lote de evaluación de 120 familias de medios hermanos maternos derivadas de la población de sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> [L.] Moench) NLP2. Marín, N. L. Primavera, 1991.	84
3 A	Precipitación pluvial (mm) durante el periodo de evaluación de 120 familias de medios hermanos maternos derivadas de la población de sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> [L.] Moench) NLP2. Marín N. L. Primavera, 1991.	85
4 A	Valores promedio de resistencia estomatal en tres etapas fenológicas de 20 familias de medios hermanos maternos generadas de la población de sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> [L.] Moench) NLP2 bajo dos condiciones de humedad del suelo.	86
5 A	Valores promedio de los potenciales hídrico y resistencia estomatal en dos etapas fenológicas bajo dos condiciones de humedad del suelo de diez familias de medios hermanos maternos generadas de la población de sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> [L.] Moench) NLP2. Marín, N. L. Primavera, 1991.	89
FIGURA		
1 A	Precipitaciones ocurridas durante la etapa de evaluación de 120 familias de medios hermanos maternos generadas de la población de sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> [L.] Moench) NLP2. Marín, N. L. Primavera, 1991.	91

RESUMEN.

El presente trabajo se llevó a cabo en la población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2 que posee genes de androesterilidad genética (ms3); de dicha población se derivaron 120 familias de medios hermanos maternos en el verano de 1990 siendo evaluadas en la primavera de 1991 bajo un diseño de bloques al azar en condiciones tanto de temporal como de riego en la localidad de Marín, N. L.

Se estimaron parámetros genéticos como heredabilidad, varianza genética y respuesta a la selección familiar de medios hermanos maternos.

Los resultados mostraron que tanto la varianza genotípica como la fenotípica tienen mucha relación en los valores de respuesta a la selección; se observó que las variables índice de cosecha y porcentaje de agua en la planta en ambas condiciones de humedad del suelo en que se manejó el experimento presentaron una varianza genotípica baja por lo que sus valores de heredabilidad tanto en sentido amplio como en sentido estricto, así como la respuesta a la selección fueron bajos, sin embargo el carácter área foliar en ambas condiciones de humedad del suelo mostró la varianza genética más alta y su respuesta a la selección se mostró superior a la que presentaron las demás variables.

Las familias consideradas para la estimación de los caracteres potencial hídrico y resistencia estomatal en las diferentes etapas fenológicas en que fueron estimados, presentaron una amplia variabilidad en las dos condiciones de hume-

dad del suelo en que se manejó el experimento.

Se llevó a cabo un bioensayo in - vitro con las mismas 20 familias consideradas en la estimación de la variable resistencia estomatal, donde se logró la inducción de callos a partir de raicillas de plantulas de sorgo. Sin embargo se presentó un alto indice de contaminación por hongos de campo del genero (Aspergillus s.p.).

No obstante lo anterior se logró estandarizar la técnica de inducción de callos a partir de raicillas de plantulas de sorgo. Por lo tanto esta técnica puede ser utilizada para trabajos posteriores.

I. INTRODUCCION.

La escasez extrema de agua es uno de los problemas más grandes que conoce la humanidad. Se calcula que actualmente las regiones semiáridas y las que tienen un período seco bastante prolongado cubren alrededor de 20 millones de kilómetros cuadrados e incluyen una población de 500 millones de personas. 1]

El desarrollo de nuevos genotipos capaces de alcanzar una buena producción en este tipo de ambientes, es de fundamental importancia para combatir el hambre en todas las regiones que presenten climas áridos o semiáridos.

Una de las especies vegetales cultivadas que mayor capacidad de adaptación ha demostrado en estas regiones es el sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench.) debido a sus características morfológicas y fisiológicas.

La variabilidad en los recursos genéticos de esta especie es la base para el mejoramiento y el desarrollo de nuevos cultivares. Una de las formas comunes para estudiar la variabilidad genética en sorgo es a través del uso de poblaciones recombinantes, llamadas también pozas genéticas, las cuales tienen como objetivos: 1. Retener la diversidad genética disponible y 2. Al inter cruzarse diversos genotipos, se da origen a nuevas combinaciones, pudiendo derivar luego líneas que por recombinación hayan acumulado genes superiores que puedan ser utilizadas para formar variedades o como progenitores de híbridos.

1] ICRISAT, 1983.

La ubicación cuantitativa de las poblaciones es entonces determinante para el éxito en los programas de mejoramiento.

La utilización en mejoramiento genético de plantas de la variabilidad genética, muchas veces depende de las características relevantes observadas en las evaluaciones y en la disponibilidad de resultados a través de documentación y sistemas de información que provengan de organizaciones con una amplia red de colecciones. La evaluación no solo involucra la descripción del lugar de origen, características morfológicas y fenológicas, sino además estudios multidisciplinarios incluyendo fisiología y genética.

La variabilidad de la respuesta de las plantas a condiciones de humedad fluctuantes en términos de sus potenciales hídricos y tasa de transpiración no ha sido aún cuantificada en germoplasma con las características de la población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench.) NLP2; debido a lo anterior, se consideró justificable llevar a cabo una evaluación de la variabilidad genética de la población de sorgo NLP2 bajo diferentes condiciones de humedad del suelo a través de una metodología que permitió generar familias de medios hermanos maternos.

El objetivo que se persiguió en el presente estudio fué:

Estimar la variabilidad genética de la población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench.) NLP2 bajo diferentes

condiciones de humedad del suelo.

La hipótesis bajo la cual se desarrolló el presente trabajo fué:

La población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2 posee variabilidad genética bajo diferentes condiciones de humedad del suelo.

II. LITERATURA REVISADA.

2.1 Poblaciones Recombinantes De Sorgo.

Una población desde un punto de vista biológico, es un grupo de individuos que se adaptan de modo parecido a las condiciones del medio. Genéticamente una población mendeliana es un grupo de individuos que son capaces de reproducirse sexualmente entre sí, con un grado relativamente cercano de relación genética y que reside dentro de límites geográficos definidos cuando ocurre el cruzamiento (Stansfield et al., 1971, citados por Martínez, et al., 1983).

2.1.1. Síntesis de una población.

El desarrollo de una población con propósitos de mejora genética involucra tres etapas :

- a).-Selección de los progenitores.
- b).-Incorporación de un gen de androesterilidad.
- c).-Apareamiento aleatorio entre los progenitores.

La selección de los progenitores para el desarrollo de una población, depende de los objetivos del programa de mejoramiento. Si una población es desarrollada para mejorar una sola característica, es esencial que los progenitores hayan sido evaluados respecto al carácter buscado y suficiente número de ellos debe ser seleccionado, eso dará como resultado una población con suficiente variabilidad para la selección. Si la población es dise--

ñada para una selección simultanea de varias caracterís--
ticas económicas, los progenitores deben ser evaluados
adecuadamente para las características bajo consideración
(Bhola Nath, 1982).

Por otro lado es importante considerar el sistema de
reproducción que posea la especie para poder generar una
población; el sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) es con-
siderado como una especie predominantemente autógena cu--
yas flores perfectas permiten una polinización cruzada
que varía entre 0 y 10 %, sin embargo en algunos casos
puede manejarse como una especie alógama, usando genes de
androesterilidad (Betancourt y Jasa, 1983; citados por
González, 1988).

La incorporación de uno de los genes de androesteri-
lidad a una línea de sorgo, puede llevarse a cabo utili-
zando la técnica de emasculación y cruzando todas las
plantas emasculadas con un progenitor que posea el gen de
androesterilidad en forma recesiva. La primera generación
(F1) será androfértil, esta se autofecunda y se obtiene
la segunda generación (F2), donde se manifiestan indivi-
duos androfértiles en 75% y androestériles en 25%, pos-
teriormente se lleva a cabo una retrocruza de los genoti-
pos homocigóticos recesivos (androestériles) con la línea
que se utilizó como hembra a través de la emasculación en
la primera cruza (Fig. 1) (Bhola Nath, 1982).

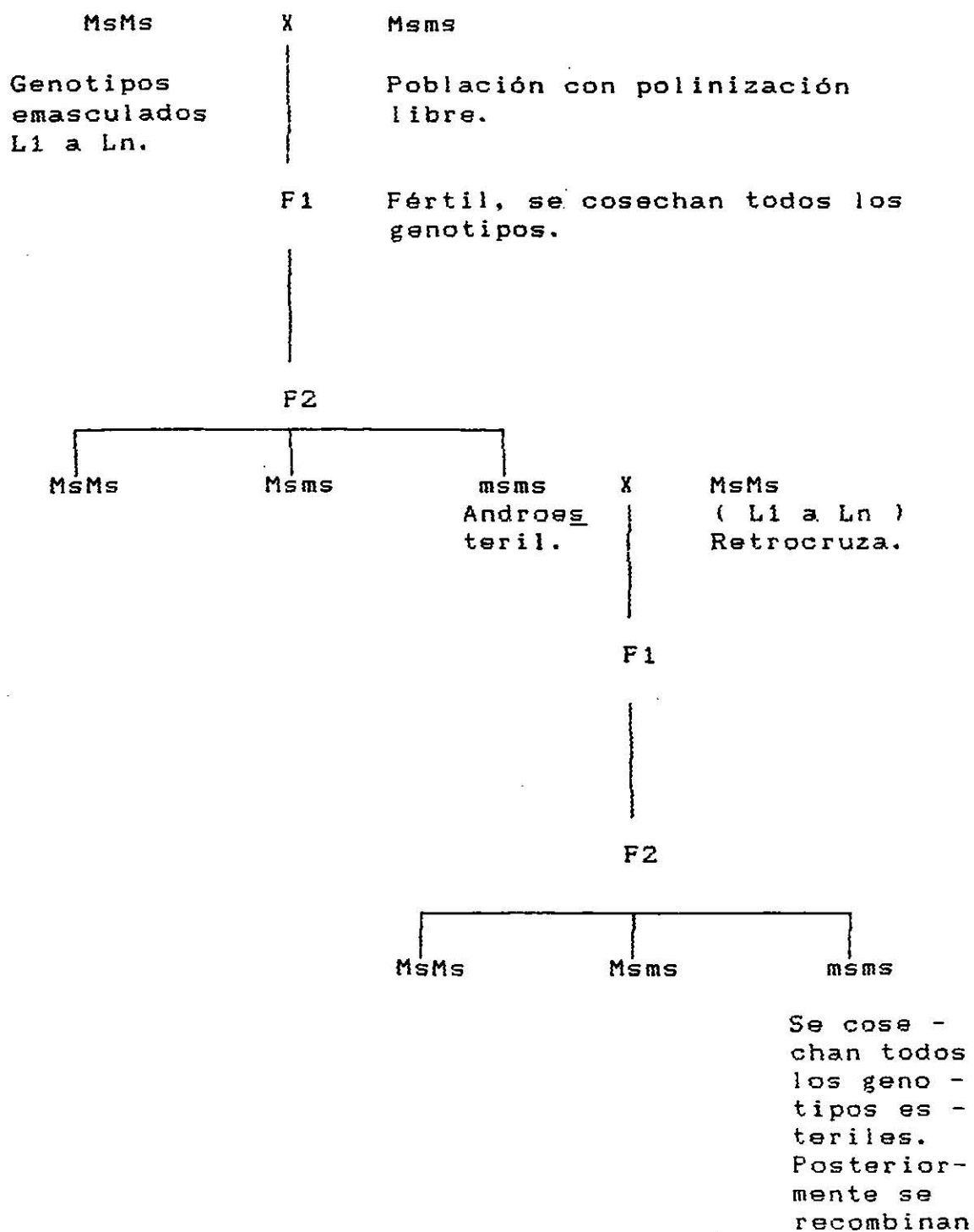


Figura 1. Incorporación de un gen de androesterilidad e intercruzamientos (Bhola Nath, 1982).

Doggett, (1970) citado por Martínez et al., (1983)

menciona los siguientes pasos para establecer una población:

- 1.-Tomar 100 - 200 variedades de buena adaptación y rendimiento.
- 2.-Cada variedad se cruza individualmente con la fuente ms3 (androesterilidad genética), Cuadro 1.
- 3.-En forma separada se siembra la generación F1 de cada una.
- 4.-Se toma igual cantidad de la semilla de la F1 de cada cruce y se mezcla macánicamente.
- 5.-La mezcla se siembra dejandola reproducir (recombinar) por tres generaciones, tomando en cada una de ellas solo las panojas androestériles, con un mínimo de selección que se reducirá exclusivamente a eliminar a los individuos mas pobres. En cada ocasión, la cosecha se mezcla cuidadosamente en forma mecánica, tomándose una cantidad igual de semillas para un mínimo de 250 plantas que contribuyan a la obtención de la semilla para la siembra siguiente. En este estado serán suficientes 1000 plantas puesto que la población tendrá inicialmente 25% de machos estériles. Es preferible, sin embargo, una mayor población que permita eliminar las peores plantas androestériles, además de que puede haber una deficiencia de estas.
- 6.-Un método alternativo de mezcla es desarrollar la población sembrando separadamente cada cruce en un blo -

Cuadro 1 . Genes inductores de androesterilidad utilizados en poblaciones de sorgo con apareamiento aleatorio (Ross y Gardner, 1983).

GEN	CARACTERISTICAS	REFERENCIA
-a1	Sin anteras, pistiloide errática formación de granos.	Karper y Stephens. (1936)
+ms1	Androesterilidad buena, alta receptividad.	Agyangar y Rommayita. (1937)
-ms2	Esterilidad femenina, escasa formación de granos.	Stephans. (1937)
+ms3	Buena androesterilidad, alta receptividad.	Webster. (1965)
*ms4	Androestériles	Stephens y Sehertz. (1966)
+ms7	Buena androesterilidad, alta receptibilidad.	Andrews y Webster. (1971)
*9E	Interactúan con ciertos citoplasmas.	Webster y Sing. (1964)

+ Genes Preferidos.

- Genes menos utilizados.

* Genes no utilizados.

que compacto, aleatorizado en tres repeticiones como si fuera ensayo de rendimiento. Una mezcla de todas las cruzas se siembra perpendicularmente a las parcelas y entre las repeticiones como fuente de polen. De nuevo se cosechan solo los machos estériles y se repite el proceso por tres generaciones.

En 1970 se propuso un sistema de nomenclatura para poblaciones recombinantes de sorgo, siendo aprobado en 1971 durante la séptima conferencia bianual de investigación y utilización del sorgo, en Lubbock Texas, U.S.A. el cual se basa en los puntos siguientes:

- a).-Primero se designará con las iniciales de la estación estado, provincia o país donde se libere la población.
- b).-La letra "P" indica que se trata de una población recombinante.
- c).-Se agregan las letras "R" o "B" que indica si la población está formada por líneas restauradoras (R) o bien por líneas no restauradoras (B) con citoplasma estéril, o son una mezcla de las dos (BR).
- d).-Posteriormente una designación del sistema de mejoramiento empleado donde:
 - M = Selección masal.
 - H = Selección familiar de medios hermanos.
 - F = Selección familiar de hermanos completos.
 - S = Evaluación de progenie autofecundada.
 - R = Selección recíproca recurrente.

HR= Selección recíproca de medios hermanos.

e).-Por último el símbolo "Cn" donde "C" es el ciclo y el número del ciclo de avance. (Martínez et al., 1983).

2.2 Variación.

El mejoramiento de las especies cultivadas inició con su domesticación. La genética clásica y la citología han provisto de conocimientos básicos de segregación, interacción y recombinación para desarrollar metodologías de mejoramiento; al analizar dichas metodologías se puede deducir la importancia de un factor que es común para cualquiera de ellas, siendo este factor la variabilidad genética. Así se puede mencionar que el desarrollo de un programa de mejoramiento efectivo depende de la existencia de la variabilidad genética (Sprague, 1967).

La genética de un carácter métrico gira alrededor del estudio de su variación; la cantidad de variación de un carácter se mide y se expresa en terminos de varianza, la cual corresponde al valor promedio de las desviaciones con respecto a la media elevado al cuadrado, esto último para no trabajar con las desviaciones negativas (Ostle, 1974 y Stansfield, 1969; citados por Romero, 1977).

La varianza fenotípica será obtenida por la ecuación:

$$\sigma^2 = \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n - 1}$$

Dicha varianza está compuesta por una componente genética y una ambiental.

Falconer (1984) menciona que el conocimiento de la varianza genotípica y ambiental no conduce a un entendimiento más completo de las propiedades genéticas de una población; debido a lo anterior la varianza genética debe ser dividida en valor reproductivo, desviación dominante y desviación de interacción, de esta forma se tiene que:

$$\sigma^2 = \sigma^2 a + \sigma^2 d + \sigma^2 ad$$

La varianza aditiva es el componente importante puesto que es la causa principal del parecido entre parientes y por lo tanto, la principal determinante de las propiedades genéticas observables de la población y de la respuesta de esta a la selección.

Por otro lado, la varianza ambiental, la cual por definición comprende a toda variación de origen no genético, puede tener una gran variedad de causas y su naturaleza depende mucho del carácter y del organismo bajo estudio. Los factores nutricionales y climáticos son las causas externas más comunes de variación ambiental y están parcialmente bajo control experimental (Falconer, 1984).

Esta componente de la varianza fenotípica, puede ser medida en una población genotípicamente homogénea (Brings y Knowles, 1976) dicha población puede ser homo--

cigótica (línea pura), o bien el producto de la cruce de dos líneas (híbrido); se ha probado que la varianza ambiental observada es menor en una población heterocigótica que en una homocigótica (Falconer, 1984).

Considerando la importancia del conocimiento de los componentes de la variabilidad fenotípica, los cuales permiten hacer predicciones precisas del comportamiento de las poblaciones bajo la influencia de selección o cualquier otra forma de evolución, se han llevado a cabo diferentes estudios analizando la variabilidad genética en poblaciones de diferentes especies vegetales cultivadas, así Del Campo et al., (1980) al realizar un estudio de parámetros genéticos en tres poblaciones de maíz del norte de México en el centro del Estado de México, denominadas precoz, Intermedio y Pabellón, encontraron que la población precóz posee una baja varianza aditiva así como de dominancia, mientras las otras dos poblaciones no se desarrollaron por falta de adaptación.

De la misma forma Verma et al., (1988) realizaron un estudio de variabilidad genética en 35 tratamientos (11 progenitores y 24 F1) para 10 caracteres en caña de azúcar, encontrando una buena capacidad para realizar selección en la mayoría de los caracteres, así como una correlación genotípica mayor que la fenotípica entre las diferentes variables.

Así mismo, Vogel et al., (1989) desarrollaron un estudio de variabilidad genética para la concentración de

elementos minerales en un complejo genético de diversos pastos, con la finalidad de obtener germoplasma capaz de generar líneas que solucionaran la enfermedad en rumiantes causada por deficiencias nutricionales en los forrajes, los resultados obtenidos demuestran una amplia variabilidad genética para la concentración de los principales elementos minerales y una alta respuesta por ciclo de selección para este carácter.

Por otro lado Webster y Voight (1980) describieron la población de sorgo ATP4R, formada a través de la recombinación de diferentes líneas de sorgo generadas en la estación agrícola experimental de Lubock Texas; la descripción de dicha población se realizó en la región de Yuma Arizona, donde se encontraron varios genotipos de la población resistentes a la principal enfermedad del sorgo en esa región, llamada pudrición radicular de Yuma, siendo dichos genotipos utilizados como progenitores de híbridos; así mismo, Panchal et al., (1979) realizaron un estudio de 14 caracteres de sorgo por medio de un análisis de regresión, teniendo como objetivos estimar la variabilidad genética y las interrelaciones entre cruza mientos de variedades de sorgo de alto potencial de rendimiento, donde encontraron que la contribución de los factores genéticos aditivos en el total de la variación fue baja y el resto se debió a factores ambientales incluyendo las causas genéticas no aditivas (de dominancia).

Patel et al., (1980) al trabajar con 36 genotipos di

ferentes de sorgo, los cuales fueron recombinados durante tres años en tres localidades, usando tres líneas androestériles y 33 machos, encontraron una alta variabilidad genética aditiva para los caracteres altura de planta y rendimiento de grano, mientras que las variables ancho de hoja y días a floración mostraron menor variabilidad; la varianza ecológica fué baja para la mayoría de las variables, demostrándose que la variabilidad genética fue la mayor causa de la variación entre los individuos de dicha población. Así mismo, Atkins (1981) realizó la descripción de la población de sorgo IAP3BR(M)C3 la cual fue desarrollada desde 1976 a través de la recombinación de 30 genotipos de sorgo utilizando varias líneas androestériles (fuente ms3), encontrando una alta variabilidad genética para el carácter largo de semilla, con un rango de expresión elevado para otros caracteres agronómicos. De la misma forma Borikar et al., (1984) al realizar un estudio de variabilidad genética para vigor de semilla en 26 variedades de sorgo en recombinación, encontraron altos valores para el coeficiente de variabilidad genotípica así como para el coeficiente de variabilidad fenotípica para las variables vigor de semilla y porcentaje de germinación obteniendo bajos valores del coeficiente de variación genética para longitud de raíz.

Palanisamy y Subramanian (1984) efectuaron un análisis genético de el índice de cosecha en sorgo, para lo cual utilizaron 6 líneas las cuales fueron cruzadas con

10 machos polinizadores, a través de la técnica de emasculación manual con polinización artificial. El índice de cosecha fue estimado por medio del análisis de el rendimiento económico de cada genotipo entre su rendimiento biológico. El análisis de varianza que se obtuvo demostró una preponderancia de la acción genética no aditiva, en la mayoría de los tratamientos; por consiguiente recomendó la explotación de heterosis para el carácter índice de cosecha en los genotipos que se utilizaron.

2.2.1 Heredabilidad.

La porción de la variación total observada que está determinada por factores genéticos y puede ser transmitida se le llama heredabilidad (Allard, 1967); dicha proporción puede ser calculada en dos sentidos:

Heredabilidad en sentido amplio.- la cual se evalúa considerando los diferentes tipos de acción génica (que incluye aditividad, dominancia, sobredominancia y epistasis) entre el total de la variación fenotípica, así tenemos que :

$$H^2 = \frac{\sigma^2 G}{\sigma^2 f}$$

Dónde : H^2 = Heredabilidad en sentido amplio.

$\sigma^2 G$ = Varianza genética estimada.

$\sigma^2 f$ = Varianza fenotípica estimada.

Heredabilidad en sentido estricto.- Esta representa la relación existente de la varianza genética aditiva, expresada en porcentaje, y la variación fenotípica observada, así tenemos que:

$$h^2 = \frac{\sigma^2 A}{\sigma^2 f}$$

Dónde : h^2 = Heredabilidad en sentido estricto.

$\sigma^2 A$ = Varianza aditiva.

$\sigma^2 f$ = Varianza fenotípica.

Otra forma para estimar la heredabilidad es analizando la correlación entre padres y progenie; también utilizando los análisis de regresión de progenie sobre los padres; existiendo además el método propuesto por Warner; existen también diseños específicos para estimar la heredabilidad como los de Carolina del Norte (Reyes, 1985.)

El valor de la heredabilidad de un carácter dado estará dentro de un rango comprendido entre cero y uno, dicho valor será afectado por el número de genes que estén determinando el carácter, así un carácter que esté determinado por muy pocos genes es altamente heredable, en cambio un carácter determinado por un gran número de genes presenta comúnmente baja heredabilidad (Allard y Falconer citados por Romero, 1977.)

Es importante mencionar que la heredabilidad no es una propiedad del carácter únicamente, si no que también

lo es de la población y de las circunstancias ambientales a las que están sujetos los individuos. Puesto que el valor de la heredabilidad depende de la magnitud de todas las componentes de la varianza, un cambio en cualquiera de estas lo afectará. La varianza ambiental depende de las condiciones del cultivo y del manejo; las condiciones más variables reducen la heredabilidad mientras que condiciones más uniformes la aumentan (Falconer, 1984).

Los valores de heredabilidad no están definidos estrictamente, sin embargo los siguientes valores son aceptados:

Alta heredabilidad: mayor de 0.5

Heredabilidad media: de 0.2 a 0.5

Baja heredabilidad: menor de 0.2

(Stansfield, 1969).

Falconer (1984), menciona que la heredabilidad se usa en la mayoría de las ecuaciones relacionadas con métodos de mejoramiento, y muchas de las decisiones prácticas acerca del procedimiento por usar dependen de su magnitud; considerando lo anterior se han realizado estudios acerca del valor de la heredabilidad para diferentes caracteres; así Borikar *et al.*, (1984) efectuaron un estudio de variabilidad genética para vigor de semilla en sorgo utilizando 26 variedades diferentes bajo recombinación; al estimar el parámetro genético heredabilidad para longitud de raíz, % de germinación e índice de vigor encontraron altos valores para estas dos últimas variables,

mientras que el carácter largo de raíz presentó niveles bajos para este parámetro.

Así mismo, Kumar y Singhanla (1984), al efectuar un estudio sobre avance genético y heredabilidad para las componentes del rendimiento de grano en una población de sorgo compuesta por 50 genotipos bajo polinización libre, encontraron una alta heredabilidad para altura de planta así como para las variables peso de 250 granos, rendimiento de grano, área foliar, longitud de panoja y días a floración, demostrando además altos valores de respuesta a la selección para éstas variables.

De la misma forma, Kukadia et al., (1983) realizaron un estudio de heredabilidad en 25 genotipos de sorgo bajo apareamiento aleatorio utilizando líneas androestériles, donde observó una alta heredabilidad para las variables área foliar de la hoja bandera y rendimiento de forraje; concluyendo que las estimaciones de heredabilidad cuando son usadas con los valores de avance genético, proveen de mejor información que los análisis de la heredabilidad sola.

2.2.2 Selección.

La selección es la elección de un grupo de individuos considerados fenotípicamente superiores y que servirán como progenitores de una nueva generación (Valdés - 1990), constituye la base de todo mejoramiento de cosechas, siendo el método de mejora más antiguo (Poehlman -

1965).

El efecto buscado al aplicar la selección es cambiar el arreglo de las frecuencias génicas; esto ocasiona un cambio en la media de la población, el cual recibe el nombre de respuesta a la selección y se simboliza con la letra "R"; así la respuesta a la selección es la diferencia del valor fenotípico medio entre la descendencia de progenitores seleccionados y la generación parental antes de la selección. La ecuación para predecir la respuesta a la selección es la siguiente:

$$R = \frac{i \ h^2 \ \sigma^2 f}{\sigma f}$$

Dónde : R = respuesta esperada a la selección.

i = intensidad de selección.

h² = heredabilidad en sentido estricto.

σ²f = Varianza fenotípica.

σf = desviación estándar fenotípica.

La respuesta a la selección depende de la heredabilidad del carácter y la intensidad de selección aplicada, esta última está en función de la proporción de la población incluida en el grupo seleccionado y puede ser determinada por medio de las tablas de las propiedades de la distribución normal, siempre que la distribución de los valores fenotípicos sea normal (Falconer, 1984).

Los valores de intensidad de selección están dados en por ciento, de tal forma que una presión de selección fuer

te de 2 a 5 por ciento traerá como consecuencia una alta respuesta a la selección, mientras que una presión de selección del 20% implica una respuesta no muy fuerte pero continua a través de varios ciclos de selección; esto es debido a que una presión de selección alta aumenta rápidamente la media de la población y reduce la varianza genética drásticamente, ocasionando la división de la población en genotipos homocigóticos que se conservan como líneas puras en el caso de plantas autógamas y la deriva genética en especies alógamas (Romero, 1990).

2.3 El Agua En El Suelo.

El suelo debido a su carácter granular y coloidal, posee la propiedad de retener humedad la cual puede provenir de precipitaciones pluviales o del riego (Wooding, 1967). Según Worthen et al., (1959) esta humedad puede ser dividida en diferentes clases:

- a).- Humedad higroscópica: que es la que se encuentra en delgadas películas que rodean a las partículas del suelo, la cual no es utilizable para las plantas, debido a que esta humedad es retenida con una tensión a la cual las plantas no pueden desprenderla.
- b).- Humedad capilar: Es la que se encuentra disponible para las plantas formando también la solución del suelo de la que obtienen las plantas los elementos nutritivos.
- c).- Humedad gravitacional: Es aquella que se encuentra

en exceso en los poros o espacios vacíos más grandes del suelo.

Se considera que la humedad del suelo que es aprovechable para las plantas, es la que se encuentra retenida entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

El término capacidad de campo es considerado como el contenido hídrico del suelo que queda después de que se haya vuelto muy lento el escurrimiento del agua gravitacional y relativamente estable el contenido hídrico. Se ha observado que el porcentaje de humedad a capacidad de campo puede variar desde poco menos del 10 % en suelos arenosos a más del 30 % para los suelos arcillosos (Kramer, 1974; Black, 1975). Este contenido hídrico se considera como el límite superior de humedad del suelo que es aprovechable por las plantas y se encuentra retenido por las partículas del suelo con una tensión de -0.03 MPa. El punto de marchitez permanente se considera como el límite inferior de humedad aprovechable para las plantas y está retenido por el suelo con una fuerza de -1.5 MPa. Sin embargo este concepto es discutible ya que se considera en forma general como el límite inferior de humedad que es aprovechable por las plantas y que sugiere que todas las especies vegetales en cualquier etapa fenológica se comportan en forma similar en los diferentes suelos a la misma tensión de humedad en el suelo. Sin embargo Rocha (1986) Y Manjarrez (1986) observaron que esto no siempre se cumple en maíz y sorgo respectivamente, por lo cual el

término punto de marchitez permanente debe de referirse como el nivel de humedad en el suelo que está retenido con una tensión de -1.5 MPa y evitar relacionarlo directamente con el comportamiento de las plantas (Winter, 1977).

2.3.1 Métodos para medir el agua en el suelo.

El agua en el suelo puede ser medida de diferentes maneras, uno de los métodos más empleados y de alta confiabilidad es el gravimétrico, el cual consiste en obtener una muestra de suelo húmedo para secarla a la estufa a 105 grados centigrados hasta peso constante para después determinar el porcentaje de humedad al aplicar la ecuación :

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso suelo húmedo} - \text{Peso suelo seco}}{\text{Peso suelo seco}} \times 100$$

Para determinar la humedad higroscópica se usa la expresión:

$$\% \text{ Hum. Higroscópica} = \frac{\text{Peso del suelo seco al aire.} - \text{Peso suelo seco.}}{\text{Peso suelo seco.}} \times 100$$

La humedad capilar se calcula por la ecuación:

$$\% \text{ Hum. Capilar} = \frac{\text{Peso suelo seco a C.C.} - \text{Peso suelo seco al aire.}}{\text{Peso suelo seco.}} \times 100$$

Otros instrumentos que pueden utilizarse para estimar el contenido de humedad del suelo son: Tensiómetro, puente de Wheastone, atenuación de rayos gamma, así como el dispersor de neutrones.

2.4 El Agua En La Planta.

El contenido de agua en las plantas varía de 70 a 90 % dependiendo de la especie, edad y tejido en que se estime así como del ambiente. Las funciones del agua en la planta según Gardner et al., (1985) son:

- 1.- Solvente y medio para las reacciones químicas.
- 2.- Medio de transporte para los solutos orgánicos e inorgánicos.
- 3.- Medio que proporciona turgencia a las células de las plantas, promoviendo su elongación, estructura de la planta y desplegamiento foliar.
- 4.- Hidratación y neutralización de cargas en moléculas coloidales para enzimas, ayuda en hidrataciones para mantener la estructura y facilitar las funciones catalíticas.
- 5.- Proporciona material para la fotosíntesis, procesos hidrolíticos y otras reacciones químicas en la planta.
- 6.- Evaporación del agua (Transpiración) para enfriamiento de la superficie de la planta.

El crecimiento de las plantas es controlado directamente por su condición hídrica interna (nivel de turgen-

cia celular) e indirectamente por la tensión de agua externa, por lo cual se puede decir que un grado de tensión de agua dado en el ambiente, no necesariamente corresponde a un grado equivalente de tensión hídrica en la planta (Kramer, 1983).

Por lo anterior las mediciones del contenido de agua en el suelo, por sí solas no son suficientes para determinar y entender los efectos del suministro del agua sobre los procesos de las plantas y sobre su rendimiento, si no que es indispensable conocer el estado hídrico de ellas (Kramer, 1963).

2.4.1 Medición del estado hídrico de la planta.

Para conocer el estado hídrico de las plantas en un momento dado existen diversos métodos, los cuales se dividen en :

- a).- Métodos directos.
- b).- Métodos indirectos.

Los métodos directos se basan en términos de :

- 1.-Contenido de agua.
- 2.-Potencial hídrico.

Contenido de agua. La medición del agua en las plantas por esta forma, es en base al contenido porcentual de agua (CA), que puede ser en relación a peso seco o peso fresco y se estima con las siguientes ecuaciones respectivamente:

$$\text{Peso Seco} = \frac{\text{Peso fresco} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

$$\text{Peso Fresco} = \frac{\text{Peso fresco} - \text{Peso seco}}{\text{Peso fresco}} \times 100$$

Estos métodos tienen el inconveniente de que tanto el peso seco como el fresco cambian diaria y estacionalmente, por lo que las comparaciones de contenido de agua sobre dichas bases son poco satisfactorias (Turner, 1981).

Potencial hídrico (Ψ). Esta forma de medir el estado hídrico de las plantas, se basa en la medición de la energía libre del agua dentro de ellas, de tal forma que el potencial hídrico (Ψ) es una medida de la energía del agua disponible para la reacción o movimiento que puede ser expresado en unidades tales como: bares, atmósferas, dinas/cm² y pascales (Bidwell, 1983). El máximo valor que alcanza es cero, el cual corresponde al potencial hídrico del agua pura; sin embargo, el nivel energético del agua en cualquier punto de la planta, está influenciando por diversas circunstancias físicas y químicas a que se somete el agua, las cuales generan los componentes del potencial hídrico (Kramer, 1983), los cuales son:

- a).- Potencial osmótico ($\Psi\pi$). Es la cantidad de energía libre reducida del agua, debido a la presencia de solutos en ella, por lo tanto su valor es negativo.
- b).- Potencial de presión (Ψp). Es la presión ejercida sobre el agua por las paredes de una célula turgente. Los valores obtenidos son positivos en su mayoría.

c).- Potencial matricial (Ψ_m). Es debida a la habilidad de las paredes celulares, superficies coloidales y otros componentes celulares, como las proteínas para retener el agua.

d).- Potencial gravitacional (Ψ_g). Mide el efecto negativo que ejerce la gravedad de la tierra sobre el agua en cualquier punto de la planta.

$$\text{Por lo tanto: } \Psi = \Psi_{\pi} + \Psi_p + \Psi_m + \Psi_g$$

Para la determinación de potencial hídrico en las plantas de naturaleza herbácea, solamente son considerados los dos primeros componentes (Ψ_{π}, Ψ_p), pues son los de mayor importancia o valor numérico absoluto. Por lo que respecta al potencial matricial, solo se considera importante durante la etapa de semilla. El potencial gravitacional tiene valores del orden de -0.01 MPa. y solo es tomado en cuenta en árboles demasiado altos (Begg y Turner, 1976).

La importancia del potencial hídrico y sus componentes está en función del proceso biológico específico, así tenemos que el potencial hídrico participa en el movimiento del agua a los lugares de demanda por los gradientes en su valor que se forman en el sistema suelo - planta - atmósfera (Kanemasu y Tanner, 1969).

El potencial de turgencia (Ψ_p), ha sido considerado de igual importancia, ya que cuando no hay turgencia se detiene la parte mecánica del crecimiento y hay detención del crecimiento y otros procesos metabólicos. Sin embargo

el potencial osmótico ($\Psi\pi$) interviene en todas las reacciones enzimáticas a través de los iones alrededor de las enzimas. La evidencia es que la velocidad de las reacciones más que el potencial hídrico (Ψ) se debe al potencial osmótico ($\Psi\pi$). En este proceso es más importante el potencial osmótico que otros potenciales (Hsiao, 1973).

Hsiao *et al.*, (1976) señalan que los bajos potenciales hídricos pueden tener los siguientes efectos directos: a) reducción del potencial químico o actividad del agua; b) concentración de macromoléculas y solutos de bajos pesos moleculares; c) cambios en relación de espacios de membranas y organelos a través de una reducción de volumen y d) reducción de la presión hidrostática incidente en las células.

Para la medición del potencial hídrico total, existen diversos métodos, de los cuales el uso de la bomba scholander es uno de los más comunes, esta metodología se basa en la teoría de que el agua dentro del xilema está bajo tensión debido a la transpiración de las plantas. Dicha tensión se debe al déficit de presión de vapor en la atmósfera. La técnica consiste en medir la tensión generada en el xilema y aplicar una presión obtenida por aire comprimido o gas nitrógeno. La presión necesaria para mover las columnas de agua en el xilema y contrarrestar la tensión equivale a la tensión original del agua en el xilema (Larqué y Trejo, 1990).

Los métodos indirectos se basan en observaciones a mediciones de características que muestran relación con el potencial hídrico de la planta aunque dicha relación no siempre sea directa y lineal. Algunos de estos métodos son : el grado de marchitamiento, el cambio de color, el enrollamiento de las hojas, temperatura foliar y transpiración estomatal (Turner, 1981; Kramer, 1983). Este último se mide utilizando el aparato que se conoce con el nombre de porómetro de difusión, por medio del cual se obtienen mediciones de la resistencia a la difusión del vapor de agua (S/cm) y conductancia ($cm S$) que es el inverso de la resistencia. Los porómetros de difusión constan básicamente de una cámara que se adhiere a la hoja y dentro de ella hay un sensor de vapor de agua y un termopar para medir la temperatura de la hoja (Larqué y Trejo, 1990).

De los métodos anteriormente mencionados para la determinación del estado hídrico de las plantas, Rodríguez citado por Pedroza (1989), señala que el más correcto es el de la medición en términos de energía, es decir, en términos de potencial hídrico (ψ). Lo anterior debido a que los procesos fisiológicos en que interviene el agua requieren un flujo de energía, tal es el caso de la transpiración; las reacciones enzimáticas, el movimiento del agua en el sistema suelo-planta-atmósfera, obedece a un gradiente de potenciales; por lo anterior, la eficiencia de los procesos fisiológicos depende de la eficiencia del balance energético de los diferentes sistemas parti -

cipantes. Así mismo, es importante considerar, que el estado hídrico de las plantas, es una función no solo de la disponibilidad de agua en el ambiente, si no también de la etapa fenológica de las plantas, de tal forma que la investigación sobre los efectos del déficit hídrico, son de mayor utilidad si se estudian en diversas etapas de desarrollo de los cultivos (Slatyer, 1967 y Kramer, 1983).

2.5 Efectos De La Variación De Humedad Sobre El Comportamiento Del Sorgo.

Clark y Hiler (1973) mencionan que en sorgo los valores de potencial hídrico reflejan mejor el déficit hídrico durante el periodo vegetativo que durante el reproductivo, sin embargo Brady (1974) al trabajar con dos genotipos de sorgo durante dos años no encontró ninguna diferencia de esa índole; por otro lado Blum (1976) al trabajar con ocho cultivares de sorgo bajo condiciones limitantes de humedad encontró una disminución de -14 a -16 bares durante la etapa de mayor déficit de presión de vapor con una posterior recuperación de las plantas al mejorar las condiciones ambientales (Post stress).

Por otro lado se considera que el déficit hídrico en la planta es responsable del proceso del cierre de los estómas cuando las otras condiciones son óptimas. Sánchez et al., (1969) y Kramer (1971) encontraron que durante el desecamiento del suelo, los estómas del maíz se cierran

bajo valores de potencial hídrico superiores a los que el sorgo cierra sus estómas bajo un déficit hídrico mayor que el que induce el cierre de los estómas en el maíz.

Manjarrez (1986), al realizar un estudio sobre la respuesta de dos sorgos tolerantes al frío bajo condiciones limitantes de humedad en diferentes etapas fenológicas, encontró que la resistencia a la difusión de los estómas fué atenuándose conforme la sequía se aplicaba en etapas más avanzadas del ciclo de la planta; también se ha considerado que la resistencia estomatal varía en las diferentes partes de la planta, así, Teare y Kanemasu (1972) en su investigación sobre resistencia estomatal y potencial hídrico en el perfil vertical de sorgo y soya, señalan haber encontrado valores de resistencia estomatal en las hojas inferiores frecuentemente mayores que los valores de resistencia estomatal en las hojas superiores, sin embargo la posición de mínima resistencia varió con el día.

El déficit hídrico afecta también la velocidad de transpiración a través del cierre estomatal. En sorgo se ha observado que el cierre de los estómas se inicia con un potencial hídrico de -10 a -19 bares, esta variación es debida a las diferencias en temperaturas y otras características ambientales (Beadle *et al.*, 1973); sin embargo Inuyama (1978) señala que la respuesta en transpiración a déficits hídricos, varía entre especies y aún entre genotipos de la misma especie.

2.6 El Agua En La Atmósfera.

La atmósfera está compuesta por diferentes elementos y compuestos entre ellos el agua, la cual constituye hasta el 4% en volumen de la atmósfera (el 3% en peso aproximadamente) cerca del suelo, pero está casi totalmente ausente de ella por encima de los 10 o 12 Km (Barry y Chorley, 1972).

El contenido de agua del aire (humedad absoluta) es la densidad del vapor de agua en el aire expresada en gramos por centímetro cúbico, su importancia en la fisiología de las plantas comprende dos aspectos. Primero, porque determina la tasa de pérdida de agua por transpiración; segundo porque la humedad tiene un efecto directo sobre los estómas de las plantas, de tal manera que estos tienden a cerrarse en aire seco, restringiendo la pérdida de agua, pero reduciendo también la asimilación de CO_2 .

Debido a que el vapor de agua es un gas, su presión contribuye a la presión atmosférica total registrada y su presión potencial se denomina presión de vapor. La presión de saturación del vapor aumenta con la temperatura; si el aire se enfría sin cambio en contenido de agua, ocurre condensación a una temperatura llamada punto de rocío.

La humedad relativa es la razón de la presión de vapor a saturación correspondiente a la temperatura del bulbo seco. Generalmente se expresa en porcentaje. Sin embargo el empleo de esta variable se debe desalentar

ya que las plantas no responden directamente a la humedad relativa. El déficit de presión de vapor, es la diferencia entre la presión real del vapor a la misma temperatura. A un déficit de presión de vapor mayor, corresponderá una tasa de evaporación más alta (Jones, 1988).

Debido a la importancia del conocimiento del déficit de presión de vapor y sus componentes, se han realizado diferentes estudios; así, Pedroza (1986) al estudiar la resistencia ontogénica y filogenética a sequía en dos cultivares de frijol (Phaseolus vulgaris L.), encontró que al disminuir el déficit de presión de vapor atmosférico disminuye la tasa de transpiración y aumenta la resistencia estomatal. Así mismo Barry y Chorley (1972), consideran que la transpiración se lleva a cabo cuando la presión de vapor en las células de la hoja es mayor que la presión de vapor atmosférico.

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1 Localidad De Prueba.

El presente estudio consistió de dos ciclos agrícolas efectuados durante el verano-otoño de 1990 y primavera-verano de 1991 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. cuyas coordenadas geográficas son de 25 grados 53 minutos de latitud norte y 100 grados 3 minutos de longitud oeste con una altitud de 367.3 msnm.

De acuerdo al sistema de clasificación climática de Koppen, modificado por García (1973), el clima de esta localidad es clasificado como BS1(h1)hx(C1), siendo un clima seco árido con un cociente p/t (precipitación anual en mm / temperatura media anual en °C) mayor de 22.9, lo cual indica que es uno de los climas menos secos del grupo BS1, con una precipitación anual de 680 mm en promedio.

El Cuadro 2 indica los valores de precipitación, temperaturas, temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa y evaporación promedio durante el ciclo primavera - verano 1991 en la localidad donde se desarrolló el experimento.

Cuadro 2. Valores promedio de las condiciones climáticas consideradas en la etapa de evaluación de 120 familias de medios hermanos maternos generadas de la población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench). NLP2. Marín, N. L. Primavera, 1991.

Mes	pp. (mm)	Tem. (°C)	Tem.Min. (°C)	Tem.Max. (°C)	H.R. (%)	Evap. (cm)
Marzo	.074	20.1	14.48	31.41	61.0	7.20
Abril	.066	20.7	20.06	31.26	52.4	7.87
Mayo	.840	23.1	22.30	33.83	56.3	8.65
Junio	3.25	24.2	23.40	35.40	65.2	9.94

3.2 Material No Genético.

Porómetro MK-3 Delta-T Devices. (S/cm)

Bomba Scholander. (bares)

Integrador de área foliar. (cm²)

Estación meteorológica portátil. (Wheater data digital).

Psicrómetro portátil. (%)

Barrena.

Cinta métrica. (cm)

Balanza de reloj. (gr)

Balanza granataria. (gr)

3.3 Material Genético.

En el ciclo agrícola verano otoño, se estableció la población de sorgo NLP2, formada por el Programa de Sorgo del Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo de

la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, con características de apareamiento aleatorio por poseer el gene *ms3* (androesterilidad genética). De dicha población se derivaron 120 familias de medios hermanos maternos que fueron evaluadas en el ciclo de primavera-verano de 1991, bajo condiciones de riego y temporal.

3.4 Dinámica De La Humedad Del Suelo.

En la Figura 2 se observa la dinámica de la humedad del suelo para los ambientes de riego y temporal durante la etapa de evaluación.

3.5 Métodos.

Ciclo verano-otoño 1990.

La población NLP2, fue sembrada en un lote aislado en una superficie de 1500 m², con una población aproximada de 17000 plantas. La siembra se realizó el día 16 de julio de 1990 en suelo húmedo, lo cual se obtuvo por medio de un riego de presembrado, no fue necesario aplicar ningún otro riego, debido a las condiciones de buen temporal que se presentaron.

La formación de las familias de medios hermanos maternos, consistió en identificar plantas androestériles al momento de la floración, seleccionandolas en proporción similar, en plantas precoces, intermedias y tardías, fue necesario durante el periodo de floración, realizar

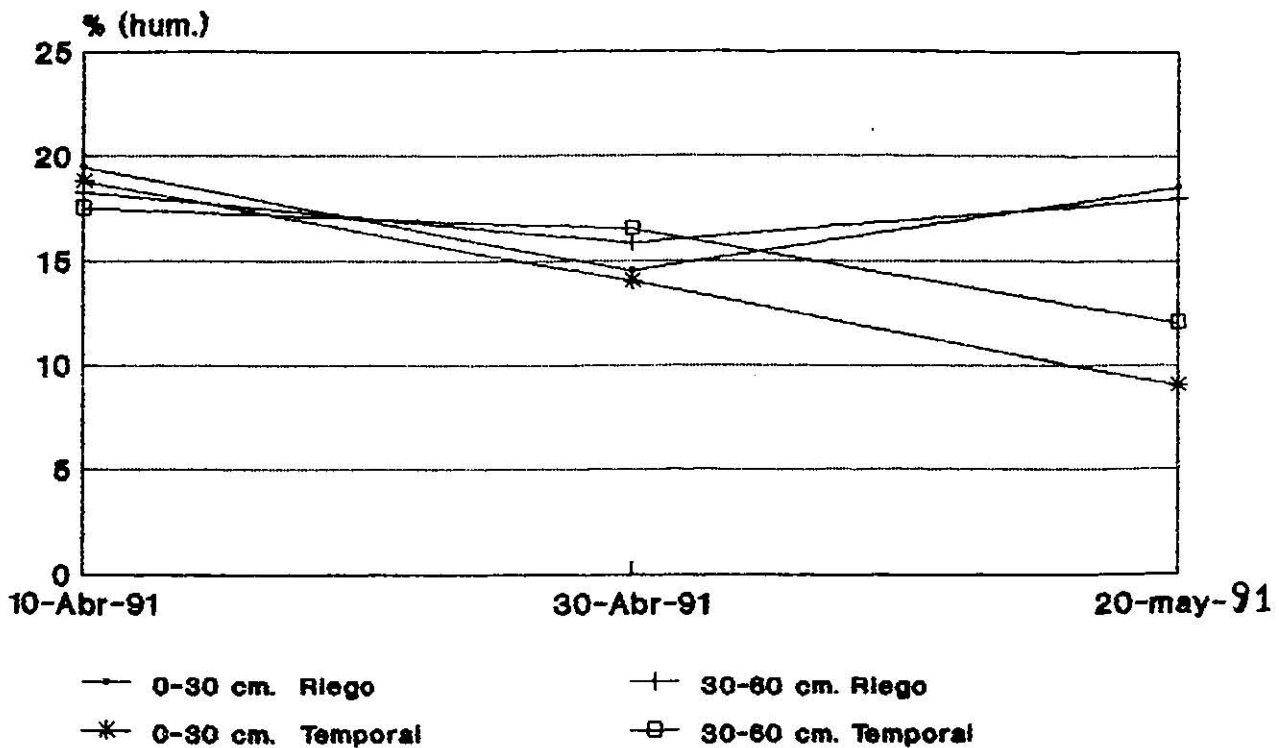


Figura 2. Dinámica de la humedad del suelo en la etapa de evaluación de 120 familias de medios hermanos maternos generadas de la población de sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) NLP2 bajo condiciones de riego y temporal. Marín, N. L. Primavera, 1991.

aplicaciones constantes de insecticida para evitar el daño por mosquita de la panoja (Contarinia sorghicola L.).

La cosecha de las 120 familias de medios hermanos maternos se llevó a cabo cuando el grano alcanzó el 12% de humedad aproximadamente, posteriormente se realizó la trilla de cada panoja en forma manual, embolzandose en forma individual y enumerandose, siendo posteriormente almacenadas en el banco de germoplasma de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Ciclo primavera-verano 1991.

Se llevó a cabo la evaluación de las 120 familias de medios hermanos maternos bajo condiciones de riego y de temporal, la siembra se realizó el día 20 de febrero de 1991, en suelo humedo, esto se logró a través de un riego de presiembra con una lamina de 15 cm.

El diseño experimental utilizado para esta evaluación fue el de bloques completos al azar en tres repeticiones; la parcela experimental fue de un surco de tres metros de largo con espaciamentos entre surcos de 80 cm. y una separación entre plantas de 10 cm., obteniendose una densidad de población aproximada de 125 mil plantas por hectárea; el experimento recibió las prácticas culturales de escarda y aporque, así como tres aplicaciones de insecticida; las parcelas bajo condiciones de riego recibieron tres riegos de auxilio con una lámina de 15 centímetros.

Toma de datos.

Considerando la metodología para toma de datos en sorgo que señala Paul (1990), se consideran las siguientes características :

- a). Días a diferenciación floral (DDF). Esta variable fue estimada por medio de observaciones hechas al tallo de tres plantas a través de pequeños cortes longitudinales; se consideraron los días transcurridos desde el 20 de febrero de 1991 (fecha de siembra) hasta el día en que se observara que el punto de crecimiento vegetativo había cambiado a reproductivo.
- b). Días a floración (DF). Días transcurridos a partir del 20 de febrero de 1991 (fecha de siembra) hasta el día en que el 50% de las panojas de la parcela útil se encontraban al 50% de antesis.
- c). Días a madurez fisiológica (DMF). Los días transcurridos desde el 20 de febrero de 1991 (fecha de siembra) hasta la fecha en que el 50% de las plantas de la parcela útil presentaron el punto negro en la base del grano en el 50% de las panojas.
- d). Altura de planta (ALP). El promedio de tres plantas con competencia completa, durante la etapa de madurez fisiológica, estimándose en centímetros desde la base del tallo hasta el ápice de la panoja.
- e). Longitud de panoja (LOPA). El promedio de tres plantas con competencia completa, en la etapa de madurez

fisiológica, estimandose en centímetros desde la base de la panoja hasta su ápice.

- f). Potencial hídrico (Ψ). Esta variable fue estimada con la bomba de presión Scholander, la técnica consistió en medir la tensión generada en los tejidos vasculares de la planta a través de la presión ejercida por gas nitrógeno; para esto se utilizó una hoja de la planta que fue evaluada por familia, la cual se colocó dentro de la bomba de presión, exponiendo al exterior solamente el corte transversal, luego se introdujo gas nitrógeno a presión y se registró la lectura de presión observada en el manómetro en bares al momento de salir la primera gota de savia del tejido. El tamaño de muestra fue de 10 familias bajo condiciones de riego y las mismas 10 familias para situaciones de temporal en las tres repeticiones.

Esta variable se estimó en dos etapas fenológicas del cultivo, las cuales fueron: floración, y madurez fisiológica; las lecturas se estimaron durante el período de mayor déficit de presión de vapor que se considera entre las 12:00 y 15:00 horas del día.

- g). Resistencia estomatal (r_s). Para estimar esta variable se utilizó el porómetro de difusión MK-3 (S/cm) Delta-T Devices, utilizando la metodología siguiente: Para que el aparato se equilibrara con las condiciones ambientales, este permaneció cercano al lo-

te experimental durante 20 minutos antes de iniciar su calibración y posterior uso. Pasado este tiempo se encendió el aparato y se calibró de acuerdo a las instrucciones recomendadas para su manejo. las mediciones se llevaron a cabo en una muestra de 20 familias bajo ambas condiciones de humedad en tres repeticiones; dicha muestra de 20 familias incluyó las 10 que se utilizaron para estimar la variable potencial hídrico.

La resistencia estomatal fue estimada en tres etapas fenológicas del cultivo las cuales fueron: diferenciación floral, floración y madurez fisiológica, durante el periodo de mayor déficit de presión de vapor que se considera entre las 12:00 y 15:00 horas del día.

- h). Area foliar (AF). Esta variable se estimó utilizando el integrador de área foliar, midiendo la totalidad de las hojas en una planta por cada familia en ambas situaciones de humedad durante la etapa de madurez fisiológica.
- i). Peso fresco total (PFT). Se tomó el peso de cinco plantas con competencia completa (excluyendo raíces) utilizando una balanza de reloj.
- j). Peso seco total (PST). Esta variable fue estimada utilizando una balanza granataria una vez que las cinco plantas de cada familia se habían secado al sol en un periodo de cuatro a ocho días.

- k). Porcentaje de agua en la planta (% AG). Esta variable se estimó considerando los datos de peso fresco total y peso seco total, aplicando la siguiente ecuación citada por Larqué y Trejo (1990) :

$$\% \text{ AG} = \frac{\text{Peso fresco total} - \text{Peso seco total}}{\text{Peso seco total}} \times 100$$

- l). Peso de grano (PG). Este se obtuvo por medio de la trilla en forma manual de cinco panojas por cada familia, utilizandose para el proceso de pesado una balanza granataria, ajustandose el peso del grano al 12% de humedad.
- m). Índice de cosecha (IC). Es el cociente del rendimiento económico (Peso de grano) entre el rendimiento biológico (peso seco total); utilizandose una muestra de cinco plantas por familia.

3.5.1 Humedad del suelo en la etapa de evaluación.

Durante la etapa de evaluación de las familias se simularon condiciones óptimas de siembra bajo temporal, esto se logró dando un riego de presiembra con una lámina de 15 cm. a todas las repeticiones; posteriormente se dieron tres riegos de auxilio con intervalos de 20 días aproximadamente en las parcelas bajo condiciones de riego. Se tomaron muestras de suelo para determinar la curva de abatimiento de la humedad disponible en el suelo, utilizandose el método gravimétrico, citado por Ortíz

(1977). Este consistió en tomar una muestra por repetición, a las profundidades de 0-30 y 30-60 cm., siendo dichas muestras pesadas para obtener los valores de peso de suelo humedo, posteriormente se llevaron a la estufa donde permanecieron 24 horas, a una temperatura de 100 °C para determinar el peso de suelo seco. La ecuación que se utilizó para estimar el % de humedad del suelo citada por Ortíz (1977) fue la siguiente:

$$\% \text{ Hum.} = \frac{\text{Peso del suelo humedo} - \text{Peso del suelo seco}}{\text{Peso del suelo seco}} \times 100$$

Tambien se determinó el contenido de humedad del suelo a capacidad de campo (C.C.) y a punto de marchitez permanente (P.M.P.) a la profundidad específica donde se tomaron las muestras, a través del método de la olla de presión y de la membrana de presión respectivamente, pudiendo determinar así el porcentaje de humedad aprovechable en el suelo.

Cuadro 3. Humedad promedio (%) en el suelo a partir de tres puntos de muestreo y valores estimados de P.M.P. y C.C. de el lote de evaluación de 120 familias de medios hermanos maternos derivadas de la población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2. Marín, N. L. Primavera, 1991.

Ambiente	Estrato	P.M.P.	C.C.	10 Abr.	30 Abr.	20 May.
Riego	0 - 30	16.57	30.5	19.45	14.50	18.50
	30 - 60	17.40	32.1	18.25	15.50	18.00
Temporal	0 - 30	16.57	30.5	18.80	14.00	9.00
	30 - 60	17.40	32.1	17.50	16.50	12.50

3.5.2 Datos climatológicos.

Estos datos fueron estimados utilizando la estación meteorológica portátil Wheater data digitar, tomándose los datos de temperaturas máximas y mínimas, temperatura al momento de realizar la operación, y precipitación diaria y acumulada. También se estimaron los datos de evaporación y humedad relativa utilizando el tanque evaporimetro y el psicrómetro portátil respectivamente.

3.5.3 Estimación de parámetros genéticos.

a).- Varianza genotípica y fenotípica. Para estimar la varianza genotípica entre familias se utilizó la si--

Cuadro 3. Humedad promedio (%) en el suelo a partir de tres puntos de muestreo y valores estimados de P.M.P. y C.C. de el lote de evaluación de 120 familias de medios hermanos maternos derivadas de la población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2. Marín, N. L. Primavera, 1991.

Ambiente	Estrato	P.M.P.	C.C.	10 Abr.	30 Abr.	20 May.
Riego	0 - 30	16.57	30.5	19.45	14.50	18.50
	30 - 60	17.40	32.1	18.25	15.50	18.00
Temporal	0 - 30	16.57	30.5	18.80	14.00	9.00
	30 - 60	17.40	32.1	17.50	16.50	12.50

3.5.2 Datos climatológicos.

Estos datos fueron estimados utilizando la estación meteorológica portátil Wheater data digitar, tomándose los datos de temperaturas máximas y mínimas, temperatura al momento de realizar la operación, y precipitación diaria y acumulada. También se estimaron los datos de evaporación y humedad relativa utilizando el tanque evaporímetro y el psicrómetro portátil respectivamente.

3.5.3 Estimación de parámetros genéticos.

a).- Varianza genotípica y fenotípica. Para estimar la varianza genotípica entre familias se utilizó la si--

guiente ecuación :

$$\sigma^2 G = \frac{CMT - CME}{r}$$

donde :

$\sigma^2 G$ = Varianza genética.

CMT = Cuadrado medio de tratamientos.

CME = Cuadrado medio del error.

r = Número de repeticiones.

La estimación de la varianza fenotípica se obtuvo del valor del cuadrado medio total.

b).- Varianza aditiva. Esta se consideró como un cuarto de la varianza genética total, de acuerdo a lo señalado por Romero (1981).

c).- Heredabilidad. La heredabilidad en sentido amplio, se obtuvo por la ecuación siguiente:

$$H^2 = \frac{\sigma^2 G \text{ (MHM)}}{\sigma^2 f \text{ (MHM)}}$$

donde :

H^2 = Heredabilidad en sentido amplio.

$\sigma^2 G \text{ (MHM)}$ = Varianza genotípica de medios hermanos maternos.

$\sigma^2 f \text{ (MHM)}$ = Varianza fenotípica de medios hermanos maternos.

La heredabilidad en sentido estricto, se estimó por medio de la ecuación siguiente:

$$h^2 = \frac{\sigma^2 A \text{ (MHM)}}{\sigma^2 f \text{ (MHM)}}$$

donde :

h^2 = Heredabilidad en sentido estricto.

$\sigma^2 A$ = Varianza aditiva de medios hermanos maternos.

$\sigma^2 f$ = Varianza fenotípica de medios hermanos maternos.

d).- Respuesta a la selección. La estimación de este parámetro genético se obtuvo a través de la siguiente ecuación:

$$R = \frac{i \ h^2 \ \sigma^2 f}{\sigma f}$$

donde :

R = Respuesta esperada a la selección.

h^2 = Heredabilidad en sentido estricto.

$\sigma^2 f$ = Varianza fenotípica entre familias de medios hermanos maternos.

i = Intensidad de selección correspondiente al valor de 5 % para 120 familias de medios hermanos maternos en dos condiciones de humedad del suelo.

σf = Desviación estandar entre familias de medios hermanos maternos.

3.5.4 Bioensayo in - vitro.

Esta etapa del experimento se llevó a cabo con el propósito de comparar la variabilidad genética que presentó la población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2 en condiciones de campo contra condiciones de labora

torio.

Para llevar a cabo la evaluación in - vitro, se utilizó un medio nutritivo para la inducción de callos de sorgo a partir de plantulas provenientes de semillas germinadas en medio de cultivo liquido, el cual se elaboró utilizando el medio básico Murashigue y Skoog complementado con Inositol (100mg/l), 2,4-D (2.5mg/l), Kinetina (0.05mg/l), Thiamina (0.1mg/l), Glycina (2mg/l), Ac. Nicotínico (0.5 mg/l), Piridoxina (0.5mg/l) y Sucroza (20gr) todo bajo un pH de 5.6 (Braskaran y Smith, 1989).

Lo anterior se logró al desinfestar con una solución de hipoclorito de sodio (cloralex) al 10 % semillas de 20 familias de medios hermanos maternos durante 20 minutos dentro de una bomba de vacío, posteriormente se introdujeron durante 1 minuto en alcohol al 70%, por último se aplicaron tres enjuagues con agua destilada estéril bajo condiciones asépticas, sembrándose sobre las plataformas "heller" en tubos de cultivo de tejidos vegetales (25ml) utilizando la cámara de flujo laminar (Smith et al., 1988). Dichos tubos se colocaron en un cuarto de incubación a una temperatura de 25°C con un fotoperiodo de 16 horas luz a una intensidad luminica de 3000 Lux.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION.

Los resultados obtenidos de acuerdo con el objetivo planteado así como su discusión, se pueden desglosar de la siguiente forma.

4.1 Análisis de Varianza.

Los análisis de varianza de los caracteres considerados se presentan en el Cuadro 1 A. del apéndice; en este se encuentran los valores de significancia estadística para las variables días a madurez fisiológica en temporal, longitud de panoja en riego y área foliar, peso fresco, peso seco, índice de cosecha y porcentaje de agua en la planta bajo ambas condiciones de humedad del suelo, resultando estas significativas en su prueba F para familias; lo anterior indica diferencias entre los genotipos obtenidos de la población original. Las variables días a madurez fisiológica en riego, longitud de panoja en temporal y días a diferenciación floral, días a floración, altura de planta y peso de grano en ambas condiciones de humedad del suelo fueron no significativas en su prueba F para familias, lo cual representa la no diferencia entre genotipos obtenidos de la población original para dichas variables en las condiciones de humedad del suelo en que se manejó el experimento.

Los coeficientes de variación tuvieron un rango de 4.47 a 75.71 %, siendo el carácter días a madurez fisiológica en temporal el que presentó el valor mínimo y peso de grano en la misma condición de humedad el que presentó el valor máxi -

mo; esto último se debió a la variabilidad que presentaron las familias de medios hermanos maternos entre las repeticiones para el ambiente de temporal.

4.2 Varianza Fenotípica.

En el Cuadro 4, se muestran los valores de las varianzas fenotípicas, así como los coeficientes de variación aditiva.

Las varianzas fenotípicas variaron en un rango de .01112 a 69778.2 bajo condiciones de riego, en donde el valor máximo correspondió a la variable área foliar. Dentro de los valores mínimos se encuentra el carácter altura de planta que superó a días a madurez fisiológica y este a su vez a las variables porcentaje de agua en la planta y longitud de panoja, siendo el valor mínimo el perteneciente al carácter índice de cosecha.

Bajo condiciones de temporal, las varianzas fenotípicas presentaron un rango de 0.0135 a 42040.6, en donde el valor máximo correspondió a la variable área foliar, encontrándose los valores mínimos en las variables altura de planta, días a madurez fisiológica y porcentaje de agua en la planta, correspondiendo el valor más bajo al carácter índice de cosecha. La estimación de este parámetro para las diferentes variables estudiadas en las dos condiciones de humedad del suelo en que se manejó el experimento representa un factor importante a considerar ya que actúa como divisor de la heredabilidad y esta a su vez mide la relación entre la varianza genotípica y fenotípica. Tal es el caso del carácter área foliar, el

cual presentó una varianza genética alta en ambas condiciones de humedad del suelo, pero su heredabilidad presentó un valor menor, ya que su varianza fenotípica fue superior a la varianza genética, por lo tanto, su respuesta relativa a la selección se redujo.

4.3 Varianza Genotípica.

Los valores de varianza genotípica se exponen en el Cuadro 4; el rango de variación para éste parámetro fué muy amplio en ambas condiciones de humedad del suelo, ya que osciló entre 0.0016 y 60427 bajo condiciones de riego y 0.0039 a 22433 para situaciones de temporal. El valor máximo perteneció a la variable área foliar en ambas condiciones de humedad del suelo, correspondiendo el valor mínimo al carácter índice de cosecha en las dos condiciones en que se manejó el experimento. Así mismo, la varianza aditiva cuyos valores se muestran en el Cuadro 4, presentó un rango de variación amplio en las dos condiciones de humedad del suelo, encontrándose para situaciones de riego, un rango de 0.00041 correspondiente al carácter índice de cosecha, hasta 15106.7 para la variable área foliar; bajo condiciones de temporal la varianza aditiva presentó valores desde 0.00098 hasta 5608.2, correspondiendo el valor más alto a la variable área foliar, siendo el carácter índice de cosecha el que correspondió el valor mínimo.

Los valores tanto de varianza genética como aditiva obtenidos, permitieron observar que hubo variabilidad genética para la mayoría de los caracteres; y que aquellos que muestra-

Cuadro 4 . Parámetros genéticos estimados en 120 familias de medios hermanos maternos generadas de la población de sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) NLP2 bajo diferentes condiciones de humedad del suelo. Marín N. L. Primavera, 1991.

Riego.

	DDF.	DF.	DMF.	ALP.	LOPA.	AF.	PF.	PS.	PG.	IC.	%AG
V.	9.40	9.35	12.60	21.80	25.89	17.70	27.44	33.38	53.30	26.70	6.71
G	—	—	4.65	7.45	2.83	60427	3520	355.9	91.07	.0016	4.79
A	—	—	1.16	1.86	0.70	15106.7	880.1	88.9	22.76	.00041	1.19
F	—	—	198.30	467.3	23.31	69778.2	39044	2155	1377	.01112	30.4
V.A	—	—	0.0097	0.014	0.04	0.24	0.04	0.06	0.060	.05	.014
H ²	—	—	0.0200	0.015	0.12	0.86	0.09	0.16	0.066	.144	.156
h ²	—	—	0.0058	.0039	0.03	0.21	0.02	0.04	0.016	.036	.039
\bar{x}	—	—	111	95	17	501.84	650	139	76	.37	75
R	—	—	0.151	0.155	0.266	102.6	7.30	3.43	1.098	.00702	.397

Temporal.

	DDF.	DF.	DMF.	ALP.	LOPA.	AF.	PF.	PS.	PG.	IC.	%AG
V.	22.7	22.7	4.47	26.43	40.04	29.35	30.37	35.7	75.71	32.64	9.58
G	—	—	0.74	11.97	—	22433	3443.	365.4	20.76	.0039	11.6
A	—	—	0.18	2.99	—	5608.2	860.8	91.3	5.19	.00098	2.92
F	—	—	25.84	17.66	—	42040.6	31310	1112	659.2	.0135	64.0
V.A	—	—	0.0037	0.028	—	0.15	0.05	0.13	0.07	.10	0.02
H ²	—	—	0.020	0.030	—	0.53	0.109	0.32	0.03	.28	0.18
h ²	—	—	0.006	0.009	—	0.13	0.027	0.08	0.007	.072	0.04
\bar{x}	—	—	113	61	—	482.05	495	72	31	.30	74
R	—	—	0.056	0.069	—	49.31	8.83	4.93	0.33	.0154	.592

ron variabilidad mayor, son susceptibles de incorporarse a metodologías genotécnicas (Romero, 1981).

Los coeficientes de variación aditiva se exponen en el mismo Cuadro 4; se encontró un rango de 0.0097 a 0.24 para condiciones de riego en donde el valor mas alto correspondió a la variable área foliar, correspondiendo el valor mínimo al carácter días a madurez fisiológica; así mismo, bajo condiciones de temporal se encontró un rango de 0.0037 correspondiente a la variable días a madurez fisiológica a 0.15 perteneciente al carácter área foliar.

Como se observa en el cuadro 4, las variables días a diferenciación floral, días a floración en ambas condiciones de humedad del suelo en que se manejó el experimento y longitud de panoja en temporal, no presentaron varianza genética en ninguno de los dos ambientes, por lo tanto no pueden ser consideradas para metodologías de mejoramiento genético (Romero, 1981).

4.4 Heredabilidad.

Los valores de heredabilidad en sentido amplio se presentan en el Cuadro 4, observándose el valor mayor para el carácter área foliar (0.86) y el valor menor para la variable altura de planta (0.015) para condiciones de riego, de la misma forma el valor más alto de heredabilidad en sentido amplio en el ambiente de temporal correspondió a la variable área foliar (0.53) siendo el carácter días a madurez fisiológica el que correspondió el valor mínimo (0.020). Las varia --

bles altura de planta y peso de grano mostraron el mismo valor (0.030), siendo superadas por los caracteres porcentaje de agua en la planta, índice de cosecha, peso fresco y peso seco.

Las variables días a diferenciación floral y días a floración, no presentaron heredabilidad en sentido amplio en ambas condiciones de humedad del suelo en que se manejó el experimento.

Los valores de heredabilidad en sentido estricto se exponen en el mismo cuadro 4; se encontró un rango de 0.21 a 0.0039 para condiciones de riego, en donde el valor más alto correspondió a la variable área foliar, siendo el carácter altura de planta el que presentó el valor mínimo; así mismo, bajo condiciones de temporal, se presentaron valores en un rango de 0.006 a 0.13, correspondiendo el valor más alto a la variable área foliar y el valor mínimo para el carácter días a madurez fisiológica.

Cabe señalar que la heredabilidad en sentido amplio representa el porcentaje de varianza genética existente en una variable en relación con la varianza fenotípica, y que la heredabilidad en sentido estricto representa el porcentaje de varianza genética aditiva que posee un determinado carácter en relación con la varianza fenotípica, por lo que las variables que presentan heredabilidad tanto en sentido amplio como estricto más alta tendrán una respuesta absoluta mayor a la selección, ya que entre más grandes sean, la heredabilidad y el diferencial de selección, tendrán una influencia mayor

en el aumento de la respuesta teórica.

4.5 Respuesta a la Selección.

Los valores esperados para la respuesta relativa a la selección se presentan en el Cuadro 4. El rango de valores obtenidos bajo condiciones de riego estuvo entre 0.00702 y 102.6, teniendo el índice de cosecha el valor mas bajo, mientras que las variables peso fresco, peso seco y área foliar presentaron los valores máximos, siendo este último carácter el que mostró el valor superior. Entre los valores mínimos se encuentran los caracteres días a madurez fisiológica, altura de planta, porcentaje de agua en la planta y longitud de panoja.

Bajo condiciones de temporal los valores de respuesta relativa a la selección presentaron un rango de 0.015 a 49.3, donde el valor máximo perteneció a la variable área foliar.

Los valores más bajos pertenecieron a las variables peso de grano, días a madurez fisiológica, porcentaje de agua en la planta e índice de cosecha siendo este último carácter al que correspondió el valor mínimo.

Las variables días a diferenciación floral y días a floración no presentaron respuesta relativa a la selección en ninguno de los dos ambientes de humedad del suelo en que se manejó el experimento, así como longitud de panoja en temporal.

En los valores anteriores de respuesta relativa a la selección para ambas condiciones de humedad del suelo en que se

manejó el experimento, pudo observarse que los caracteres que mostraron heredabilidades superiores presentaron respuestas relativas altas, ya que el valor de este parámetro depende del valor de la media de cada variable, es decir, este parámetro mide el avance en relación con el valor medio de cada carácter.

Por otro lado las variables días a diferenciación floral y días a floración en ambas condiciones de humedad del suelo así como longitud de panoja en temporal, al no presentar valores de varianza genética y aditiva, no es posible que posean respuesta relativa a la selección, debido a que la componente aditiva de la varianza genética representa la parte heredable de un ciclo de selección a otro (Falconer, 1984).

Cuadro 5. Valores promedio del porcentaje de humedad aprovechable del suelo para los diferentes estratos y fechas de muestreo en las dos condiciones de humedad del suelo en que se manejó el lote de evaluación de 120 familias de medios hermanos maternos derivadas de la población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2. Marín, N. L. Primavera, 1991.

Condición de humedad del suelo.	Estrato	Fecha de Muestreo		
		10 Abril	30 Abril	20 mayo
Riego	0 - 30	20.6	0	13.85
	30 - 60	5.78	0	4.08
Temporal	0 - 30	16.00	0	0
	30 - 60	0.68	0	0

4.6 Humedad En El Suelo Y Precipitación En La Etapa De Evaluación.

Los valores del porciento de humedad aprovechable en el suelo se presentan en el Cuadro 5, mientras que los datos de capacidad de campo (C.C.) y punto de marchitez permanente (P.M.P.) para las profundidades de 0 a 30 y de 30 a 60 cm, se mostraron en el Cuadro 3; los datos de porciento de humedad del suelo para cada fecha de muestreo por estrato y ambiente se muestran en el Cuadro 2 A; con los datos anteriores se logró generar una curva de humedad del suelo para las dos condiciones en que se manejó el experimento en los estratos de 0 - 30 y 30 - 60 cm respectivamente (Figura 2), donde se puede observar que en el ambiente de temporal, la curva de humedad del suelo muestra una disminución constante hasta la última fecha de muestreo (30/abril/1991).

Las precipitaciones ocurridas durante la etapa de evaluación se muestran en la Figura 1 A. En el Cuadro 3 A, se presentan los mismos datos tabulados.

4.7 Relaciones Hidricas.

En el Cuadro 4 A, se observan los valores promedio de resistencia estomatal (r_s), obtenidos de 20 familias de medios hermanos maternos generadas de la población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2 bajo condiciones de riego y temporal en tres etapas fenológicas.

En la Figura 3 se presentan los valores de resistencia estomatal promedio para las 20 familias de medios hermanos

maternos en riego y temporal así como los valores de humedad relativa y temperatura al momento de hacer las mediciones en la etapa de diferenciación floral. Se observa una baja tendencia de los genotipos a aumentar la resistencia estomatal en condiciones de temporal, siendo únicamente las familias 73, 48, 106 y 86 de medios hermanos maternos las que presentaron mayor resistencia estomatal bajo condiciones de riego que de temporal.

La familia 119 presentó el mismo valor de resistencia estomatal en ambas condiciones de humedad del suelo.

Lo anterior se relaciona directamente con el comportamiento de la humedad aprovechable en el suelo en esta etapa de evaluación. (Cuadro 5) donde se observa una condición similar para el estrato de 0 - 30 cm. en los dos ambientes en que se manejó el experimento; así mismo, la resistencia estomatal a la difusión de las plantas bajo riego, permaneció baja (entre 3.46 y 5.95 S/cm); según se observa en la figura 3. Estos valores son similares a los encontrados por otros autores en sorgos de 48 a 59 días de edad (diferenciación floral) bajo condiciones de riego, los cuales fluctuaron de 1.5 a 6.3 S/cm, dependiendo de la intensidad luminosa (Beadle et al., 1973).

También se puede observar variabilidad entre los genotipos evaluados para resistencia estomatal, en la etapa de diferenciación floral para los dos ambientes considerados.

En la Figura 4 se observa que durante la etapa de floración los genotipos presentaron una alta tendencia a aumentar

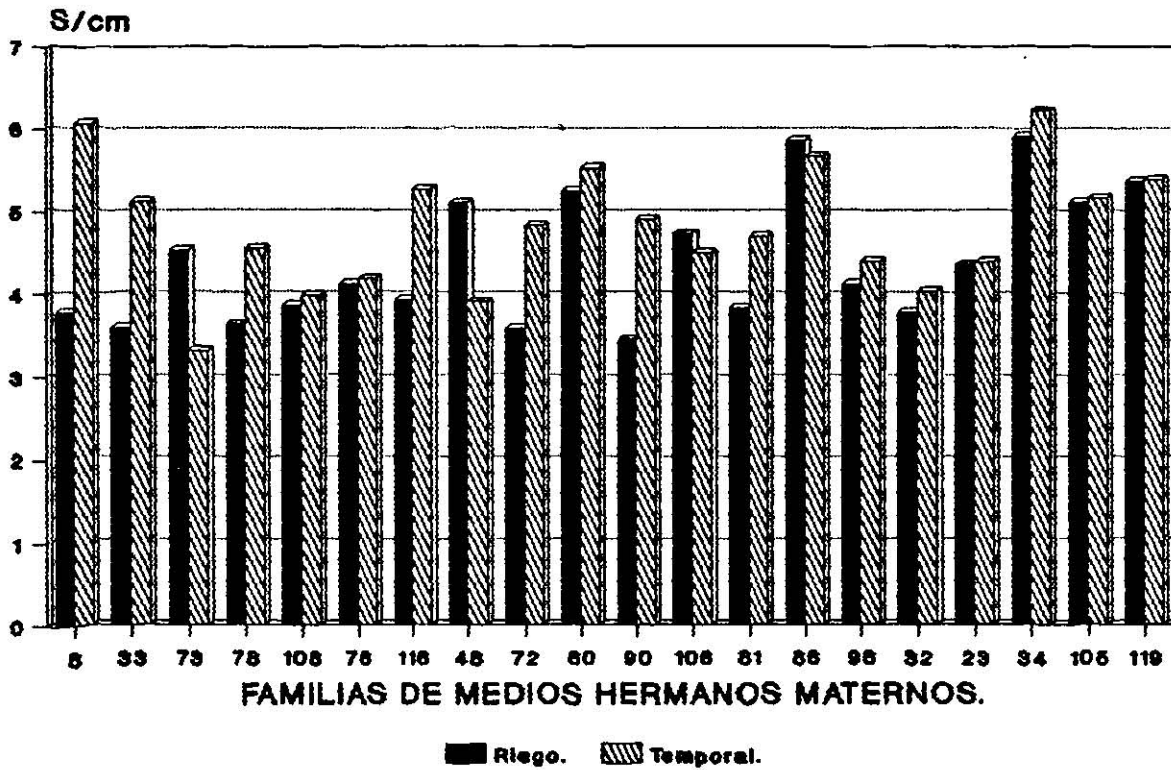


Figura 3. Resistencia estomatal promedio de 20 familias de medios hermanos maternos, generadas de la población de sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) NLP2 en la etapa de diferenciación floral bajo condiciones de riego y temporal. Marín, N. L. Primavera, 1991.

la resistencia estomatal en el ambiente de temporal, siendo la familia 48 de medios hermanos maternos, la única que permaneció con valores de resistencia estomatal mayores bajo condiciones de riego con respecto a la etapa de diferenciación floral; lo cual concuerda con lo señalado por Manjarrez (1986) en el sentido que la resistencia a la difusión aumenta en cada periodo conforme las condiciones de sequía se acentúan.

Por otro lado, se observó variabilidad entre los genotipos evaluados para resistencia estomatal durante la etapa de floración en las dos condiciones de humedad del suelo en las que se llevó a cabo el experimento.

En la etapa de madurez fisiológica (Figura 5), los valores promedio de resistencia estomatal de las veinte familias de medios hermanos maternos presentaron bajas diferencias entre los ambientes de riego y temporal a excepción de las familias 72 y 119 que presentaron valores superiores de resistencia estomatal bajo condiciones de riego con respecto a los datos obtenidos en el ambiente de temporal. Al respecto Manjarrez (1986) señala que la resistencia a la difusión tiende consistentemente a decrecer conforme la edad de la planta es mayor. La menor resistencia a la difusión conforme la edad de la planta aumenta, apoya la suposición de que la sensibilidad al cierre estomatal disminuye conforme las hojas maduran.

La variabilidad entre los genotipos evaluados para el carácter resistencia estomatal, permaneció durante esta

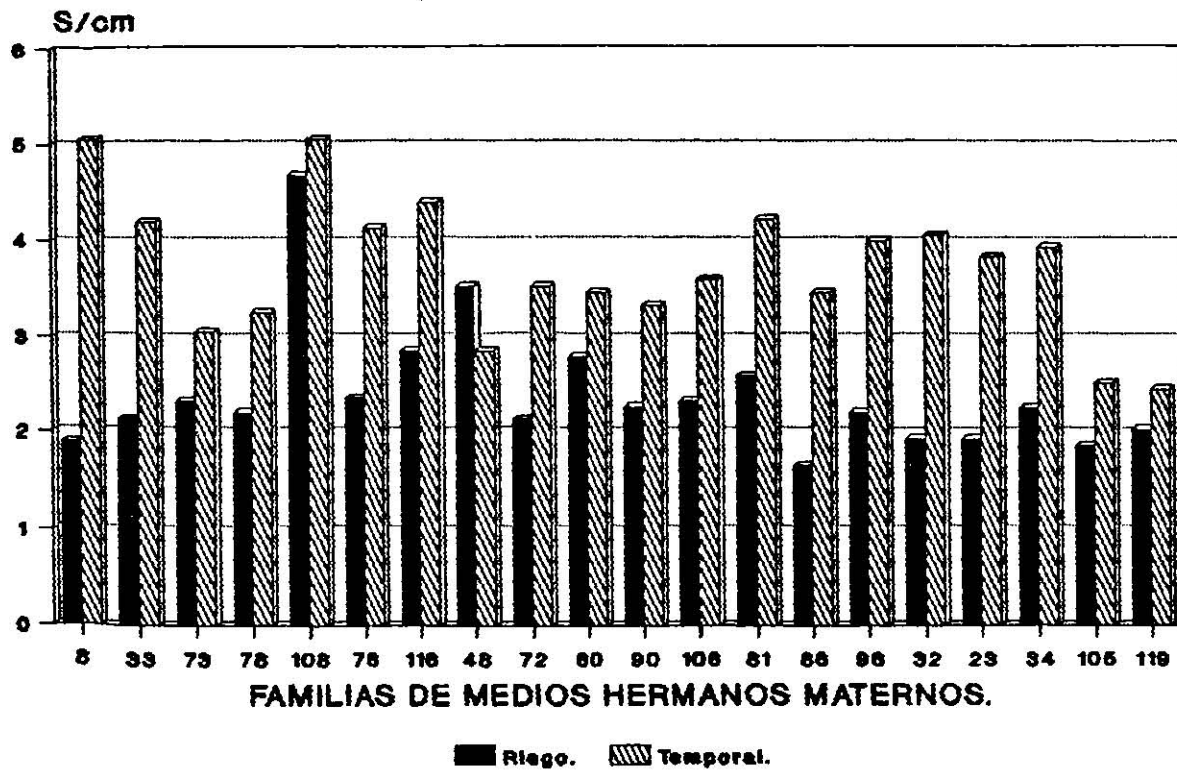


Figura 4. Resistencia estomatal promedio de 20 familias de medios hermanos maternos, generadas de la población de sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) NLP2 en la etapa de floración bajo condiciones de riego y temporal. Marín, N. L. Primavera, 1991.

etapa fenológica en los dos ambientes de humedad del suelo considerados.

Por otro lado en el Cuadro 5A, se presentan los valores promedio de los potenciales hídrico (\bar{i}) y de la resistencia estomatal (r_s), registrados en diez familias de medios hermanos maternos generadas de la población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2 durante las etapas de floración y madurez fisiológica bajo dos condiciones de humedad del suelo.

En la Figura 6 se observa que los valores promedio de las diez familias evaluadas para el carácter potencial hídrico en el momento de floración son mayores en el ambiente de temporal siendo la familia 33 la que presentó el valor más alto de potencial hídrico con -27 bares, correspondiendo el valor más bajo para este carácter a las familias 116 y 60 con -21 bares en la condición de temporal; en el ambiente de riego, los valores de potencial hídrico promedio fluctuaron en un rango de -15 a -22 bares, correspondiendo el valor más alto a la familia 73, siendo la familia 78 la que presentó el valor más bajo.

Los valores promedio de resistencia estomatal en el ambiente de temporal de las diez familias evaluadas durante la etapa de floración se mostraron superiores a los valores obtenidos de las mismas familias bajo condiciones de riego, a excepción de la familia 48 que mostró una mayor resistencia estomatal bajo condiciones favorables de humedad del suelo.

Cabe mencionar que la estimación del carácter potencial

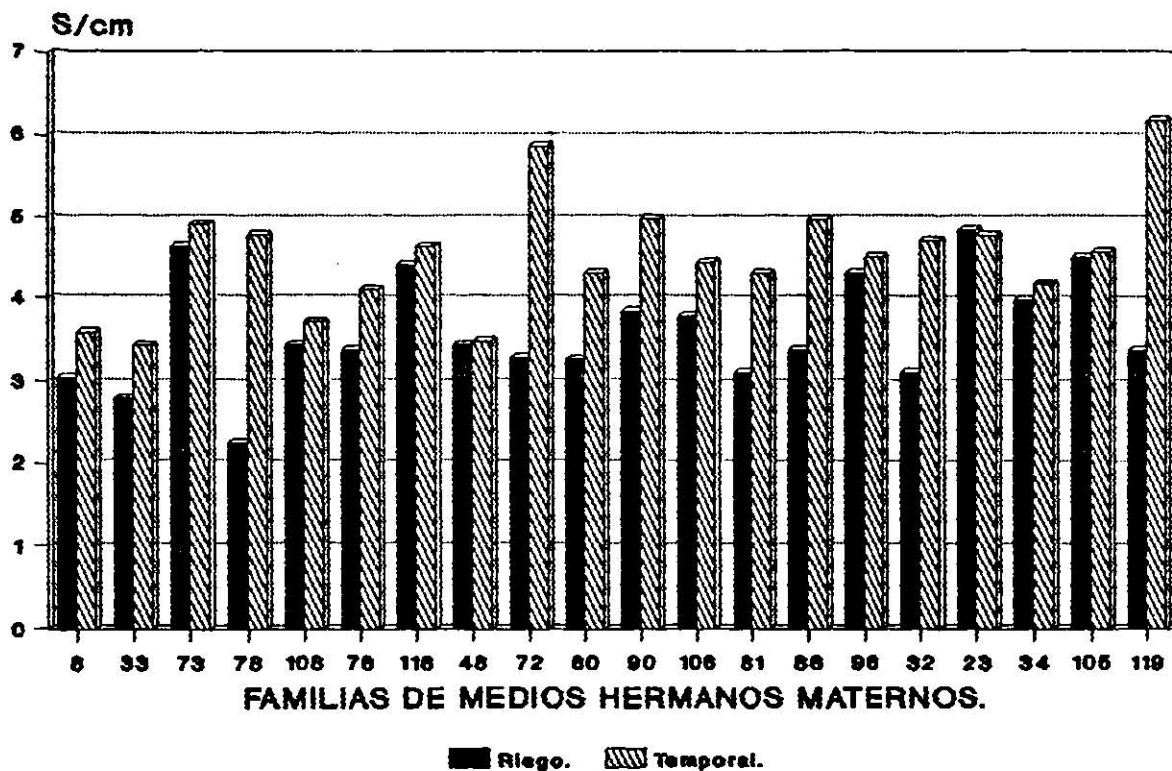


Figura 5. Resistencia estomatal promedio de 20 familias de medios hermanos maternos generadas de la población de sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) NLP2 en la etapa de madurez fisiológica bajo condiciones de riego y temporal. Marín, N. L. Primavera, 1991.

hídrico en la etapa de floración, permitió relacionar la resistencia estomatal con dicho carácter para los dos ambientes de humedad del suelo en que se manejó el experimento; así mismo, se considera que la mayor resistencia estomatal presentada por las familias de medios hermanos maternos en condiciones de temporal durante esta etapa fenológica se debe a una menor energía del agua disponible para la reacción de cada genotipo (Bidwell, 1983).

También aparecen en la figura 6 los valores de humedad relativa (H.R.) y temperatura al momento de realizar las mediciones en la etapa de floración.

Se puede observar variabilidad entre los genotipos para los dos caracteres estudiados en esta etapa fenológica tanto en la condición de riego como de temporal.

La Figura 7 muestra los valores promedio de los caracteres potencial hídrico y resistencia estomatal para las diez familias evaluadas en la etapa de madurez fisiológica, donde se observa una tendencia de los genotipos a disminuir las diferencias de los dos caracteres mencionados entre los ambientes de humedad del suelo en que se manejó el experimento.

Lo anterior queda demostrado por la menor área comprendida entre las curvas tanto de resistencia estomatal como de potencial hídrico (Figura 7) en los dos ambientes de humedad del suelo en que se manejó el experimento, estando estas dos variables directamente relacionadas (Bidwell, 1983).

La tendencia de los genotipos a disminuir las diferencias de los dos caracteres mencionados entre la condición de

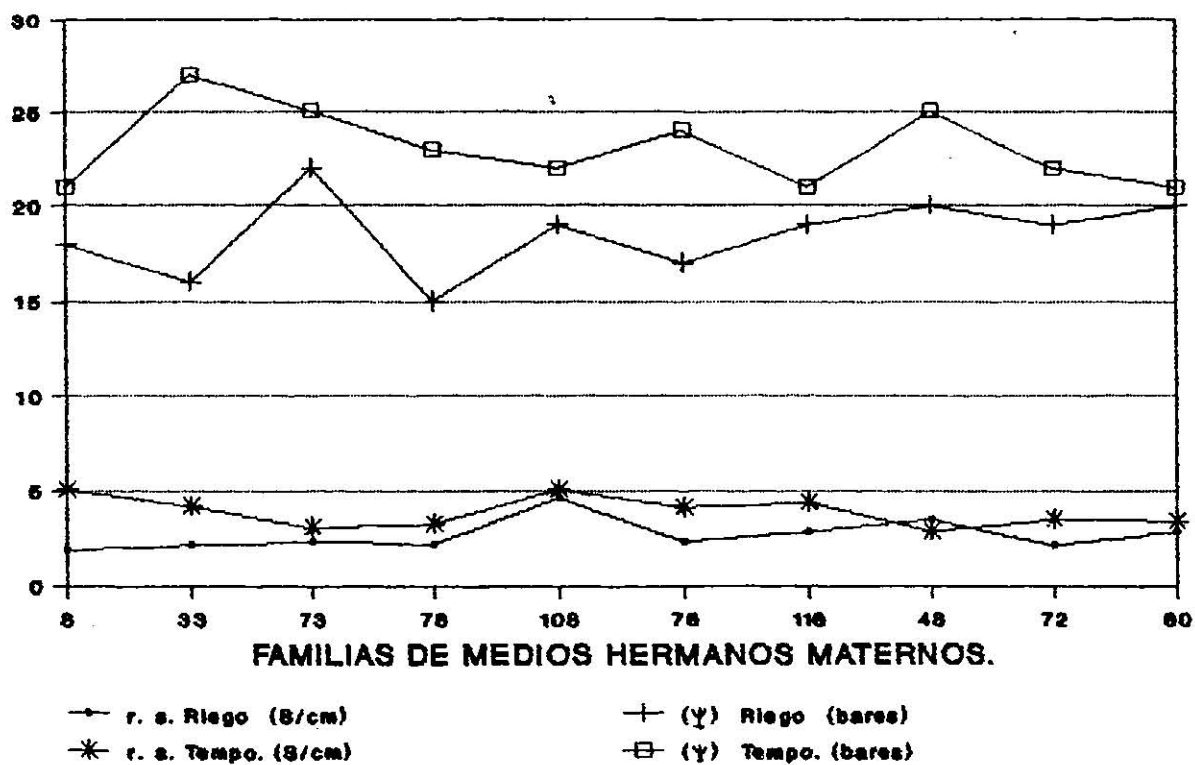


Figura 6. Resistencia estomatal y potencial hídrico promedio de 10 familias de medios hermanos maternos generadas de la población de sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) NLP2 en la etapa de floración bajo condiciones de riego y temporal. Marín, N. L. Primavera, 1991.

riego y temporal, pudo ser debido a que las plantas al avanzar en sus etapas fenológicas cuentan con mayor área transpiratoria (mayor área foliar), lo cual hace que ellas transpiren más en términos de planta total y en consecuencia sufran un mayor grado de deshidratación, al agotarse más rápidamente el agua disponible en el suelo para su uso.

Los valores del carácter potencial hídrico en la etapa de madurez fisiológica presentaron un rango de -22 a -25 bares para condiciones de riego, correspondiendo el valor más alto a las familias 72 y 73, siendo los genotipos 8, 33, 78, 108 y 76 los que presentaron el valor más bajo de potencial hídrico; así mismo en el ambiente de temporal los valores promedio de dicho carácter fluctuaron en un rango de -23 a -29 bares donde el valor más bajo correspondió a las familias 60 y 108 siendo superadas por la familia 48 con un potencial hídrico de -25 bares, correspondiendo el valor más alto a la familia 73.

Los valores promedio del carácter resistencia estomatal de las 10 familias de medios hermanos maternos consideradas en esta etapa de la evaluación (madurez fisiológica), presentaron un rango de 2.26 a 4.60 S/cm. bajo condiciones de riego siendo la familia 73 la que presentó el valor más alto, seguido por el genotipo 116 cuyo valor fue de 4.43 S/cm; el valor más bajo de resistencia estomatal para esta condición de humedad del suelo correspondió a la familia 78, siendo superada por el genotipo 33 con un valor de 2.80 S/cm y este a su vez por la familia 8 con una resistencia de 3.06 S/cm.

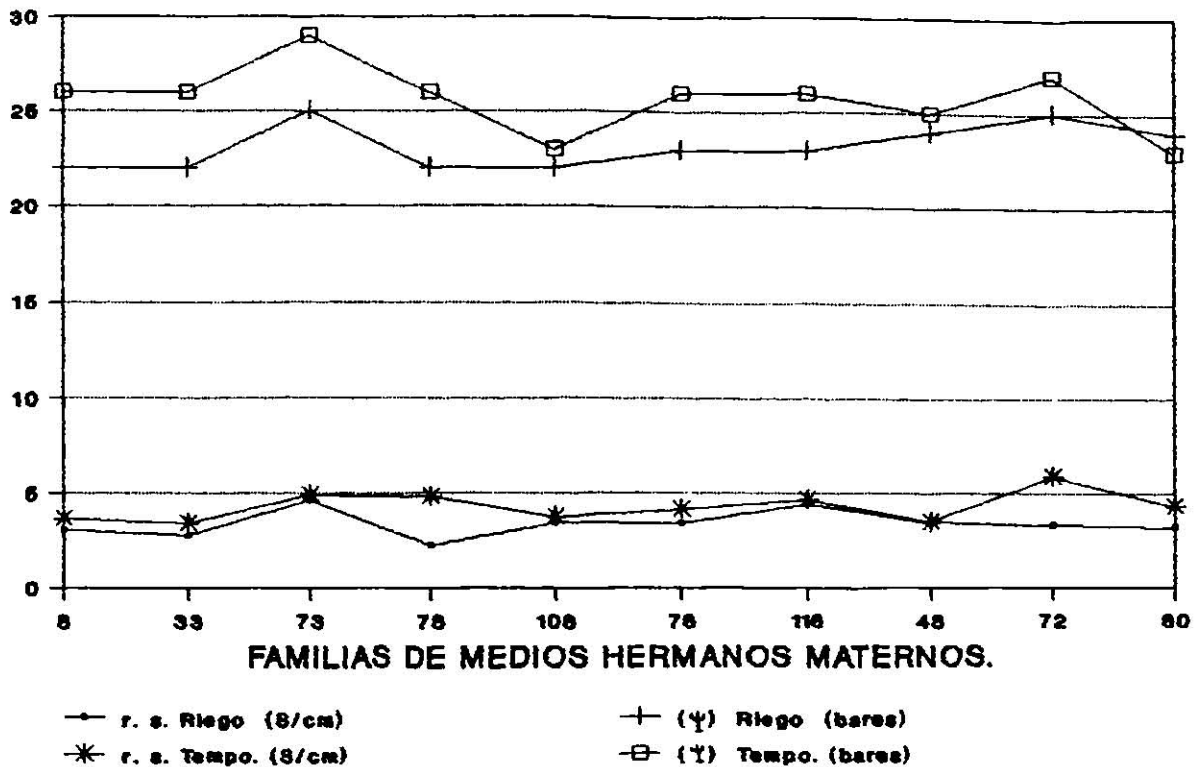


Figura 7. Resistencia estomatal y potencial hidrico promedio de 10 familias de medios hermanos maternos generadas de la poblacion de sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) NLP2 en la etapa de Madurez fisiologica bajo condiciones de riego y temporal. Marin, N. L. Primavera, 1991.

En el ambiente de temporal los valores promedio de resistencia estomatal presentaron un rango de 3.40 a 5.90 S/cm, la familia 72 presentó el valor más alto seguida por el genotipo 73 con una resistencia de 4.93 S/cm., siendo la familia 33 la que correspondió el menor valor, superada por el genotipo 48 con una resistencia de 3.50 S/cm. y esta a su vez por la familia 8 con un valor de 3.60 S/cm.

La variabilidad que se presentó entre los genotipos evaluados en las dos condiciones de humedad del suelo en que se manejó el experimento para los caracteres de potencial hídrico y resistencia estomatal en la etapa de madurez fisiológica fue similar a la que se presentó durante la etapa de floración.

En la Figura 7 aparecen los valores de humedad relativa (H. R.) y temperatura al momento de realizar las mediciones de los dos caracteres antes mencionados en la etapa de madurez fisiológica.

4.8 Bioensayo in - vitro.

Se logró la formación de "callos" en las "raicillas" de las plantulas de las 20 familias consideradas a los 7 días de germinadas aproximadamente. Sin embargo se presentó un alto índice de contaminación principalmente por hongos de campo del genero (Aspergillus s.p.).

Lo anterior probablemente se debió a la alta incidencia de este patógeno durante la etapa de formación de las familias de medios hermanos maternos en la población de sorgo

(Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2. (Verano, 1990).

No obstante lo anterior se logró estandarizar la técnica de inducción de callos a partir de raicillas de plantulas de sorgo. Por lo tanto esta técnica puede ser utilizada para trabajos posteriores.

V. CONCLUSIONES.

Conforme al objetivo e hipótesis planteada así como a los resultados obtenidos en el estudio, se puede concluir lo siguiente:

- 1.- La población NLP2 posee variabilidad genética para todos los caracteres en estudio a excepción de las variables días a diferenciación floral, días a floración en ambas condiciones de humedad del suelo y longitud de panoja en temporal.
- 2.- Existen diferencias genéticas entre familias en su comportamiento tanto en condiciones de riego como de temporal.
- 3.- Existió una amplia variabilidad entre los genotipos considerados para los caracteres potencial hídrico y resistencia estomatal en las diferentes etapas fenológicas en que fueron estimados para las dos condiciones de humedad del suelo en que se manejó el experimento.

VI. SUMMARY

This study was conducted on the population of sorghum (Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2. It has genes of male sterility ms3; and were derivated 120 families of half sibs in the summer of 1990. These were evaluated in spring of 1991 using a complete random blocks design under irrigation and drought conditions at Marin, N. L. México.

Genetic parameters like heretability, genetic variance and response to selection familys were estimated.

The results showed a relation between genetic and phenotypic variance and the response to selection.

The harvest index and percent of water in the plant had a little genetic variance therefore, heretability and selection response was low too.

The leaf area under irrigation and drought conditions, showed the highest genetic variance and response to selection too.

The families considered to estimate stomatal resistance and hidric potential, showed a high variability in both conditions.

A technic to induce callus formation from plantlets roots was developed with 20 families and can be used in a selection to drought resistance in vitro seheme.

VII. RECOMENDACIONES.

- 1.- Se recomienda realizar una evaluación de variabilidad genética en la población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2 bajo condiciones in-vitro, utilizando un cultivo de células.

VIII. BIBLIOGRAFIA.

- Allard, R. W. 1967. Principios de la mejora genética de las plantas. Ediciones Omega S.A. Barcelona. 498p.
- Atkins, R. E. 1981. Description of random - mating population IAP3BR(M)C3. Sorghum News Letter. 24 : 27 - 28.
- Barry, R. G., y R. J. Chorley. 1972. Atmósfera, tiempo y clima. Editorial Omega. Barcelona. 395 p.
- Beadle, C. L., K.R. Stevenson, H. H. Neumann, G. W. Thurtell and K. H. King. 1973. Diffusive resistance, transpiration and photosynthesis in single leaves of corn and sorghum in relation to leaf water potential. Can. J. Plant Science. 53 : 537-544.
- Begg, J. E., and N. C. Turner. 1976. Crop water deficits Adv. Agronomy. 28 : 161 - 217.
- Betancourt, A. y P. Jassa. 1983. Proceedings of the plant breeding methods and approaches in sorghum work shop for Latin América. INTSORMIL - INIA. ICRISAT. México.
- Bhola , Nath. 1982. Population breeding techniques in sorghum. ICRISAT. India. 421 p.
- Bidwell, R. G. S. 1983. Fisiología vegetal. Editorial A. G. T., S.A. México, D.F. 784 p.
- Black, C. A. 1975. Relaciones suelo - planta. Editorial Hemisferio Sur. Argentina. pp. 75 - 94
- Blum, A. 1976. Genotypic response in sorghum to drought stress. II. Leaf tissue water relations. Crop Science 14 (5) : 691-692
- Borikar, S. T., A. R. Singh, J. L. Katkad and S. B. Choulwas. 1984. Genetic variability for see vigor in sorghum. Sorghum News Letter. 27 : 27-28
- Brady, R. A. 1974. Relation of sorghum leaf water potential to soil water potential. Agronomy Journal. 66 : 795 - 798
- Braskaran, S. and R. H. Smith. 1989. Polyethylene glycol content of osmotically stressed callus cultures. J. Plant Physiol. 135: 646 - 652
- Brings, F. N. and P. F. Knowles. 1976. Introduction to plant breeding. Reinkold publishing. U.S.A.

427 p.

- Clark, R. N. and E. A. Hiler. 1973. Plant measurements as indicators of crop water deficit. *Crop Science* 13: 466 - 469
- Del Campo, V. S., J. D. G. Molina y A. G. Martínez. 1983. Parámetros genéticos en tres grupos de poblaciones de maíz del norte en el centro de México. Memoria del VIII congreso nacional de fitogenética. Uruapan, Michoacán, México. pp. 66 - 81
- Falconer, D. S. 1984. Introducción a la genética cuantitativa. C.E.C.S.A. México.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen, para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 152 p.
- Gardner, P. F., P. R. Brent and M. L. Roger. 1985. Physiology of crop plants. Iowa State University. U.S.A.
- González M., M. A. 1988. Selección familiar de autohermanos en la población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) US/RC1 bajo condiciones de temporal en Marín N. L. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. 72 p.
- Hsiao, T. C. 1973. Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 24: 519 - 570
- , E. Ferreres, E. Acevedo and D. W. Henderson. 1976. Water stress and dynamics of growth and yield of crop plants. In: *Water and plant life. Problems and Modern Approaches (Ecological Studies vol. 19)* O. L. Lange, L. Kappen and E. D. Schulze (eds) Springer - verlag, Berlin. pp: 281-303
- ICRISAT. 1983. International Crops Research Institute for the Semiarid Tropics, Annual Report. Patancheru P. O., Andhra Pradesh, India. pp. 1 - 12
- Inuyama, S. 1978. Varietal differences in leaf water potential, leaf diffusive resistance and grain yield of grain sorghum affected by drought stress. *Japan. J. Crop. Sci.* 47 (2) :255 - 261
- Jones, M. B. 1988. El microclima de las plantas. In: J. Coombs, D. O. Hall, S. P. Long y J. M. D. Scurlock (eds). *Técnicas en fotosíntesis y bio-productividad*. Traductor A. Marino A. Colegio

Postgraduados. Chapingo, México. pp. 22 - 23

- Kanemasu, E. T. and C. B. Tanner. 1969. Stomatal diffusion resistance of snap beans. I. Influence of leaf water potential. *Plant Physiology*. 44:1547 - 1552
- Kramer, P. J. 1963. Water stress and plant growth. *Agronomy Journal*. 55 : 31 - 35
- Kramer, P. J. 1971. Transpiration and the water economy of plants. In: Stewart, F. *Plant Physiology*. New York, Academic Press, 2 v. pp. 7 - 20
- . 1974. Relaciones hídricas de suelos y plantas; una síntesis moderna. Editorial EDUTEX S. A. México. 538 p.
- . 1983. Water relations of plants. Academic Press. New York. 449 p.
- Kukadia, M. V., K. B. Desai, M. S. Desai, R. H. Patel and K. R. V. Raja. 1983. Estimates of heritability and other related genetic parameters in sorghum. *Sorghum News Letter*. 26 : 31 p.
- Kumar, S. and D. L. Singhania. 1984. Genetic advances and heritability estimates for grain yield and its components. *Sorghum News Letter*. 27 : 15 p.
- Larqué-Saavedra, A. y L. C. Trejo. 1990. El agua en las plantas; manual de prácticas de fisiología vegetal. Editorial Trillas. México. pp. 40 - 44
- Manjarrez, P. S. 1986. Respuesta de dos sorgos tolerantes al frío a deficiencias hídricas en diferentes etapas fenológicas. Tesis de Maestría en Ciencias Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 73 p.
- Martínez M., J., M. Martínez y L. Romero H. 1983. Notas sobre poblaciones recombinantes de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench). Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín N. L. México.
- Ortiz, V. B. 1977. Edafología. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 291 p.
- Ostle, B. 1974. Estadística aplicada. Editorial Limusa. México. 629 p.
- Palanisamy, S. and A. Subramanian. 1984. Genetic analysis of harvest index in sorghum. *Sorghum News*

Letter. 27 : 39 p.

- Panchal, H. G., K. B. Desai and S. B. Tikka. 1979. Estimation of heritability through parent-offspring regression analysis in sorghum. *Sorghum News Letter*. 22 : 16 - 17
- Patel, R. H., K. B. Desai, M. V. Kukadi and N. M. Desai. 1980. Components of variability in sorghum. *Sorghum News Letter*. 23: 19 - 20
- Pedroza F., J. A. 1989. Resistencia ontogenica y filogenética a sequía en dos cultivares de frijol (Phaseolus vulgaris L.) Tesis de Maestría en Ciencias Montecillo, México. 155 p.
- Poehlman, J. M. 1965. Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial LIMUSA. México, D.F. pp. 85 - 86
- Poul, C. P. 1990. Agronomía del sorgo. Editorial CENTA. El Salvador. C. A.
- Reyes, P. C. 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada. AGT Editor, S.A. México, D. F.
- Rocha A., J. L. 1987. Crecimiento y desarrollo de dos variedades de maíz (Zea mays L.) sometidas a sequía en diferentes etapas fenológicas. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 147 p.
- Romero H., L. 1977. Selección entre y dentro de 47 familias F2 derivadas de híbridos comerciales de sorgo (Sorghum vulgare Pers.). Tesis de Licenciatura Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L. México. 97 p.
- Romero H., L. 1981. El índice de cosecha como criterio de selección para rendimiento en dos poblaciones de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) bajo tres métodos de selección familiar. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Romero H., L. 1990. Curso de Genética Cuantitativa. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N.L. México. 90 p.
- Ross, W. M. and C. O. Gardner. 1983. Making and maintaining random - mating population. Proceedings of the plant breeding methods and approaches in sorghum workshop for Latin America. INTSORMIL-INIA-ICRISAT. México.
- Sánchez, D. M., M. Morey y G. Bernidez. 1969. Reacciones

fisiológicas de las hojas al aire mediante el uso de porómetros. *Análisis de Edafología y Agrobiología*. 28 : 747 - 754

- Slatyer, R. O. 1967. *Plant-water relationships*. Academic press. London. 366 p.
- Smith, R.H., S. Braskaran and F. R. Miller. 1988. Screening for drought tolerance in sorghum using cell culture. Department of soils and crop sciences. Texas A & M University. College Station.
- Sprague, G. F. 1967. *Plant breeding*. Edited by Kenneth J. Frey. U.S.A. pp. : 315 - 346
- Stansfield, W. D. 1969. *Genética, teoría y problemas*. Mcgraw-hill inc. U.S.A. 298 p.
- Teare, I. D. and E. T. Kanemasu. 1972. Stomatal diffusion resistance and water potential of soybean on sorghum leaves. *New Phytol.* 71 : 805 - 810.
- Turner, N. C. 1981. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant and soil.* 58 : 339 - 366
- Valdés, L. C. G. S. 1990. *Curso de Mejoramiento genético de plantas*. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L. México. 140 p.
- Verma, P. S., R. P. Dhaka and H. N. Singh. 1988. Genetic variability and correlation studies in sugarcane. *Indian Journal. Genetics.* 48 (2) : 213 - 217
- Vogel, K. P., H. F. Mayland, P. E. Reece and J. F. Lamb. 1989. Genetic variability for mineral element concentration of crested wheatgrass forage. *Crop science.* 29 (5) : 1146 - 1150
- Webster, O. J. and R. L. Voight. 1980. Description of sorghum population ATP4R, resistant to Yuma root rot. *Sorghum News Letter.* 23 : 36 - 37
- Winter, E. J. 1977. *El agua, el suelo y la planta*. Editorial Diana. México, D. F. 222 p.
- Wooding, R. G. 1967. *Los suelos su origen, constitución y clasificación, introducción a la edafología*. Editorial Omega. España, Barcelona. 515 p.
- Worthen, E. L., S. R. Aldrich y J. L. De La Loma. 1959. *Suelos agrícolas su conservación y fertilización*. México, D.F. 416 p.

IX. APENDICE.

CUADRO 1 A. Análisis de varianza de once características en 120 familias de medios hermanos maternos derivadas de la población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2. Marín N. L. Primavera, 1991.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	F. T.
RIEGO.					
DDF.					
Repetición	2	1732.37	866.18	31.87	0.00 * *
Familias	119	2479.00	20.83	0.76	0.94 N.S.
Error	238	6466.87	27.17		
Total	359	10678.25			
C. V.	9.40				
TEMPORAL.					
DDF					
Repetición	2	133.87	66.93	0.405	0.60 N.S.
Familias	119	18825.37	158.19	0.957	0.67 N.S.
Error	238	39327.87	165.24		
Total	359	58287.12			
C. V.	22.79				
RIEGO.					
DF.					
Repetición	2	2244.25	1122.12	17.39	0.00 * *
Familias	119	6695.00	56.26	0.87	0.79 N.S.
Error	238	15353.25	64.50		
Total	359	24292.50			
C. V.	9.35				
TEMPORAL.					
DF.					
Repetición	2	922.50	461.25	1.15	0.31 N.S.
Familias	119	48594.25	391.54	0.98	0.55 N.S.
Error	238	94829.75	398.44		
Total	359				
C. V.					
RIEGO.					
DMF.					
Repetición	2	247.50	123.75	1.07	0.32 N.S.
Familias	119	24765.50	208.11	0.63	0.53 N.S.
Error	238	46207.50	194.14		
Total	359	71220.50			
C. V.	12.62				

Cuadro 1 A. Continuación.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	F. T.
TEMPORAL					
DMF.					
Repetición	2	113.00	56.50	1.08	0.28 N.S.
Familias	119	3232.50	27.16	2.26	0.10 * *
Error	238	5933.50	24.93		
Total	359	9279.00			
C. V.	4.47				
RIEGO.					
ALT.					
Repetición	2	9859.50	4929.75	11.33	0.00 * *
Familias	119	54408.75	457.21	1.05	0.36 N.S.
Error	238	103492.50	434.84		
Total	359	167760.75			
C. V.	21.87				
TEMPORAL.					
ALT.					
Repetición	2	8790.37	4395.18	15.86	0.00 * *
Familias	119	37240.25	312.94	1.12	0.21 N.S.
Error	238	65935.12	277.03		
Total	359	111965.75			
C. V.	26.43				
RIEGO.					
LOPA.					
Repetición	2	440.14	220.07	11.53	0.00 * *
Familias	119	3281.59	27.57	1.44	0.00 * *
Error	238	4541.13	19.08		
Total	359	8262.86			
C. V.	25.89				
TEMPORAL.					
LOPA.					
Repetición	2	190.73	95.36	3.97	0.02 * *
Familias	119	2448.08	20.57	0.85	0.82 N.S.
Error	238	5716.62	24.01		
Total	359	8355.45			
C. V.	40.04				

Cuadro 1 A. Continuación.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	F. T.
RIEGO.					
AF.					
Repetición	2	23800.00	11900.00	1.22	0.29 N.S.
Familias	119	22723856.00	190956.76	19.73	0.00 * *
Error	238	2302728.00	9675.32		
Total	359	25050384.00			
C. V.	17.70				
TEMPORAL.					
AF.					
Repetición	2	31376.00	15688.00	0.79	0.54 N.S.
Familias	119	10359456.00	87054.25	4.40	0.00 * *
Error	238	4701752.00	19755.25		
Total	359	15092584.00			
C. V.	29.35				
RIEGO.					
PF.					
Repetición	2	106064.00	53032.00	1.49	0.22 N.S.
Familias	119	5474816.00	46006.85	1.29	0.04 *
Error	238	8435984.00	35445.31		
Total	359	14016864.00			
C. V.	27.44				
TEMPORAL.					
PF.					
Repetición	2	986560.00	493280.00	19.51	0.00 * *
Familias	119	4237480.00	35609.07	1.40	0.01 *
Error	238	6016464.00	25279.25		
Total	359	11240504.00			
C. V.	30.37				
RIEGO.					
PS.					
Repetición	2	46921.50	23460.75	13.96	0.00 * *
Familias	119	327027.00	2748.12	1.83	0.00 * *
Error	238	399941.00	1680.42		
Total	359	773889.50			
C. V.	33.38				

Cuadro 1 A. Continuación.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	F. T.
TEMPORAL.					
PS.					
Repetición	2	12953.37	6476.68	9.02	0.00 * *
Familias	119	215853.50	1813.89	2.52	0.00 * *
Error	238	170754.12	717.45		
Total	359	399561.00			
C. V.	35.71				
RIEGO					
PG.					
Repetición	2	9703.62	4851.81	3.82	0.02 *
Familias	119	183338.75	1540.66	1.21	0.10 N.S.
Error	238	301652.75	1267.44		
Total	359	494695.12			
C. V.	53.36				
TEMPORAL					
PG.					
Repetición	2	1381.62	690.81	1.08	0.54 N.S.
Familias	119	83373.56	700.61	1.09	0.27 N.S.
Error	238	151924.68	638.33		
Total	359				
C. V.	75.71				
RIEGO.					
IC.					
Repetición	2	0.003368	0.001684	0.17	0.83 N.S.
Familias	119	1.728767	0.014527	1.52	0.00 * *
Error	238	2.261906	0.009504		
Total	359	3.994041			
C. V.	26.75				
TEMPORAL.					
IC.					
Repetición	2	0.008324	0.004162	0.43	0.65 N.S.
Familias	119	2.550079	0.021429	2.22	0.00 * *
Error	238	2.292965	0.009634		
Total	359	4.851300			
C. V.	32.64				

Cuadro 1 A. Continuación.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	F. T.
RIEGO.					
% AG.					
Repetición	2	171.00	85.50	3.36	0.03 *
Familias	119	4729.37	39.74	1.56	0.00 * *
Error	238	6040.25	25.37		
Total	359	10940.62			
C. V.	6.71				
TEMPORAL.					
% AG.					
Repetición	2	113.37	56.68	1.08	0.34 N.S.
Familias	119	10409.75	87.47	1.66	0.00 * *
Error	238	12472.50	52.40		
Total	359	22995.62			
C. V.	9.58				

Cuadro 2 A. Valores promedio del % de humedad del suelo para los diferentes estratos y fechas de medición en las dos condiciones de humedad del suelo en que se manejó el lote de evaluación de 120 familias de medios hermanos maternos derivadas de la población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2. Marín N. L. Primavera, 1991.

Muestreo	Fecha	Estrato (cm)	Riego	Temporal
			Humedad Promedio (%)	Humedad Promedio (%)
1	10-IV-91	0 - 30	19.45	18.80
		30 - 60	18.25	17.50
2	30-IV-91	0 - 30	14.50	14.00
		30 - 60	15.80	16.50
3	20-V-91	0 - 30	18.50	9.00
		30 - 60	18.00	12.50

Cuadro 3 A. Precipitación pluvial (mm) durante el período de evaluación de 120 familias de medios hermanos maternos derivadas de la población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2. Marín, N. L. Primavera, 1991.

Marzo		Abril		Mayo		Junio		Total del ciclo (mm)
Día	pp. (mm)	Día	pp. (mm)	Día	pp. (mm)	Día	pp. (mm)	
14	3.3	5	3.0	15	21.0	6	1.2	
				16	5.0	7	11.2	
						10	23.1	
						29	35.0	
						30	27.0	
Total Mensual	3.3	3.0		26.0		97.5		129.8

Cuadro 4 A. Valores promedio de resistencia estomatal en tres etapas fenológicas de 20 familias de medios hermanos maternos generadas de la población de sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) NLP2 bajo dos condiciones de humedad del suelo.

Diferenciación Floral.

	Familia	r. s. (S. cm)	Familia	r. s. (S. cm)
Riego	8	3.80	90	3.46
Temporal	8	6.10	90	4.93
Riego	33	3.61	106	4.76
Temporal	33	5.15	106	4.53
Riego	73	4.55	61	3.86
Temporal	73	3.33	61	4.73
Riego	78	3.66	86	5.90
Temporal	78	4.58	86	5.70
Riego	108	3.88	96	4.15
Temporal	108	4.00	96	4.43
Riego	76	4.15	32	3.80
Temporal	76	4.21	32	4.96
Riego	116	3.95	23	4.40
Temporal	116	5.30	23	4.43
Riego	48	5.13	34	5.95
Temporal	48	3.93	34	6.26
Riego	72	3.60	105	5.15
Temporal	72	4.86	105	5.20
Riego	60	5.28	119	5.40
Temporal	60	5.56	119	5.42

Cuadro 4 A. Continuación.

Floración.				
	Familia	r. s. (S. cm)	Familia	r. s. (S. cm)
Riego	8	1.90	90	2.26
Temporal	8	5.06	90	3.33
Riego	33	2.13	106	2.33
Temporal	33	4.20	106	3.60
Riego	73	2.33	61	2.60
Temporal	73	3.06	61	4.20
Riego	78	2.20	86	1.66
Temporal	78	3.26	86	3.46
Riego	108	4.60	96	2.20
Temporal	108	5.06	96	4.00
Riego	76	2.36	32	1.93
Temporal	76	4.13	32	4.06
Riego	116	2.86	23	1.93
Temporal	116	4.40	23	3.80
Riego	48	3.53	34	2.20
Temporal	48	2.86	34	3.93
Riego	72	2.13	105	1.86
Temporal	72	3.53	105	2.53
Riego	60	2.80	119	2.03
Temporal	60	3.40	119	2.46

Cuadro 4 A. Continuación.

 Madurez Fisiológica.

	Familia	r. s. (S. cm)	Familia	r. s. (S. cm)
Riego	8	3.06	90	3.86
Temporal	8	3.60	90	5.00
Riego	33	2.80	106	3.80
Temporal	33	3.40	106	4.46
Riego	73	4.60	61	3.13
Temporal	73	4.93	61	4.33
Riego	78	2.26	86	3.40
Temporal	78	4.80	86	5.00
Riego	108	3.46	96	4.33
Temporal	108	3.73	96	4.53
Riego	76	3.40	32	3.13
Temporal	76	4.13	32	4.73
Riego	116	4.43	23	4.86
Temporal	116	4.66	23	4.40
Riego	48	3.46	34	4.00
Temporal	48	3.50	34	4.20
Riego	72	3.30	105	4.53
Temporal	72	5.90	105	4.60
Riego	60	3.20	119	3.40
Temporal	60	4.33	119	6.20

Cuadro 5 A. Valores promedio de los potenciales hídrico y resistencia estomatal en dos etapas fenológicas bajo dos condiciones de humedad del suelo de diez familias de medios hermanos maternos generadas de la población de sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) NLP2. Marín, N. L. Primavera, 1991.

Floración.			
	Familia	Pot. Hid. (bares)	r. s. (S. cm)
Riego	8	-18	1.90
Temporal	8	-21	5.06
Riego	33	-16	2.13
Temporal	33	-27	4.20
Riego	73	-22	2.33
Temporal	73	-25	3.06
Riego	78	-15	2.20
Temporal	78	-23	3.26
Riego	108	-19	4.60
Temporal	108	-22	5.06
Riego	76	-17	2.36
Temporal	76	-24	4.13
Riego	116	-19	2.86
Temporal	116	-21	4.40
Riego	48	-20	3.53
Temporal	48	-25	2.86
Riego	72	-19	2.13
Temporal	72	-22	3.53
Riego	60	-20	2.80
Temporal	60	-21	3.40

Cuadro 5 A. Continuación.

Madurez Fisiológica.			
	Familia	Pot. Hid. (bares)	r. s. (S. cm)
Riego	8	-22	3.06
Temporal	8	-26	3.60
Riego	33	-22	2.80
Temporal	33	-26	3.40
Riego	73	-25	4.60
Temporal	73	-29	4.93
Riego	78	-22	2.26
Temporal	78	-26	4.80
Riego	108	-22	3.46
Temporal	108	-23	3.73
Riego	76	-22	3.10
Temporal	76	-26	4.13
Riego	116	-23	4.43
Temporal	116	-26	4.66
Riego	48	-24	3.46
Temporal	48	-25	3.50
Riego	72	-25	3.30
Temporal	72	-27	5.90
Riego	60	-24	3.20
Temporal	60	-23	4.33

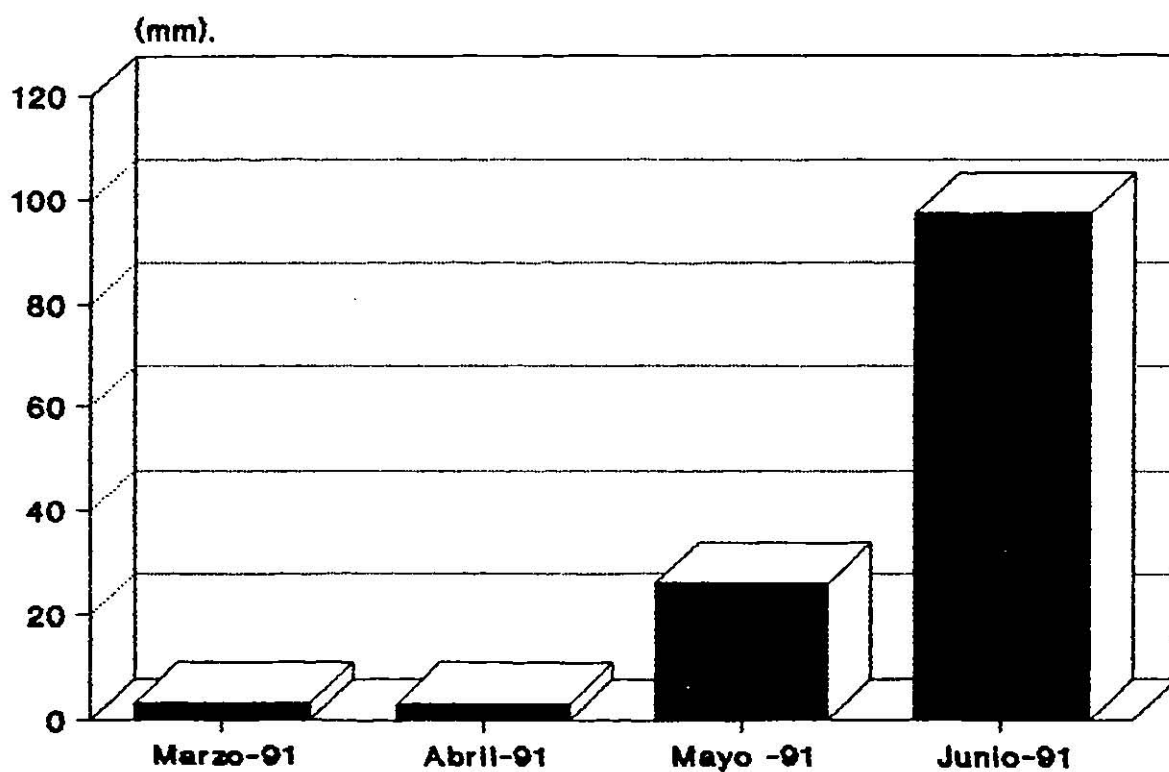


Figura 1 A. Precipitaciones ocurridas durante la etapa de evaluación de 120 familias de medios hermanos maternos generadas de la población de sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) NLP2. Marín, N. L. Primavera, 1991.

