

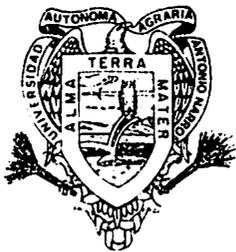
Aptitud Combinatoria General y Específica en Líneas de Sorgo
para Grano (Sorghum bicolor (L.) Moench)

Manuel Alberto Gomar Morán

T e s i s

Presentada como Requisito Parcial
para Obtener el Grado de:

Maestro en Ciencias
Especialidad de Fitomejoramiento



Universidad Autónoma Agraria

“Antonio Narro”

Programa de Graduados

Buenavista, Saltillo, Coahuila

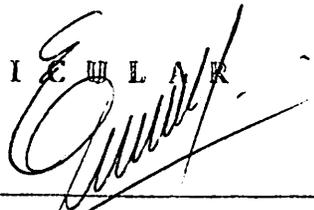
Septiembre de 1985

Tesis elaborada bajo la supervisión del
comité particular de asesoría y aproba-
da como requisito parcial, para optar -
al grado de

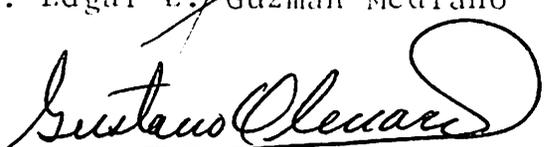
MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD
DE FITOMEJORAMIENTO

COMITE PARTICULAR

Asesor principal:

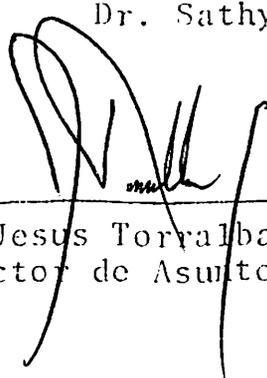

M.C. Edgar E. Guzmán Medrano

Asesor:


M.C. Gustavo Olivares Salazar

Asesor:


Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi


Dr. Jesus Torralba Elguezabal
Subdirector de Asuntos de Postgrado



Buenvista, Saltillo Coah., Septiembre 1985

AGRADECIMIENTO

A la UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, por ofrecerme la oportunidad de superación.

Al M.C. EDGAR E. GUZMAN MEDRANO, por sus enseñanzas, asesoría y disponibilidad brindada en la realización de la presente investigación.

Al DR. HANS RAJ CHAUDHARY, por las sugerencias de este trabajo así como la proporción del material genético.

Al DR. SATHYANARAYANATHAN KURUVADI por su contribución en el desarrollo de este trabajo.

A. M.C. GUSTAVO OLIVARES SALAZAR, por su colaboración en esta tesis, como por las facilidades brindadas durante mis estudios.

Al M.C. REGINALDO DE LUNA VILLARREAL, como a los DRES. GELACIO PEREZ UGALDE y ELEUTERIO LOPEZ PEREZ por su cooperación en la realización de mis estudios.

Al Actuario HECTOR T. GUTIERREZ LOPEZ, al igual que al M.C. JOSE DE JESUS ZANCHEZ GONZALEZ y al M.C. REGINO MORONES REZA por su ayuda en el proceso del análisis estadístico.

A la Sra. SILVIA PEREZ DE MARTINEZ, por su colaboración en la elaboración mecanográfica de esta tesis.

DEDICATORIA

A mis padres:

CARMEN MORAN VDA. DE GOMAR
MANUEL GOMAR CACERES (+)

A mi esposa:

TELMA

A mis abuelas:

CORINA y ADRIANA (+)

A mis tíos:

ESTELA,
ELIZABETH,
ARTURO,
SALVADOR y
MIGUEL

A mis hermanos:

EDUARDO y
CARLOS

A toda mi familia y amigos con mucha estimación

COMPENDIO

Aptitud Combinatoria General y Específica en líneas de Sorgo para Grano (*Sorghum bicolor* (L.) Moench).

POR

MANUEL ALBERTO GOMAR MORAN

MAESTRIA

FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. SEPTIEMBRE 1985

M.C. Edgar E. Guzmán Medrano - Asesor -

Palabras clave: Sorgo, Acción Génica

Los objetivos de la presente investigación fueron:

i) Analizar algunas líneas de sorgo (Androestériles y restauradoras) con respecto a su aptitud combinatoria, ii) Obtener información sobre la magnitud y naturaleza de la acción genética para ciertas características agronómicas y iii) Seleccionar los mejores progenitores en base a la información antes mencionada para la producción de híbridos y variedades.

Para llevar a cabo los objetivos, se establecieron dos experimentos en dos localidades, Los Cerritos, Coahuila (Localidad uno) y Río Bravo, Tamaulipas (Localidad dos), éstos consistieron de cinco progenitores femeninos, ocho progenitores masculinos y 40 híbridos resultantes de todos los cruzamientos posibles entre los progenitores; tanto en los progenitores macho como en los híbridos se analizaron siete características agronómicas: Días a floración, días a madurez, altura de planta, número de hojas, excursión, rendimiento y peso de 1000 semillas.

El modelo estadístico empleado fue el de bloques al azar con tres repeticiones y se utilizó el diseño genético estadístico de Comstock y Robinson (Diseño dos de Carolina del Norte). Se estimaron correlaciones entre todos los caracteres y con las medias de los híbridos, se hicieron las estimaciones de los efectos de las varianzas de aptitud combinatoria general y específica.

Los resultados más importantes fueron:

De acuerdo a los valores de Diferencia Mínima Significativa (DMS) puede hacerse selección de genotipos para rendimiento, altura de planta y número de hojas en la localidad dos.

Conforme al análisis de varianza combinado es factible la selección entre genotipos y entre ambientes en ambas localidades.

Los valores de heredabilidad (h^2) para rendimiento fueron superiores en la localidad dos como resultado de menor influencia ambiental.

Se observaron efectos de sobredominancia para días a floración y excursión en ambas localidades; y para rendimiento, altura de planta y número de hojas en la localidad uno; y solamente para el peso de 1000 semillas en la localidad dos.

Con respecto a la acción génica, los genotipos con mejor ACG en la localidad uno fueron las hembras dos y cuatro y los machos uno y ocho; en la localidad dos, la hembra tres y los machos siete y ocho.

En lo que se refiere a la ACE para rendimiento y peso de 1000 semillas, las mejores combinaciones en la localidad uno fueron $h_2 \times m_8$ y $h_5 \times m_8$ y en la localidad dos $h_2 \times m_4$ y $h_3 \times m_1$.

Se encontraron correlaciones positivas y altamente significativas entre rendimientos y altura de planta ($r=.713$), número de hojas ($r=.639$) y con peso de 1000 semillas ($r=.743$).

ABSTRACT

General and Specific Combining Abilities in
Lines of Grain Sorghum (Sorghum bicolor (L)
Moench).

BY

MANUEL ALBERTO GOMAR MORAN

MASTER OF SCIENCE

MAJOR SUBJECT: PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. SEPTEMBER 1985

M.C. Edgar E. Guzmán M. - Advisor -

Key words: Sorghum, gene action.

The objectives of the following investigation were:

i) To analyse some lines of grain sorghum (male sterile and restorer lines) respecting their combining ability, ii) To obtain information about their magnitude and their nature of their gene action for certain agricultural characteristics and iii) To select the best parents based on the above mentioned information in the production of hybrids and varie -

ties.

To carry out the objectives two experiments were established in two localities, Los Cerritos Coahuila (first locality) and Río Bravo Tamaulipas (second locality) these experiments consisted of five female parents, eight male parents and 40 hybrids resulting from all of the possible crossbreedings between the parents; In both the male parents and the hybrids seven agricultural characteristics were analyzed: - Time taken to bloom, time taken to mature, height of plant - number of leaves, exertion, yield and weight of 1000 seeds.

The statistic model used was the randomized complete block design with three repetitions and statistic genetic design of Comstock and Robinson (the second design of North Carolina). Correlations between all the characteristics were calculated and with the average hybrids calculations were made regarding the effects of the variances of general and specific combining abilities.

The most important results were:

In accordance with the values of the least significant difference it was possible to select the genotypes for yield, height plant and the number of leaves in the second locality in accordance with the analysis of combining variance the selection between genotypes and environment in both localities was possible.

The heritability value (h^2) for the yield were higher in the second locality as a result of minor environmental influence.

The effects of superdominance on bloom and exertion

in both localities were observed and in the first locality effects of superdominance on yield, plant-height and the number of leaves and second locality only the effects on the weight of 1000 seeds.

With respect to the gene action, the genotypes with the best GCA in the first locality were the second and fourth females and the first and eighth males; and in the second locality the third female and the seventh and eighth male.

In so far as the SCA for yield and the weight of 1000 seeds, the best combinations in the first locality were $h_2 \times m_8$ and $h_5 \times m_8$, and in the second locality $h_2 \times m_4$ and $h_3 \times m_1$.

Positive and highly significant correlations were found between yield and plant-height ($r=.713$), number of leaves ($r=.639$) and weight of 1000 seeds ($r=.743$).

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
3.1	Material genético incluido en la presente investigación	22
3.2.	Forma del análisis de varianza dado a cada caracter con las esperanzas de cuadrados medios en un ambiente	26
3.3.	Forma del análisis de varianza combinado, dado para un caracter con las esperanzas de cuadrados medios	27
3.4.	Forma del análisis de varianza para el diseño dos de Comstock y Robinson, con las esperanzas de cuadrados medios.	29
3.5.	Forma del análisis de varianza combinado para el diseño dos de Comstock y Robinson, con las esperanzas de cuadrados medios	32
4.1.	Análisis individual de varianza para siete características agronómicas de los 48 tratamientos evaluados en dos localidades.	34
4.2.	Análisis de varianza combinado de los siete caracteres medidos de los 48 tratamientos	52
4.3.	Parámetros genéticos de las siete características de sorgo en las dos localidades	54
4.4.	Parámetros genéticos del análisis de varianza combinado para los siete caracteres estimados	57
4.5.	Análisis de varianza del diseño dos de Comstock y Robinson para siete características agronómicas en ambas localidades	59
4.6.	Análisis de varianza combinado del diseño dos de Comstock y Robinson para las siete variables.	62
4.7.	Componentes de varianza del diseño dos de Comstock y Robinson	66

Cuadro		Página
4.8.	Porcentajes de varianzas genéticas	68
4.9.	Porcentajes de heredabilidad en el sentido amplio (H^2) y en el sentido estrecho (h^2) y estimación del grado promedio de dominancia . .	69
4.10.	Efectos de aptitud combinatoria general y específica	73

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
INDICE DE CUADROS	xi
INTRODUCCION.	1
REVISION DE LITERATURA	3
MATERIALES Y METODOS.	21
RESULTADOS Y DISCUSION.	33
RESUMEN Y CONCLUSIONES	82
LITERATURA REVISADA	86
APENDICE.	89

CAPITULO 1

INTRODUCCION

En un programa de mejoramiento de cualquier cultivo las informaciones sobre aptitud combinatoria entre los genotipos y la naturaleza de la acción génica que los gobierna son indispensables, ya que con el conocimiento de tales parámetros genéticos, será más fácil diseñar una metodología de mejoramiento adecuada.

El cultivo del sorgo ha sido mejorado genéticamente mediante varias técnicas de mejoramiento; una de ellas con gran éxito fue la producción de híbridos. Actualmente, el descubrimiento de la androesterilidad y su uso subsecuente desde el año 1950, han revolucionado la producción del cultivo de sorgo para grano a nivel mundial.

Sin embargo, Harvey (1980), indicó la preocupación de parte de los mejoradores de sorgos híbridos, debido a la estrechez de las bases genéticas de la mayoría de los híbridos bajo cultivo. El programa de conversión iniciado en la década de los sesenta, ha ofrecido una oportunidad maravillosa en cuanto a la ampliación de la base genética en el cultivo del sorgo, en verdad cientos de líneas (androestériles, mantenedoras y restauradoras) han sido generadas hasta la fe

cha a través del programa de conversión y siendo manejado por mejoradores de sorgo a nivel global. Según algunos investigadores, algunas de estas líneas presentan gran potencialidad para ser usadas como progenitoras para la producción de híbridos; sin embargo, antes de ser utilizadas como progenitoras, es necesario tener información acerca de la arquitectura genética de estas líneas.

Basados en la hipótesis que existe expresión de heterosis y de heredabilidad para algunas características agronómicas importantes.

El presente estudio fue planteado con los siguientes objetivos:

1. Analizar algunas líneas de sorgo (androesté-
riles y restauradoras) con respecto a su aptitud
combinatoria.
2. Obtener información sobre la magnitud y la natu-
raleza de la acción génica, para ciertas carac-
terísticas agronómicas.
3. Seleccionar los mejores progenitores en base a
la información antes mencionada para la produc-
ción de híbridos y variedades.

CAPITULO 2

REVISION DE LITERATURA

El Vigor Híbrido y su Uso en el Cultivo del Sorgo

✓ Los estudios sobre heterosis se iniciaron organizada y completamente casi desde principios de este siglo, en ^{XX}maíz (East y Jones, 1919). Se puede decir en general que la heterosis puede manifestarse tanto en plantas alógamas como autógamas (Ashton, 1946).

✓ Flores (1982), menciona que heterosis en genotecnia es la manifestación de vigor de un híbrido en relación con el vigor o manifestación de los caracteres de sus progenitores, pudiendo ser éstos de cruzas entre líneas puras, cruzas intervarietales y cruzas interraciales o de cruzas interespecíficas.

Falconer (1980), señala que al cruzar líneas endogámicas la progenie muestra un incremento en los caracteres que previamente sufrieron reducción por la endogamia.

Davenport (1908), Bruce (1910) y Keeble y Pellew (1910); propusieron la hipótesis de la dominancia o de los genes ligados; que es la hipótesis genética más aceptada para explicar la depresión producida por la consanguinidad y

el fenómeno inverso del vigor híbrido; comienza con la suposición de que las especies algamas están compuestas por un gran número de individuos genéticamente diferentes, muchos de los cuales llevan genes recesivos perjudiciales ocultos en los heterocigotos, que al autofecundarse aumenta la homocigosis apareciendo varios tipos degenerados homocigotos recesivos.

Strickberger (1976), comenta que si fuera cierto la hipótesis; se podría esperar que finalmente resultaran lí - neas heteróticas puras que fuesen homocigóticas para los alelos dominantes de todos los loci, pero ésto no se ha conseguido todavía.

Shull y East (1908), proponen una explicación de la heterosis en términos de la superioridad de los genotipos heterocigóticos en relación con los genotipos homocigóticos; esta es la hipótesis de la Super Dominancia; el fallo en la consecución de líneas heteróticas puras reposa en la asociación entre heterosis y heterocigosis. Por ser la F1 heterocigótica al máximo, los posteriores cruzamientos consanguíneos dan lugar a cepas homocigóticas con eficiencia biológica y productividad inferiores.

En la actualidad, no se han presentado pruebas convincentes sobre cual de estos dos mecanismos es el responsable de la heterosis.

Hagberg (1953), mantiene la definición de heterosis dada por Shull, quien la define como la diferencia entre la F1 y el progenitor superior, y además, expresa que la dominancia y sobredominancia pueden contribuir simultáneamente

a la heterosis.

En cebada, Williams (1959), considera que para obtener heterosis en un carácter complejo, es necesario cruzar un progenitor superior para un carácter componente, con otro progenitor superior para otro carácter componente.

Según Pochlman (1979), en los híbridos de sorgo se ha observado un extremado vigor, con frecuencia se han visto plantas híbridas muy altas o de crecimiento muy vigoroso.

La expresión del vigor híbrido en sorgos puede acentuarse por el efecto de genes complementarios para altura y precocidad.

La superioridad de los híbridos sobre sus progenitores, en tamaño, amacollamiento y rendimiento en dichas cruces, parecería deberse a una manifestación normal de heterosis sin que existan efectos complementarios de los genes para altura y precocidad.

Aproximadamente desde 1925, la hibridación es el proceso principal para la obtención de nuevas variedades de sorgo. Se ha comprobado muchas veces que ciertas cruces entre variedades de sorgo producen híbridos sumamente vigorosos, las autofecundaciones para obtener líneas en sorgo, no causan una pérdida apreciable de tamaño y vigor, los híbridos entre líneas seleccionadas pueden rendir de 25-40 por ciento más que las variedades comerciales normales.

Whitehouse, et al. (1958) suponen de que no hay ningún sistema génico para rendimiento de grano en cebada, ya que este carácter es el producto final de una interacción multiplicativa entre los caracteres componentes del rendi -

miento. Ello indica que la heterosis para rendimiento se logra a través de la heterosis individual de sus componentes.

Grafius (1959), considera que la dominancia y epistasis son mecanismos capaces de producir heterosis al no ser mutuamente exclusivas, pero de las dos, la epistasis parece ser de mayor importancia en cebada, por lo tanto, concluye que el vigor de la F1 para rendimiento se debe a epistasis.

Stephens y Quinby (1952), encontraron que para la producción de híbridos de sorgo, los híbridos obtenidos no fueron ideales, pero se pueden aceptar como una combinación temprana, excediendo a los progenitores en amacollamiento y en porcentaje de trilla, pero fueron intermedios en peso, madurez, acame, color de la semilla, resistencia a plagas y enfermedades.

Quinby (1970), reporta que los híbridos de sorgo tuvieron más pequeña superficie de lámina de la hoja a la época de madurez, que los progenitores femeninos; pero no parece ser una diferencia importante entre progenitores e híbridos; las panojas de los híbridos fueron más pesadas y producidas en menor tiempo; la característica más importante fue la diferencia en tasa de crecimiento en favor de los híbridos.

Quinby (1963), demostró que los híbridos de sorgo durante el crecimiento, son 50 por ciento más altos que las variedades parentales en un menor período de tiempo; por es

ta razón, se asume que la proporción de división celular pueda ser superior en los híbridos.

Quinby y Karper (1946), manifestaron que la heterocigiosidad de un locus para madurez ocasiona mayor amacollamiento y produce una panoja de mayor tamaño.

Plantas de sorgo heterocigóticas en el primer locus florecieron dos días antes que las homocigóticas y produjeron un 60 por ciento más de rendimiento de grano. A mayor espaciamiento los heterocigotos producen mayor amacollamiento y por lo tanto mayor cantidad de semilla.

El amacollamiento y la proporción de división celular es influenciado por hormonas, llegándose a la conclusión de que las hormonas están involucradas en la heterosis y no necesariamente el número de genes. La heterosis en plantas no ha sido explicada satisfactoriamente en términos genéticos.

La precocidad se ha considerado una manifestación del vigor híbrido en muchas plantas, incluyendo el maíz (East y Jones, 1919) y en sorgo (Quinby, 1963).

Ambos progenitores de la semilla de sorgo híbrido son usualmente recesivos en el locus uno, no hay dominancia; la floración puede ocurrir en los híbridos en un lapso entre los dos progenitores. Los híbridos son generalmente más precoces en floración que cada progenitor. En ciertos genotipos, la interacción de un gen recesivo, con un gen dominante ocasiona precocidad en la floración de los híbridos. Muchos híbridos forrajeros son muy tardíos en floración por la acción de genes complementarios para madurez (Quinby (1967),

Ross y Kofoid (1978), reportan que se realizaron cruza tri - ples y simples para detectar posibles efectos epistáticos y otras características; los tres grupos de sorgo bajo estudio, difieren significativamente en lo que se refiere a floración, altura de planta, pero no en producción de grano. El experimento no indicó que la epistasis fue importante en las líneas probadas.

Las diferencias en rendimiento de los grupos de cru - zas, se atribuyen a las diferentes respuestas dentro de las poblaciones híbridas, a un grupo particular de condiciones am bientales. En el mismo experimento se detectaron evidencias no significativas de epistasis.

Poehlman (1979), señala que los incrementos favora - bles en el rendimiento de grano y forraje debido a la hetero - sis, indican que se pueden obtener aumentos considerables de rendimiento en los sorgos híbridos, y a la vez una altura y madurez para su recolección mecanizada.

El vigor híbrido, acompañado de aumento en altura o en duración del ciclo vegetativo, no sería útil para el agri - cultor que desea sorgos de tipo precoz y que se pueden reco - lectar en forma mecanizada.

✓ Jan-Orn (1976), en sorgo, reporta que la heterosis es también indicada para altura de planta y para número de semillas por planta, mencionando que la varianza genética total de familias S_1 excede a la de familia de hermanos completos y ésta a su vez excede a la varianza de familias de medios hermanos.

Aptitud Combinatoria

Sprague y Tatum (1942), dividieron la acción génica en lo que se refiere a la aptitud combinatoria en dos categorías: General y Específica.

La aptitud combinatoria general (ACG), se mide como si fuera debida fundamentalmente a la acción génica aditiva,

La aptitud combinatoria específica (ACE), incluye todos los efectos que no pueda involucrar el esquema aditivo. Estos pueden ser el resultado de la dominancia, epistasia, interacción genotipo-medio ambiente, etc. Definieron a la ACG, como la media de la actuación de las líneas en combinaciones híbridas y ACE como las desviaciones de ciertas cruza de lo esperado, sobre la base del promedio de las líneas progenitoras involucradas.

Para Gilbert (1958), una cruza dialéctica consiste en todas las cruza posibles entre un número de variedades; el efecto principal es la ACG o componente genética aditiva.

Ross, et al. (1979), colectaron datos de dos experimentos de sorgo forrajero en lo que se refiere a días a floración, altura de planta, producción de forraje, porcentaje de materia seca (DM), porcentaje de proteína y desaparición de materia seca in vitro (IVDM). Las proporciones genéticas indicaron que la ACG fue relativamente alta para días a floración, altura, D.M. y producción de forraje. La ACE fue más importante para porcentaje de proteína.

En sorgo, Kambal y Webster (1965), encontraron que para días a floración, la ACG fue más estable que la ACE a través de años, la varianza para ACG en hembras, fue mayor

que la de machos y éstas fueron bastante grandes en comparación con la varianza para ACE. También encontraron mayor importancia del efecto de ACG contra el de ACE, en este caso la menor varianza de hembras posiblemente se deba a que las hembras usadas tienen un origen semejante.

En sorgo, Beil y Atkins (1967), encontraron que los efectos de ACG son más importantes para el rendimiento que los de ACE, y este último efecto se hace más importante en líneas seleccionadas. Encontraron que la varianza de ACG fue mayor sobre la ACE, explicando que tal vez se deba a que la selección siempre se hace sobre la ACG; por otro lado la varianza de ACG de hembras fue superior en más de tres veces a la ACG de machos.

Kirby y Atkins (1968), no encontraron significancia para la varianza de ACG de machos, siendo significativa la ACG de hembras y la ACE; en sorgo.

Smith y Lambert (1968), consideran que el conocimiento de los sistemas genéticos que controlan a un carácter determinado es de considerable importancia, pues las predicciones en base al comportamiento de un carácter controlado por un sistema aditivo, se espera que sean más confiables que las predicciones de caracteres controlados por sistemas no aditivos. En general la información sobre los tipos de acción génica en cereales de granos pequeños, para rendimiento y componentes de rendimiento es muy limitada. Sin embargo, algunos investigadores reportan que las estimaciones de AC en cereales, están demostrando que una gran parte de la varianza genética total para rendimiento y otros

caracteres agronómicos está asociada a la ACG y es por lo tanto del tipo aditivo.

Sprague y Tatum (1942), obtuvieron estimaciones de la varianza para ACG (σ_G^2) y específica (σ_S^2) de una serie de ensayos de rendimiento y de cruzamientos simples.

En general, se encontró que con material previamente probado la σ^2 para ACE era un poco mayor, que la correspondiente a ACG. En los pocos experimentos disponibles esta situación fue inversa, cuando se usaron líneas relativamente sin probador; atribuyéndose esto a la selección para ACG que se practicó en pruebas previas.

Hull (1947), sugirió que las mejores líneas endocriadas de maíz en uso comercial no tienen ningún valor como probadores para ACG, porque tienden a obscurecer las diferencias entre las líneas bajo prueba.

El uso de mestizos para medir ACG fue sugerido por Davis (1927) y posteriormente Jenkins y Brunson (1932), presentaron un informe más extenso sobre el uso de mestizos.

Sprague (1939), encontró que 10 plantas son suficientes para representar la capacidad de un probador para medir eficientemente la ACG para rendimiento de líneas autofecundadas de maíz.

Herencia de Caracteres

Quinby y Karper (1945), reportaron que hay tres genes responsables en la madurez del milo, en un grupo de variedades de las especies de Sorghum vulgare Pers. Una ex -

plicación lógica de la naturaleza de la madurez genética en milo es que los genes responsables son inhibidores dominantes. El sorgo puede ser domesticado por la preservación en los trópicos de plantas con madurez tardía, que son portadoras de inhibidores que previenen la iniciación floral temprana.

Quinby y Karper (1954), encontraron que cuatro genes heredados independientemente y un complejo modificador influyen en la elongación de los entrenudos, que es un efecto de genes recesivos, no afectando la floración y el tamaño de la hoja.

Bajo condiciones de sequía, las plantas recesivas para los cuatro genes son aproximadamente de 40 cm de altura, desde el suelo hasta la última hoja; las que tienen tres genes recesivos son de 50 cm, las portadoras de dos genes recesivos son de 1 m; y las que poseen un gen recesivo tienen una altura entre 1.5 a 2.0 m. La altura es parcialmente dominante.

El gen mayor de los cuatro, es poco estable en el alargamiento y encogimiento para altura, siendo esto suficiente para perturbar a los productores de semilla pura.

Quinby (1966), menciona que se han reconocido cuatro locus para madurez en sorgo.

Miller et al. (1968), encontraron que las combinaciones de alelos dominantes y recesivos en los cuatro genes para madurez en Sorghum bicolor, durante días largos provo-

ca un rango de floración entre 40 y 100 días, pero en días cortos la duración de la floración es entre 42 y 64 días.

Los genotipos para días a madurez, estudiados indican que los sorgos florecen al mismo tiempo en días cortos, pero no en días largos; la floración en días largos se puede explicar en términos de pocos genes.

La respuesta a madurez en los trópicos es debida a días cortos y no a herencia cuantitativa.

Quinby (1972), menciona que los genes para madurez, controlan la fecha de iniciación floral y parece que tienen influencia sobre la tasa de crecimiento, como lo indican las medidas de tamaño de hoja y pesos de panoja.

Handley (1956), reporta que en un análisis estadístico para variación de altura en sorgo, con cruzas dobles enanas se estimó segregación mínima en cuatro genes independientes con efectos desiguales; hubo indicación de dominancia pero no fue completa.

Quinby (1974), identificó cuatro loci que controlan el tiempo de iniciación floral, el tiempo a la floración, el número de hojas, la tasa de crecimiento (las precoces presentan la más baja área foliar en cada hoja).

Supone que los genes de maduración actúan hasta la diferenciación, desde donde se inicia la influencia de los genes de altura, a través del control de la síntesis de auxinas para los loci uno y dos y de las giberelinas para los loci tres y cuatro, dando mayor producción hormonal los alelos recesivos y viceversa.

Voigt, et al. (1966), encontraron que el tamaño de la semilla de sorgo está determinado por acción génica aditiva.

Eastin (1972), menciona que se encontraron incrementos en el tamaño del grano, al usar plantas isogénicas, excepto para altura, por lo que sugiere que no se ha usado totalmente el tamaño potencial del grano de sorgo.

Jan-Orn (1976), menciona que la estimación de la heredabilidad en base a plantas individuales en sorgo fué alta para días a floración y para altura de planta; fue muy baja para rendimiento y completamente baja para panojas por planta.

Quinby (1963, 1970), encontró correlación del rendimiento de sorgo con el ancho de las hojas.

Ross y Kofoid (1978), trataron de determinar la muestra más pequeña de semilla para estimar el peso de 1000 semillas en sorgo, encontrando diferencias significativas en el tamaño de la muestra, pero no tiene importancia práctica; se encontró diferencia significativa para genotipos en una prueba; concluyendo que muestras de 125 semillas son generalmente las más adecuadas.

Metodología de Mejoramiento del Sorgo en Base de la naturaleza de acción génica.

Jenkins (1935), Sprague y Tatum (1952), Osler y Palacios (1958) y Genter y Alexander (1966), estudiaron el valor de la selección visual para obtener líneas de alta ACG,

coincidiendo en que la selección visual no es eficaz, esto determinó que se buscaran otros métodos más eficientes.

Jenkins (1935), sugirió el método de prueba temprana, presentando los primeros datos críticos con respecto al método Sprague (1946). En este esquema de prueba temprana, la endocrifa y los cruzamientos de prueba ocurren simultáneamente.

Las razones para efectuar la prueba fueron presentadas por Lonquist (1950); Sprague (1946-1952); Dickey (1945); y Wellhausen (1952), quienes coincidieron en que la identificación temprana de la AC superior, puede jugar un papel muy importante en un programa de mejoramiento.

Sprague (1939-1946); Green (1948) y Lonquist (1950) fueron los investigadores que mejores conocimientos aportaron sobre el valor de los mestizos para identificación de germoplasma superior. La aceptación de la prueba de mestizos para evaluar ACG de líneas de maíz, ocasionó la existencia de diferentes criterios respecto al tipo de probador a usarse.

Stephens (1937), menciona que la esterilidad masculina de Kafir Blackhull Texas se descubrió en una prueba de una variedad de sorgo en la subestación número 12 en Chillicothe Texas en 1935. En la generación F_2 de estas plantas, la progenie segregada fué aproximadamente de tres normales a una planta con esterilidad masculina.

Los estudios de vigor híbrido en sorgo, particularmente de Karper y Quinby, mostraron que el rendimiento de las cruzas superaron a las variedades progenitoras. El ca -

rácter de esterilidad masculina se puede usar en el desarrollo de una metodología para la producción comercial de semilla híbrida.

Stephens y Quinby (1952), reportan que se produjo semilla híbrida de sorgo por medio de polinización manual en plantas con esterilidad masculina de Kafir Blackhull Texas con selección Day GC 38311 durante un período de seis años con siembras en Abril y por un período de ocho años con siembras en Junio, el promedio de rendimiento de los híbridos fue superior a las variedades comerciales, sin embargo estos híbridos no fueron ideales, pudiéndose aceptar como una combinación temprana, excediendo a los progenitores en amacollamiento y en porcentaje de trilla, pero fueron intermedios en altura, madurez, elongación, color de semilla y resistencia a plagas y a pudrición.

Stephens y Holland (1954), describen que entre cruces recíprocas entre Milo o Day y Kafir, las plantas F_1 , fueron fértiles, pero en poblaciones F_2 hubo esterilidad masculina parcial en algunas cruces que tuvieron como progenitor femenino a Milo o Day; la proporción de plantas con esterilidad masculina se incrementa sustancialmente con una retrocruza de Kafir a las plantas F_1 y F_2 de Milo x Kafir y se llegó a obtener más del 99 por ciento de esterilidad masculina en la segunda retrocruza. Plantas F_1 de Milo o Milo-Day restauraron la fertilidad cuando se usaron como polinizadoras en algunas plantas con esterilidad masculina. Los resultados sugieren una esterilidad masculina ocasionada por la interac

ción entre citoplasma de Milo con factores nucleares de Kafir. Estos tipos de esterilidad masculina pueden proveer un método más satisfactorio en la producción de semilla híbrida que las cruza triple, las que dependen únicamente de genes nucleares. El stock de progenitores debe de ser de fácil desarrollo y mantenimiento y se deben requerir solamente dos bloques aislados en vez de tres para la obtención de híbridos.

Jan-Orn, et al. (1976), sugieren la necesidad de un germoplasma de base amplia en el mejoramiento de poblaciones, evita la vulnerabilidad genética y la utilidad de los genes de la esterilidad genética masculina, se sugieren para el desarrollo de poblaciones con apareamiento aleatorio en sorgo para grano y el uso de sistemas de selección recurrente para mejorar esas poblaciones.

Los objetivos del estudio fueron investigar la heredabilidad de producción de grano y otros caracteres cuantitativos y para usar la información para decidir cual de los sistemas de mejoramiento son mejores en la obtención de poblaciones mejoradas.

Se midieron caracteres cuantitativos en medios hermanos, hermanos completos y en líneas S_1 desarrolladas al azar; la varianza de dominancia (σ_D^2) excede a la varianza genética aditiva (σ_A^2) para rendimiento por planta por unidad de área y para producción de semilla por planta, pero fue lo contrario para otros caracteres.

La tendencia del rendimiento con familias de hermanos completos (medias) es mayor que la media en familias S_1 ;

indicando que la heterosis y la depresión endogámica son importantes para estos caracteres. En las familias S_1 , los componentes de varianza no parecen ser adecuados para estimar la varianza genética en una de las poblaciones. La predicción de respuesta a la selección de caracteres simples, fue alta para selección de familias S_1 , particularmente para rendimiento. Caracteres altamente heredables, como días a floración y altura de planta pueden ser mejorados fácilmente por selección masal.

Si la selección es solamente para rendimiento, la correlación indica que las poblaciones vienen con maduración tardía y son altas; por ésto los rendimientos de selección pueden tener respuestas de correlación esperada dentro de lo estimado.

Ross (1976), menciona que las varianzas dentro de dos poblaciones para rendimiento de grano y algunos factores componentes del rendimiento fueron significativamente altos, indicando que la metodología de mejoramiento poblacional se puede usar con gran éxito.

Conversión del Sorgo

El sorgo es una gramínea tropical, se ha adaptado a latitudes hasta de 45° del Ecuador, por el problema del fotoperíodo, muchas colecciones adaptadas en los trópicos no florecen en altas latitudes. El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), y la Estación Experimental Agrícola en Texas, EUA; han convertido esos tipos tropicales a

cortos y menos sensitivos al fotoperíodo.

La conversión es principalmente un proceso de retrocruza donde los tipos con fotoperíodo corto son los progenitores no recurrentes, la cruza y retrocruza es hecha en una localidad tropical; se hacen en la estación experimental de Mayaguez, Puerto Rico (17°N). las generaciones segregantes se cosechan en localidades más al norte en Chillicothe y en la estación experimental de Lubbock, Texas (34°N); las segregantes con corto fotoperíodo son enviadas de regreso a Mayaguez para el siguiente ciclo de retrocruza (El ciclo requiere un año); después de tres o cuatro ciclos de retrocruza, los tipos exóticos son recuperados, son cortos y esencialmente fotosensitivos. Los mejoradores en EUA están muy interesados en el programa de conversión para ordenar nuevos genotipos ventajosos para estos usos. Los mejoradores en los trópicos están interesados en las entradas de este programa (conversión completa o conversión parcial) para ser usados en selección de nuevas líneas.

Programa de Conversión para Diversificar Genotipos Tolerantes al Frío en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en México.

Este programa es similar al programa de conversión de sorgos extranjeros para confirmar genotipos precoces en Texas A&M, excepto que este programa convierte estrictamente sorgos extranjeros tolerantes al frío los que provienen de clima frío que no son adaptables, sensibles al fotoperíodo

do, altos y con maduración tardía.

La conversión viene acompañada por una cruza y una retrocruza, en Poza Rica, Veracruz, bajo períodos favorables de días cortos durante el invierno o por la iniciación de una gama floral, cubriendo las plantas con semillas con una bolsa de plástico negro, seleccionando para precocidad, genotipos cortos y tolerantes al frío dentro de poblaciones segregantes en el Batán, Estado de México.

Los genotipos extranjeros, tolerantes al frío son usados como hembras cuando se va a cruzar con poblaciones precoces tolerantes al frío, con genotipos insensibles y usados como machos cuando se va a cruzar una población tolerante al frío, con esterilidad genética masculina.

Cada retrocruza que se hace entre progenie F_3 proviene de una F_2 precoz y corta, selección hecha en el Batán, cuatro criollos de retrocruza y selección son anticipados en orden para crear diversificaciones en los genotipos tolerantes al frío.

CAPITULO 3

MATERIALES Y METODOS

El material experimental utilizado consistió de 40 híbridos (F_1) de sorgo para grano, obtenidos en un cruzamiento de cinco líneas androestériles por ocho machos normales, utilizando un diseño dialélico modificado por Griffing (1956), basado en el diseño de apareamiento factorial o diseño dos de Carolina del Norte, descrito por Comstock y Robinson (1948).

Los progenitores consisten en líneas endocriadas mejoradas, provenientes del programa de conversión del sorgo. Los grupos parentales incluidos representan un amplio rango de tratamientos agronómicos (Cuadro 3.1).

Diseño Experimental y Líneas de Observación

Los híbridos fueron evaluados junto con sus progenitores (líneas B mantenedoras sustituyendo a su correspondiente línea macho estéril), usando un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. El experimento fue hecho durante el verano de 1982, en dos localidades: Los Cerritos, Municipio de Saltillo, estado de Coahuila, que correspondió a la localidad uno (L_1), con una ubicación geográfica de: $25^{\circ}24'35''$

de latitud Norte y, $101^{\circ}55'42''$ de longitud Oeste, con 1700 msnm, y Río Bravo estado de Tamaulipas como localidad dos (L2), con localización geográfica de: $25^{\circ}59'$ de latitud Norte y $98^{\circ}0'$ de longitud Oeste con 30 msnm.

Cuadro 3.1. Material Genético incluido en la presente investigación

Línea	Pedigree
Hembras	
1	AT x 378
2	AT x 399
3	AT x 622
4	AT x 629
5	A 3197
Machos	
1	RT x 430
2	RT x 431
3	Fargo
4	1S 51
5	1S 81
6	1S 101
7	1S 103
8	1S 121

Las parcelas experimentales consistieron en tres surcos de cinco metros con un espaciamento de 80 cm; las parcelas fueron sobreplantadas y aclareadas para mantener una distancia de 8 cm entre plantas dentro de las parcelas. Se aplicó una fertilización de 100-50-0 de N-P-K, respectivamente.

Se realizaron dos riegos, uno en el período de desarrollo vegetativo y el otro en la etapa de bota (embuche).

Debido a una pobre germinación, los datos fueron colectados en base a plantas individuales. Se marcaron 10 plantas al azar en el centro de las hileras, justo antes de la floración, y se observaron las siguientes características agronómicas en las plantas marcadas.

Floración: Número de días desde la siembra hasta que el 50 por ciento de plantas dentro de la parcela comienzan a florear.

Madurez: Número de días a partir de que el 100 por ciento de plantas dentro de la parcela terminan de florear, hasta que la acumulación de peso seco en el grano alcanza su máximo.

Altura de la planta: Distancia que se encuentra desde la base del tallo hasta la base de la hoja bandera.

Número de hojas: Número de hojas verdes hasta el período de antesis.

Excursión de panoja: Distancia de la hoja bandera a la base de la panoja (cm).

Rendimiento por planta: Cosecha de panojas individuales secadas al sol, hasta llegar a un 15 por ciento de humedad, después de trillarlas, se pesaron las semillas (g/planta).

Peso de 1000 semillas: Se contaron 100 semillas de cada panoja obteniendo así su peso (g), que al multiplicarse por 10, nos dá el peso de 1000 semillas.

Grado de enfermedad: El grado de enfermedad es una indicación de la capacidad de las plantas para resistir el ataque de los diferentes patógenos y la lectura se ejecutó en una forma visual dentro de una escala que va del uno al cinco, de acuerdo con el porcentaje de infección que la planta presentó, siendo el número uno el que corresponde a la máxima resistencia, es decir plantas que no presentan ataque. El grado dos, significa un máximo de ataque de un 30 por ciento de invasión del patógeno. El grado tres se encuentra en el valor medio de la escala y puede ser interpretado como plantas medianamente tolerantes o medianamente susceptibles, por lo cual el patógeno habrá invadido a la planta en un 50 por ciento. Cuando el ataque pasa del 50 por ciento hasta el 80 por ciento, las plantas se consideran susceptibles y andan en el rango del grado cuatro. Los genotipos que presentan ataques superiores al 80 por ciento, son considerados muy susceptibles y se clasifi-

can con el grado cinco.

Análisis Estadístico

Tomando en cuenta que todas las variables se incluyen en las tres repeticiones bajo un diseño de bloques al azar, se efectuó el análisis de varianza (ANVA) para todas ellas según el modelo general para este diseño.

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

donde:

Y_{ij} = Observación del i -ésimo tratamiento en j -ésima repetición.

μ = Efecto de la media poblacional.

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento donde $T \sim \text{DNI}(0, \sigma^2 t)$.

β_j = Efecto de la j -ésima repetición donde $B \sim \text{DNI}(0, \sigma^2 \beta)$

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental donde $\epsilon_{ij} \sim \text{DNI}(0, \sigma^2 e)$.

$i = 1, 2, \dots, t$ (tratamientos)

$j = 1, 2, \dots, r$ (repeticiones)

Cuadro 3.2. Forma del análisis de varianza dado a cada carácter con las esperanzas de cuadrados medios en un ambiente.

F.V.	g.l.	C.M.	E.C.M.
Bloques	r-1		$\sigma^2_e + t\sigma^2_r$
Tratamientos	t-1	M ₂	$\sigma^2_e + r\sigma^2_t$
Error Experimental	(t-1)(r-1)	M ₁	σ^2_e
Total	rt-1		

Los parámetros genéticos por localidad se estimaron mediante las siguientes fórmulas:

$$\sigma^2_g = \frac{M_2 - M_1}{r}$$

$$\sigma^2_{ph} = \frac{\sigma^2_e}{r} + \sigma^2_g$$

$$H^2 = \frac{\sigma^2_g}{\sigma^2_{ph}} \times 100$$

Análisis de Varianza Combinado

A través de éste, se pretendió detectar la estabilidad de los progenitores y sus híbridos, los efectos ambientales sobre ellos y las respuestas de los mismos por la expresión de la interacción genotipo-ambiente. Se ejecutó este análisis en base al modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_{j/k} + Y_k + (TA)_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = Observación del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición en el k -ésimo ambiente.

μ = Efecto de la media general

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento donde $\tau_i \sim \text{DNI}(0, \sigma^2 \tau)$

$\beta_{j/k}$ = Efecto de la j -ésima repetición anidada en el k -ésimo ambiente, donde $\beta_{j/k} \sim \text{DNI}(0, \sigma^2 \beta_{j/k})$

γ_k = Efecto del k -ésimo ambiente donde $\gamma_k \sim \text{DNI}(0, \sigma^2 \gamma_k)$

$(\text{TA})_{ik}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo tratamiento en el k -ésimo ambiente, donde $(\text{TA})_{ik} \sim \text{DNI}(0, \sigma^2 (\text{TA})_{ik})$

ε_{ijk} = Efecto aleatorio donde $\varepsilon_{ijk} \sim \text{DNI}(0, \sigma^2 \varepsilon)$

$i = 1, 2, \dots, t$ (tratamientos)

$j = 1, 2, \dots, r$ (repeticiones)

$k = 1, 2, \dots, a$ (ambientes)

Cuadro 3.3. Forma del análisis de varianza combinado dado para un caracter con las esperanzas de cuadrados medios

F.V.	gl	CM	ECM
Loc	$\ell - 1$		
Rep/loc	$(r - 1)\ell$		
Trat	$t - 1$	M_3	$\sigma^2 \varepsilon + r\sigma^2 \ell x t + r\ell\sigma^2 t$
Loc x Trat	$(\ell - 1)(t - 1)$	M_2	$\sigma^2 \varepsilon + r\sigma^2 \ell x t$
Error Exp.	$(r - 1)(t - 1)\ell$	M_1	$\sigma^2 \varepsilon$
Total	$(rt\ell) - 1$		

Los parámetros genéticos del análisis combinado se estimaron por las fórmulas:

$$\text{Varianza genética } \sigma^2g = \frac{M3-M2}{ar}$$

$$\text{Varianza genética-ambiental } \sigma^2ge = \frac{M2-M1}{a}$$

$$\text{Varianza fenotípica } \sigma^2ph = \frac{\sigma^2e}{ar} + \frac{\sigma^2ge}{r} + \sigma^2g$$

$$\text{Heredabilidad en sentido amplio } H^2 = \frac{\sigma^2g}{\sigma^2ph} \times 100$$

Análisis de Parámetros Genéticos

Los datos se analizaron por el modelo básico del diseño dos de Comstock y Robinson (1948), proporcionándose la magnitud promedio de cualquier carácter (\bar{Y}_{ij}) en un híbrido expresándose de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \mu + h_i + m_j + (hm)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$i = 1, 2, \dots, p$ (machos)

$j = 1, 2, \dots, q$ (hembras)

$k = 1, 2, \dots, r$ (plantas de una cruza)

p y q pueden formar valores $p = q$ ó $p \neq q$

μ = efecto general de la media

h_i = efecto de la hembra i

m_j = efecto del macho j

$(hm)_{ij}$ = efecto de la hembra i con el macho j

ϵ_{ijk} = efecto aleatorio

h_i , m_j , $(hm)_{ij}$ y ϵ_{ijk} se suponen con efectos aleato-

rios con medias cero y varianzas $\sigma^2_h, \sigma^2_m, \sigma^2_{mh}$ y σ^2_e respectivamente.

El modelo anterior, genera el Cuadro 3.4, del análisis de varianza para el diseño dos de apareamiento factorial en un ambiente bajo un modelo fijo.

Cuadro 3.4. Forma del análisis de varianza para el diseño - dos de Comstock y Robinson con las esperanzas de cuadrados medios

F V	gl	CM	E.C.M.
Machos	m-1	CM ₄	$\sigma^2_e + r\sigma^2_{mh} + hr\sigma^2_m$
Hembras	h-1	CM ₃	$\sigma^2_e + r\sigma^2_{mh} + mr\sigma^2_h$
Machos y hembras	(m-1)(h-1)	CM ₂	$\sigma^2_e + r\sigma^2_{mh}$
Error	(r-1)(mh-1)	CM ₁	σ^2_e

El cálculo de los componentes de varianza de ACG y ACE, se hizo por medio de las siguientes expresiones:

- 1) Varianza de machos x hembras: (σ^2_{mh} , varianza de hermanos completos) $\frac{CM_{mh} - CMe}{r} = \sigma^2_{mha} + \sigma^2_{mh} = \sigma^2_{mh}$
- 2) Varianza de hembras (σ^2_h , varianza de medios hermanos maternos) $\frac{CM_h - CM_{mh}}{rm} = \sigma^2_{ha} + \sigma^2_h = \sigma^2_h$
- 3) Varianza de machos (σ^2_m , varianza de medios hermanos paternos) $\frac{CM_m - CM_{mh}}{rh} = \sigma^2_{ma} + \sigma^2_m = \sigma^2_m$

Si los progenitores utilizados son homocigóticos, el coeficiente de endogamia (F), es igual a 1, por lo tanto

$$\sigma^2m = \sigma^2h = 1/2 \sigma^2A$$

$$\sigma^2mh = \sigma^2D$$

$$\sigma^2G = \sigma^2A + \sigma^2D$$

$$\sigma^2ph = \sigma^2A + \sigma^2D + \sigma^2e$$

Estimación del grado promedio de dominancia (\bar{a}) según fórmula de Robinson y Cockerman (1955).

$$\bar{a} = \sqrt{\frac{2\sigma^2D}{\sigma^2A}}$$

Magnitud de \bar{a}	Grado de dominancia
$\bar{a} = 0$	No existe dominancia
$0 < \bar{a} < 1$	Dominancia parcial
$\bar{a} = 1$	Dominancia completa
$\bar{a} > 1$	Sobredominancia

Se utilizó el procedimiento analítico para la estimación de los parámetros genéticos, descrito por Finker et al. (1976).

El método desarrolla el modelo de mínimos cuadrados para el análisis de cruzas dialélicas completas, estimando los siguientes parámetros en cruzas dialélicas completas e incompletas:

Código de Parámetros	Componentes de Varianza	Acción Génica
(1)	Machos (ACG)	Aditiva
(2)	Hembras (ACG)	Aditiva
(3)	Machos x hembras (ACE)	No Aditiva
(4)	Error Experimental	Error ambiental
(5)	Varianza Genética Total	(1)+(2)+(3)

	Porcentajes de varianza genética y heredabilidad	Fórmulas
(6)	Porcentajes de varianza genética aditiva	$(1 + 2) \div (5)$
(7)	Porcentaje de varianza genética no aditiva	$(3) \div (5)$
(8)	Porcentaje de varianza genética debido a machos	$(1) \div (5)$
(9)	Porcentaje de varianza genética debido a hembras	$(2) \div (5)$
(10)	Porcentaje de heredabilidad en sentido estrecho	$(1+2) \div (4+5)$
(11)	Porcentaje de heredabilidad en sentido amplio	$(1+2+3) \div (4+5)$

Esta extensión del modelo de Griffing para determinar la ACG y ACE, conduce directamente a la estimación de la heredabilidad en el sentido amplio y estrecho. La conversión de los cuadrados medios a porcentajes de ACG y ACE, revela al fitomejorador la relativa importancia de los diferentes tipos de acción génica, así mismo la expresión génica por fenotipos de machos y hembras puede ser fácilmente estimada.

Cuadro 3.5. Forma del análisis de varianza combinado para el diseño dos de Comstock y Robinson con las esperanzas de cuadrados medios

F.V.	gl	CM	E.C.M.
L _{cc}	ℓ-1		
R/1 _{oe}	(r-1)ℓ		
h	h-1	M ₇	$\sigma^2e + rt\sigma^2\ell xhx m + rtm\sigma^2\ell xh + rt\ell\sigma^2mxh + rt\ell m\sigma^2h$
m	m-1	M ₆	$\sigma^2e + r\tau\sigma^2\ell xhx m + rth\sigma^2\ell xm + rt\ell\sigma^2mxh + rt\ell h\sigma^2m$
h _{xm}	(h-1)(m-1)	M ₅	$\sigma^2e + r\tau\sigma^2\ell xhx m + rth\sigma^2\ell xm + rtm\sigma^2\ell xh + rt\ell\sigma^2mxh$
L _{xh}	(ℓ-1)(h-1)	M ₄	$\sigma^2e + r\tau\sigma^2\ell xhx m + rth\sigma^2\ell xm + rtm\sigma^2\ell xh$
L _{xm}	(ℓ-1)(m-1)	M ₃	$\sigma^2e + r\tau\sigma^2\ell xhx m + rth\sigma^2\ell xm$
L _{xhx m}	(ℓ-1)(h-1)(m-1)	M ₂	$\sigma^2e + r\tau\sigma^2\ell xhx m$
Error	(r-1)(t-1)ℓ	M ₁	σ^2e
Total	(rtℓ)-1		

CAPITULO 4

RESULTADOS Y DISCUSION

En los análisis de varianza individuales para siete características (Cuadro 4.1) se encuentra gran similitud en ambas localidades con respecto a la respuesta de los genotipos, ya que todos los tratamientos muestran alta significancia para las variables en estudio, haciendo excepción de días a madurez en los dos ambientes, y si para bloques no existe significancia, esto corrobora la gran variabilidad entre los progenitores y sus progenies híbridas. Los valores de madurez, correlacionados con las demás características en cada localidad, presentan la misma tendencia sin que esto menoscabe la variabilidad que se muestra para los demás caracteres. Los valores promedio para cada característica y sus respectivos valores de diferencia mínima significativa (D.M.S.) apoyan en una forma más exacta estos grados de significancia (Apéndice, Cuadros 1A y 2A), además los coeficientes de variación obtenidos (Apéndice Cuadro 3A), demuestran que son muy confiables sus valores a excepción de la variable excersión de panoja que sorprendentemente muestra un valor demasiado alto, aún cuando sus valores de error estandar de la media se encuentran dentro de lo aceptable, lo que in-

Cuadro 1.1. Análisis de varianza individual para siete características agronómicas de los 48 tratamientos evaluados en dos localidades

Loc.	F.V.	Floración	Maduración	Altura	Hoja	Excursión	Rendimiento	Peso 1000 semillas
L ₁	Bloques	17.0069	78.045	813.59	4.9343	47.086	154.4159	43.0572
	Tratamientos	47.075**	101.523ns	1763.1417**	2.1734**	119.5778**	719.5544**	53.8730**
	Error	16.460	122.2046	220.157	0.550	14.5124	107.088	19.8288
L ₂	Bloques	170.84	39.715	614.881	1.4058	9.6182	142.278	6.3158
	Tratamientos	151.62396**	69.8291ns	2150.3538**	5.5343**	51.7351**	1691.7345**	39.3562**
	Error	48.095	63.147	300.158	0.9557	11.129	295.723	7.92795

*, ** Significativos estadísticamente al .05 y al .01, respectivamente.

dica que la lectura de los datos fue bien ejecutada.

Analizando los resultados para cada una de las características, se encuentra que para días a floración existen diferencias altamente significativas en ambas localidades. En la localidad uno, el rango de floración (Apéndice, Cuadro 4A) entre híbridos fué de 60.66 a 82.33 días, sin embargo entre progenitores masculinos en la misma localidad, el más precoz (m_5), mostró una duración de 69.66 días y el más tardío (m_6), 83.00 días, con lo que se demuestra un efecto muy deseable para esta característica en los híbridos, y aún el híbrido más tardío, fué más precoz que el progenitor más tardío. El híbrido más precoz en esta localidad fue el $h_5 \times m_8$ y el más tardío correspondió a la cruce de $h_3 \times m_5$, por lo que deben tomarse en consideración estos progenitores cuando el interés en esta localidad se base en los días a floración; en este mismo ambiente, a excepción del progenitor masculino m_6 , que mostró ser el más tardío, no se encontró diferencia significativa entre los demás progenitores masculinos.

Los híbridos más precoces fueron el $h_5 \times m_8$, $h_5 \times m_2$, $h_1 \times m_6$ y $h_4 \times m_6$; lo que nos puede servir para tomarse en cuenta como una base de cruzamientos, buscando precocidad a los progenitores h_5 y m_6 .

En la localidad dos, esta característica mostró un rango de 54.66 a 77.33 días y se aprecia que es menor en forma general que en la localidad uno, siendo por lo tanto los híbridos más precoces en este ambiente y se encuentra que los progenitores femeninos h_1 , h_2 y h_5 forman parte de los híbridos más precoces en esta localidad, interviniendo el h_1 ,

y h_2 en cuatro cruzamientos para precocidad y el h_5 solamente en dos, así mismo los progenitores m_3 y m_8 participan cada uno en tres cruza precoces y el m_1 únicamente en dos; lo que puede servir como criterio de utilización en cruza cuando en este ambiente se busque precocidad y además se pueden discriminar con respecto al progenitor m_6 que fue el más tardío en su expresión individual y del progenitor h_4 que formó parte de dos de los híbridos más tardíos, como el h_3 que mostró la misma característica en combinación híbrida utilizándose en estas tres cruza tardías los machos dos, cuatro y cinco. Consistentemente el híbrido $h_5 \times m_8$ mostró precocidad en ambas localidades, exhibiendo plasticidad con respecto a la interacción genotipo ambiente. El rango del análisis de varianza combinado osciló entre 59.0 a 79.3 días mostrando que los híbridos precoces deben presentar un promedio alrededor de los 60 días a floración en ambas localidades, considerando que las cruza que superen esta duración de días a floración, ya no poseen estabilidad para esta característica.

La floración de las plantas es un resultado de interacción entre genotipos y ambiente; la temperatura y el fotoperíodo son factores predominantes del medio ambiente. La precocidad se determina por varios genes conjuntos con modificadores. Algunas variedades son más estables que otras como es el caso de este estudio, que algunos progenitores fueron más estables que otros en ambas localidades; y en los mejores híbridos cuando hay interacción entre genes dan resultados significativamente diferentes en los dos ambientes.

La madurez fisiológica, es una característica que siempre se ha considerado correlacionada, sin embargo, en este experimento como ya se dijo, los tratamientos no mostraron diferencias significativas en ambas localidades; el rango en la localidad uno fué de 92.0 a 111.3 días y en la localidad dos fué de 90.6 a 109.6 días, con un promedio de 19 días en cada localidad, lo que se puede explicar por el ambiente prevaleciente en ambas localidades después de la floración, ya que en la localidad uno, la fecha de siembra fue en el mes de junio y en la localidad dos en el mes de marzo; posiblemente sembrándose en la misma fecha en ambas localidades, se mostrarían diferencias significativas en este carácter, sin embargo, en la localidad uno los progenitores masculinos más precoces fueron el m_1 , m_2 y m_3 con una media de 92 días; pero no formaron parte de las combinaciones híbridas más precoces, lo que demuestra que no fueron capaces de expresarse, pero los progenitores m_3 , m_4 y m_5 fueron los más tardíos con 110.33 días y de estos solamente el m_3 apareció en el híbrido más tardío ($h_2 \times m_3$) con una media de 111.33 días y en forma no congruente también aparece el m_3 en las cruas más precoces ($h_3 \times m_3$ y $h_4 \times m_3$), pudiéndose explicar esto como un efecto, no del progenitor masculino sino de un efecto materno.

En la localidad dos, el progenitor masculino (m_2) fué el más precoz con una media de 91.0 días y los progenitores m_3 y m_5 fueron los más tardíos con 101.0 días como media, el progenitor masculino más precoz en esta localidad

no formó parte del híbrido más precoz pero el progenitor m_5 sí formó parte del híbrido más tardío y aquí también se puede tomar a los híbridos como una muestra de un efecto más materno que paterno, ya que en el análisis combinado, el híbrido más precoz para esta característica fué el h_4 y m_3 , y el progenitor femenino h_4 , se encuentra entre los más precoces; lo mismo podría decirse en el caso de los más tardíos, pero aquí parece ser que hay mayor influencia, o se encuentra equilibrada, ya que la combinación $h_3 \times m_5$ mostró la misma tendencia en la localidad dos, como en el análisis combinado.

Con respecto al carácter altura de planta, los tratamientos se diferencian significativamente, ya que en la localidad uno, varía desde 68.6 cm (m_4) hasta 118.6 cm (m_6) y en la localidad dos desde 89.3 cm (m_4) hasta 136.6 cm (m_7 y m_8).

Con respecto a los híbridos, el rango fué de 91.6 cm ($h_2 \times m_4$) hasta 213.0 cm ($h_4 \times m_8$) en la localidad uno y de 96.3 cm ($h_1 \times m_4$) hasta 217.3 cm ($h_4 \times m_8$) en la localidad dos. Por lo general, los progenitores masculinos y los híbridos presentaron mayor altura en la localidad dos.

Dentro de varios grupos de híbridos, en el grupo de ocho progenitores masculinos con el progenitor femenino (h_1) el híbrido $h_1 \times m_4$ presentó la menor altura (94.6 cm), lo que difiere significativamente de los híbridos $h_1 \times m_3$, $h_1 \times m_6$ y $h_1 \times m_8$, pero no hubo diferencias significativas entre otros híbridos de ese grupo; sin embargo, la altura del hí-

brido $h_1 \times m_4$ fue mayor que la de su progenitor masculino (68.6 cm) en la localidad uno.

En la localidad dos, el híbrido $h_1 \times m_4$ presentó la menor altura (96.3 cm), existiendo diferencias significativas con los híbridos $h_1 \times m_2$, $h_1 \times m_3$, $h_1 \times m_6$, $h_1 \times m_7$ y $h_1 \times m_8$, no se encontraron diferencias significativas con los otros híbridos del grupo. Al igual que en la localidad uno, el híbrido $h_1 \times m_4$ presentó mayor altura que la de su respectivo progenitor masculino (89.3 cm).

En la localidad uno, en lo referente al grupo de ocho progenitores masculinos con el progenitor femenino h_2 , el híbrido $h_2 \times m_4$, presentó menor altura (91.6 cm) encontrándose diferencias significativas con el híbrido $h_2 \times m_3$, pero no sucedió así con el resto de híbridos del grupo. El híbrido $h_2 \times m_4$ presentó mayor altura que la de su progenitor macho (68.66 cm).

En la localidad dos, el híbrido $h_2 \times m_1$ presentó la menor altura de planta (120.0 cm) y fué de menor altura que la de su progenitor masculino (132.0 cm), encontrándose diferencia significativa con el híbrido $h_2 \times m_3$ y no se encontraron diferencias significativas con los demás híbridos del grupo.

En la localidad uno, en el grupo de ocho progenitores masculinos con la hembra tres, el híbrido $h_3 \times m_4$ presentó la menor altura (112.0 cm) pero fué de mayor altura que la de su respectivo progenitor masculino (68.6 cm), se encontraron diferencias significativas con los híbridos

$h_3 \times m_3$ y $h_3 \times m_8$ pero no se encontró diferencia significativa con los otros híbridos del grupo.

En la localidad dos, el híbrido $h_3 \times m_4$ fué el de menor altura (123.6 cm) siendo de mayor tamaño que su progenitor masculino (89.3 cm), se encontraron diferencias significativas con los demás híbridos del grupo.

En la localidad uno, en el grupo de ocho progenitores masculinos con la hembra cuatro el híbrido $h_4 \times m_4$ tuvo la menor altura (97.3 cm), siendo más alto que su progenitor masculino (68.6 cm), encontrándose diferencias significativas con los híbridos $h_4 \times m_1$, $h_4 \times m_2$, y $h_4 \times m_6$, no encontrándose ninguna significancia con los híbridos $h_4 \times m_3$ y $h_4 \times m_5$.

En la localidad dos, el híbrido $h_4 \times m_4$ presentó menor altura (118.0 cm), pero fué de mayor altura que la de su respectivo progenitor masculino (89.3 cm), se encontraron diferencias significativas con los híbridos $h_4 \times m_1$, $h_4 \times m_2$, $h_4 \times m_3$ y $h_4 \times m_6$ pero no se encontró significancia con el híbrido $h_4 \times m_5$.

En la localidad 1, en el grupo de ocho progenitores masculinos con la hembra cinco, el híbrido $h_5 \times m_5$ fué el de menor altura (95.6 cm) pero tuvo mayor altura que su progenitor masculino (87.6 cm). Se encontró diferencia significativa únicamente para el híbrido $h_5 \times m_8$.

En la localidad dos, el híbrido $h_5 \times m_4$ presentó la menor altura (105.6 cm) pero fué de mayor altura que su progenitor masculino (89.5 cm), hubieron diferencias significativas con los híbridos $h_5 \times m_3$, $h_5 \times m_6$, $h_5 \times m_7$ y $h_5 \times m_8$;

no siendo así con el resto de híbridos del grupo.

Es importante hacer notar que en los híbridos con menor altura en ambas localidades, se presenta como progenitor masculino el m_4 , aún con diferentes progenitores femeninos; y en el análisis de varianza combinado, se corrobora el efecto del mismo progenitor, por lo que debe de tomarse en cuenta este efecto, cuando el fin sea formar híbridos de porte bajo. El híbrido $h_4 \times m_8$ mostró mayor altura en ambas localidades, lo que no deja duda con respecto al efecto de la combinación; solamente faltaría determinar el efecto de cada uno de los progenitores para usarse con fines de explotación de la altura que proporcione cada uno.

El número de hojas que posee un vegetal, es una característica determinante para el aprovechamiento de la energía para transformar los nutrientes; también es un carácter que en la mayoría de los casos está relacionado con el ambiente en que estos se desarrollan. En el caso del sorgo se considera que el número de hojas es un factor importante de los componentes de rendimiento.

En el análisis de varianza se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos.

En la localidad uno, entre los progenitores masculinos, el m_1 y m_5 presentaron menor número de hojas (5.5) y el m_8 tuvo mayor número (6.2 hojas).

No existieron diferencias significativas entre progenitores masculinos. En lo que se refiere a híbridos, el $h_1 \times m_7$ es el que mostró menor número de hojas (3.8), y el

$h_4 \times m_6$ el que desarrolló mayor número (9.0 hojas). Los híbridos $h_1 \times m_5$, $h_1 \times m_6$, $h_2 \times m_5$, $h_3 \times m_2$, $h_3 \times m_4$, $h_3 \times m_8$, $h_4 \times m_2$, $h_4 \times m_4$, $h_4 \times m_6$, $h_4 \times m_8$ y $h_5 \times m_8$ desarrollaron significativamente mayor número de hojas que sus respectivos progenitores masculinos, y únicamente el híbrido $h_1 \times m_7$, mostró significativamente menor número de hojas que su progenitor masculino, el resto de híbridos presentan número de hojas que no difieren significativamente de sus progenitores masculinos.

En la localidad dos, los híbridos por lo general desarrollaron mayor número de hojas que en la localidad uno; los progenitores masculinos m_1 , m_3 , m_7 y m_8 presentaron significativamente mayor número de hojas en la localidad dos que en la localidad uno. Refiriéndonos a los progenitores m_2 , m_4 , m_5 y m_6 no mostraron diferencias significativas entre las dos localidades.

Se observó el progenitor masculino m_3 fué el que tuvo mayor número de hojas en la localidad dos (9.1) y es uno de los que produjo menor número de hojas en la localidad uno (5.6). Los híbridos $h_3 \times m_1$, $h_3 \times m_2$, $h_3 \times m_6$, $h_3 \times m_7$, $h_4 \times m_2$, $h_4 \times m_6$ y $h_4 \times m_7$ presentaron significativamente mayor número de hojas que sus progenitores masculinos y los híbridos $h_1 \times m_3$, $h_2 \times m_3$, $h_4 \times m_3$ y $h_5 \times m_3$ tuvieron significativamente menor número de hojas que sus progenitores masculinos; los híbridos $h_3 \times m_2$, $h_4 \times m_2$ y $h_4 \times m_6$ desarrollaron significativamente mayor número de hojas en las dos localidades.

El híbrido que mostró el menor número de hojas en el análisis de varianza combinado fué el $h_5 \times m_4$ y éste mismo híbrido también presentó el menor número de hojas en la localidad dos, por lo que exhibió consistencia para esta característica.

En una forma estable en ambas localidades y en el análisis de varianza combinado, la hembra h_4 , formó parte de las tres cruzas con mayor número de hojas en las combinaciones $h_4 \times m_6$ (localidad uno); $h_4 \times m_7$ (localidad dos) y $h_4 \times m_8$ (análisis de varianza combinado); lo que nos dá una pauta para utilizar a la hembra cuatro como progenitor cuando los fines sean obtener follaje.

En lo que se refiere a excersión de panoja, los tratamientos difieren significativamente.

En la localidad uno, fue el progenitor masculino m_6 el que presentó menor excersión (7.2 cm) y se observó que este progenitor tiene alta capacidad de transmitir la característica a las combinaciones híbridas ya que en la localidad uno, formó parte de los híbridos $h_1 \times m_6$ y $h_4 \times m_6$, que mostraron tener la menor excersión y solamente en el híbrido $h_5 \times m_2$ que presentó el mismo valor, no aparece este progenitor. Aunque en la localidad dos, generalmente los híbridos presentaron menor excersión, también se encuentra al progenitor masculino m_6 formando parte de uno de los híbridos ($h_1 \times m_6$) con el menor valor para dicho carácter, lo que demuestra consistencia de este progenitor con respecto a la transmisión genética de la característica en cuestión, lo que se

corroborara con el resultado del análisis de varianza combinado en el que aparece el híbrido $h_1 \times m_6$ como el de menor excersión.

Con respecto a mayor excersión, se observó que ésta fué superior en la localidad uno que en la localidad dos; pero en ambas localidades, el progenitor masculino m_1 formó parte de los híbridos que mostraron mayor magnitud de la ca característica, siendo en la localidad uno, el híbrido $h_3 \times m_1$ y en la localidad dos, el híbrido $h_2 \times m_1$ y apareciendo en el análisis de varianza combinado el híbrido $h_2 \times m_1$ como el que presentó mayor excersión.

De acuerdo con estos resultados y con los objetivos de cada programa en particular, en combinación con los factores ecológicos, se usarán los progenitores adecuados para buscar el efecto deseado en lo que se refiere a este carácter.

Es necesario mencionar que en la localidad uno, los híbridos presentaron significativamente tanto mayor como me nor excersión con respecto a sus progenitores; sin embargo, en la localidad dos, los híbridos no mostraron diferencias significativas para menor excersión que la de sus progenito res masculinos, pero si tuvieron diferencias significativas para mayor excersión que sus respectivos progenitores mascu linos.

El rendimiento, característica de mayor importancia presentó en los análisis de varianza por localidad como en el análisis de varianza combinado, diferencias altamente

significativas, y aunque es un carácter de control genético muy complejo, refleja que los progenitores empleados y sus combinaciones híbridas poseen un alto grado de variabilidad.

En la localidad uno, el rendimiento varía desde 17.4 g (m_5) hasta 28.9 g (m_2) y en la localidad dos desde 43.8 g (m_4) hasta 80.3 g (m_8).

En los híbridos el rango fué desde 14.7 g ($h_5 \times m_1$) hasta 89.2 g ($h_5 \times m_8$) en la localidad uno y desde 46.7 g ($h_5 \times m_2$) hasta 133.1 g ($h_3 \times m_3$) en la localidad dos. Por lo general, los progenitores masculinos y los híbridos presentaron mayor rendimiento en la localidad dos que en la localidad uno.

En la localidad uno, dentro de los grupos de híbridos en el grupo de ocho progenitores masculinos con el progenitor femenino h_1 ; el híbrido $h_1 \times m_1$, es el que tuvo menor rendimiento (18.9 g) lo que difiere significativamente de los híbridos $h_1 \times m_3$, $h_1 \times m_6$ y $h_1 \times m_8$; el rendimiento del híbrido $h_1 \times m_1$, fué menor que el de su progenitor masculino (20.6 g).

En la localidad dos, el híbrido $h_1 \times m_2$ mostró el menor rendimiento (52.1 g), lo que difiere significativamente de los híbridos $h_1 \times m_1$, $h_1 \times m_3$, $h_1 \times m_5$, $h_1 \times m_6$, $h_1 \times m_7$ y $h_1 \times m_8$; no encontrándose diferencia significativa con el híbrido $h_1 \times m_1$. El rendimiento del híbrido $h_1 \times m_2$ fué menor que el de su progenitor masculino (52.5 g).

En la localidad uno, en el grupo de ocho progenitores masculinos con el progenitor femenino h_2 , el híbrido $h_2 \times m_2$ presentó el menor rendimiento (24.2g), lo que difiere significativamente del híbrido $h_2 \times m_4$, no hubo diferencias significativas con los demás híbridos del grupo; el rendimiento del híbrido $h_2 \times m_2$, fué menor que el de su progenitor masculino (28.9g).

En la localidad dos, el híbrido $h_2 \times m_2$ tuvo el menor rendimiento (57.7g) lo que difiere significativamente de los híbridos $h_2 \times m_3$, $h_2 \times m_4$, $h_2 \times m_7$ y $h_2 \times m_8$, el rendimiento del $h_2 \times m_2$ fué superior al de su progenitor masculino (52.5g).

En la localidad uno, en el grupo de ocho progenitores masculinos con el progenitor femenino h_3 , el híbrido $h_3 \times m_6$, presentó el menor rendimiento (24.1g), lo que difiere significativamente del híbrido $h_3 \times m_8$, no encontrándose diferencias significativas con los demás híbridos del grupo; el rendimiento del híbrido $h_3 \times m_6$ fué inferior al de su progenitor masculino (24.6g).

En la localidad dos, el híbrido $h_3 \times m_2$ mostró el menor rendimiento (64.9g), lo que difiere significativamente de los híbridos $h_3 \times m_1$, $h_3 \times m_3$, $h_3 \times m_7$ y $h_3 \times m_8$, no se encontraron diferencias significativas con los restantes híbridos del grupo.

El rendimiento del híbrido $h_3 \times m_2$, fué mayor al de su progenitor masculino (52.5g).

En la localidad uno, en el grupo de ocho progenitores masculinos con el progenitor femenino h_4 , el híbrido

$h_4 \times m_3$ fue superior al de su progenitor masculino (17.4 g).

En la localidad dos, el híbrido $h_4 \times m_3$ presentó el menor rendimiento (72.1 g), encontrándose diferencia significativa solamente con el híbrido $h_4 \times m_1$, siendo el rendimiento del híbrido $h_4 \times m_3$ superior al de su progenitor masculino (69.1 g).

En la localidad uno, en el grupo de ocho progenitores masculinos con el progenitor femenino h_5 , el híbrido $h_5 \times m_1$ tuvo el menor rendimiento (14.7 g) lo que difiere significativamente de los híbridos $h_5 \times m_2$, $h_5 \times m_6$ y $h_5 \times m_8$, no se encontró diferencias significativas con los otros híbridos del grupo. El rendimiento del híbrido $h_5 \times m_1$ fue inferior al de su progenitor masculino (20.6 g).

En la localidad dos, el híbrido $h_5 \times m_2$ mostró el menor rendimiento (46.7 g) encontrándose diferencias significativas con los híbridos $h_5 \times m_3$, $h_5 \times m_7$ y $h_5 \times m_8$; no habiendo diferencias significativas con los demás híbridos del grupo. El rendimiento del híbrido $h_5 \times m_2$, fué menor que el de su progenitor masculino (52.5 g).

En los híbridos con menor rendimiento en ambas localidades participó como progenitor femenino, la hembra h_5 ; y en la localidad dos, así como en el análisis de varianza combinado, los cruzamientos con menores rendimientos tuvieron como progenitor masculino al m_2 , ésto debe de ser una pauta a seguir para tratar de eliminar las citadas combinaciones en ambas localidades.

Los híbridos con mayor rendimiento en las localida-

des uno y dos fueron el $h_5 \times m_8$ y el $h_3 \times m_3$ respectivamente y en el análisis de varianza combinado aparece como el máximo rendidor el híbrido $h_4 \times m_8$. El progenitor masculino m_8 , muestra alta capacidad de transmisión de características genéticas favorables para rendimiento, ya que en la localidad uno, formando parte de la combinación $h_5 \times m_8$, fue el más alto, a despecho de que la hembra cinco mostró ser la peor en ambas localidades; aunque en la localidad dos no se manifestó el progenitor m_8 en el mejor híbrido sí aparece en el análisis de varianza combinado formando parte del híbrido más rendidor ($h_4 \times m_8$).

El peso de 1000 semillas mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos en ambas localidades y también en el análisis de varianza combinado para la interacción genético ambiental (localidad x tratamiento), corroborando los resultados con respecto a rendimiento. En la localidad uno, entre los progenitores masculinos, el m_6 es el que presentó menor peso (21.6 g) y el m_8 es el que mostró el mayor peso (41.9 g); existen diferencias significativas entre los progenitores m_2 , m_3 , m_4 , m_5 , m_6 y m_7 con el m_8 ; también existen diferencias significativas entre los progenitores m_2 , m_3 , m_4 , m_5 , m_6 y m_7 con el m_1 (35.1 g).

Entre los híbridos, el $h_5 \times m_2$ es el que tuvo menor peso (22.4 g) y el $h_3 \times m_7$ el que mostró el mayor peso (84.0 g). Los híbridos $h_1 \times m_8$, $h_3 \times m_8$, $h_4 \times m_8$ y $h_5 \times m_8$ presentaron significativamente menor peso que sus respectivos progenitores masculinos.

Mientras que los híbridos $h_3 \times m_4$ y $h_3 \times m_7$ tuvieron significativamente mayor peso que sus progenitores masculinos; el resto de híbridos mostraron pesos que no difieren significativamente de sus progenitores masculinos.

En la localidad dos, por lo general, los híbridos presentaron un peso relativamente parecido al de los híbridos de la localidad uno.

Los progenitores masculinos m_1 , m_5 , m_7 y m_8 desarrollaron significativamente menor peso en la localidad dos que en la localidad uno; en el caso de los progenitores m_2 , m_3 , m_4 y m_6 , no existen diferencias significativas entre las dos localidades.

Los híbridos $h_1 \times m_1$, $h_1 \times m_3$, $h_1 \times m_5$, $h_1 \times m_6$, $h_1 \times m_7$, $h_2 \times m_3$, $h_2 \times m_4$, $h_2 \times m_5$, $h_2 \times m_6$, $h_2 \times m_7$, $h_3 \times m_1$, $h_3 \times m_3$, $h_3 \times m_6$, $h_3 \times m_7$, $h_4 \times m_1$, $h_4 \times m_2$, $h_4 \times m_6$, $h_4 \times m_7$, $h_5 \times m_6$ y $h_5 \times m_7$ tuvieron significativamente mayor peso que sus respectivos progenitores masculinos. Los demás híbridos no difieren significativamente de sus progenitores masculinos. El híbrido $h_3 \times m_7$ tuvo mayor peso con respecto a su progenitor masculino en ambas localidades.

Cabe notar que no hubo diferencia significativa para menor peso en los híbridos con respecto a sus progenitores masculinos.

El híbrido $h_5 \times m_2$ fué el de menor peso en la localidad uno y el híbrido $h_4 \times m_4$ en la localidad dos; sin embargo, la combinación $h_5 \times m_2$ aparece como la de menor peso en el análisis de varianza combinado, por lo que debe de tomar-

se en cuenta como indeseable y se tiene que considerar el efecto de uno y otro progenitor, ya que en la localidad uno, el híbrido $h_3 \times m_7$ presentó el mayor peso y en la localidad dos, con el mismo efecto aparece el híbrido $h_5 \times m_8$ en donde participa nuevamente la hembra cinco, que ya ha mostrado efectos negativos para esta característica y puede deducirse que el éxito de esta combinación se debe al progenitor masculino m_8 , lo que se confirma en el análisis de varianza combinado, en donde aparece este mismo progenitor (m_8) formando parte del mejor híbrido ($h_2 \times m_8$)

Quinby (1970), reportó que se trabajó con longitud de lámina de hoja y peso de panoja, tanto en progenitores como en híbridos de sorgo, cada entrada se observó en las fechas de iniciación floral y de floración, resultando los híbridos con menor área de lámina de hoja a la fecha de madurez que sus progenitores femeninos, pero no hubo diferencias importantes en lo referente a las hojas entre progenitores e híbridos; las panojas fueron más pesadas y producidas en menor tiempo que sus progenitores. La diferencia más importante entre progenitores e híbridos es el rango de crecimiento en favor de los híbridos, que empieza en el embrión y resultó en panojas más grandes en los híbridos.

Según los resultados de Jan-Orn (1976), se observó que existe heterosis para altura de planta y número de semillas por planta.

Análisis de Varianza Combinado para Dos Localidades en Bloques al Azar.

La fuente de variación localidades (Cuadro 4.2.) presentó diferencias altamente significativas para todas las características, como respuesta a la gran variabilidad entre ambas localidades.

Las repeticiones dentro de localidades mostraron diferencias altamente significativas únicamente para el carácter número de hojas y diferencias significativas para días a floración, altura de planta y excursión de panoja; en lo que se refiere a días a madurez, rendimiento y peso de 1000 semillas no hubo ninguna diferencia significativa, se observa que las características controladas genéticamente con interacción de efectos ambientales fueron las que no presentaron significancia, por lo que se puede asumir que la heterogeneidad del terreno en cada ambiente no llegó a ser grande ya que las respuestas de los tratamientos x repeticiones así lo indican.

Para tratamientos hubo diferencias altamente significativas en seis de las características, con excepción de días a madurez, en la que se encontró diferencias significativas, esto confirma la gran variabilidad que existe entre los genotipos y que dá como consecuencia que se expresen en forma muy variable de acuerdo a la influencia ejercida por los medios ambientes, lo que facilita la selección entre ellos.

En la fuente de variación localidad x tratamiento,

Cuadro 4.2. Análisis de varianza combinado de los siete caracteres medidos de los 48 tratamientos

F. V.	Floración	Maduración	Altura	Hoja	Excursión	Rendimiento	Peso 1000 semillas
Localidad	4632.031**	654.013**	56476.00**	114.988**	5342.333**	168713.207**	656.940**
Rep/Loc	93.923**	58.881ns	714.235 *	3.17 **	33.352*	148.347ns	29.676ns
Tratamientos	105.164**	143.479*	3483.619**	5.122**	119.505**	1646.951**	59.909**
Loc x Trat	93.534**	27.673ns	429.875**	2.585**	51.807**	764.137**	33.319**
Error	32.278	92.676	260.158	0.752	12.720	201.406	13.878

*, ** Significativos estadísticamente el .05 y al .01, respectivamente.

también conocida como interacción genético ambiental, existen diferencias altamente significativas para todas las variables con excepción de días a madurez en la que no hubo ninguna significancia, ésto demuestra que los efectos de interacción genético ambiental son bastante favorables para la expresión diferencial de los genotipos para la mayoría de las características, contribuyendo a facilitar los procesos de selección.

Estimación de Parámetros Genéticos.

En el Cuadro 4.3. se observan los parámetros genéticos calculados para cada localidad para siete características agronómicas de mayor importancia en el cultivo, así mismo sus valores de heredabilidad correspondiente. En la localidad uno las varianzas genéticas tuvieron un rango de 2.17 para el número de hojas hasta 1763.14 para altura de planta lo cual no afecta a las expresiones de heredabilidad, ya que así mismo de amplio fué el rango para las varianzas fenotípicas que van desde 2.35 para el número de hojas hasta 1836.52 para altura de planta, siendo los valores fenotípicos no muy grandes con respecto a los valores genotípicos, lo que demuestra en esta localidad que los valores genéticos de estos materiales tuvieron alta capacidad de expresión fenotípica y como consecuencia los valores de heredabilidad en sentido amplio mostraron altos grados para todas las características, ya que oscilaron entre 71.3 por ciento para días a madurez fisiológica hasta 96.2 por ciento para el número de hojas; tomando en cuenta los valores de la varianza del error que

Cuadro 4.3. Parámetros genéticos de las siete características de sorgo en las dos localidades

Parámetros genéticos	Días a floración	Días a madurez	Altura de planta	Número de hojas	Excursión de panoja	Rendimiento por planta	Peso de 1000 semillas
σ_e^2	16.46	122.20	220.15	0.55	14.31	107.08	19.82
σ_g^2	47.07	101.32	1763.14	2.17	119.57	719.35	53.87
σ_{ph}^2	52.56	142.05	1836.52	2.35	124.34	755.05	60.48
H^2 (%)	89.56	71.32	96.00	92.23	96.16	95.27	89.07
σ_e^2	48.09	63.14	300.15	0.95	11.12	295.72	7.92
σ_g^2	151.62	69.82	2150.35	5.53	51.73	1691.73	39.36
σ_{ph}^2	167.65	90.87	2250.40	5.85	55.44	1790.30	41.99
H^2 (%)	90.48	76.83	94.55	94.56	93.31	94.49	93.70

relativamente fueron bajos para todas las características, los que fueron desde .55 para el número de hojas hasta 122.50 para días a madurez, pudiéndose decir que su efecto no es muy significativo en los verdaderos valores de varianzas genéticas y fenotípicas y como consecuencia de los valores estimados de herédabilidad.

Miller (1968) reportó que en Texas en los días largos de verano (14.5 hr), las combinaciones de alelos dominantes y recesivos en los cuatro loci de los genes para madurez en sorgo, ocasionan un rango de 40-100 días en la floración; pero en Puerto Rico, en los días cortos del verano (11 hr), el rango de la floración es de 42-64 días.

Los genotipos de madurez estudiados indican que la floración de los sorgos ocurre alrededor de la misma fecha en días cortos, pero no es así en días largos, y que la floración en días largos se puede explicar en términos de pocos genes. La respuesta a la madurez en los trópicos, bajo las condiciones descritas, se debe a los días cortos y no a herencia cuantitativa.

Eckebil (1977) hace ver que en tres poblaciones de sorgo para grano con apareamiento al azar usándose como testigo 200 familias S_1 , se estimó heredabilidad y otros parámetros; encontrando que la heredabilidad estimada en el sentido amplio fue alta en todas las poblaciones, para días a floración, altura de planta, rendimiento y peso de la semilla, resultados que concuerdan con los obtenidos en la presente investigación.

En la localidad dos, los parámetros genéticos estimados para todas las características, mostraron la misma tendencia que en la localidad uno, y así mismo los porcentajes de heredabilidad; en lo referente a la varianza genética, esta mostró un rango que va desde 5.53 para el número de hojas hasta 1691.73 para rendimiento por planta; las mismas características mostraron los extremos del rango para varianzas fenotípicas con 5.85 y 1790.30 respectivamente, sin embargo, los valores de heredabilidad definitivamente fueron muy altos en esta localidad, ya que oscilaron desde 76.84 por ciento para días a madurez, hasta 95.55 por ciento para altura de planta y los materiales mostraron la misma tendencia con respecto a sus valores genotípicos y fenotípicos que en la localidad uno.

En el análisis de varianza combinado (Cuadro 4.4.) los parámetros genéticos expresan una estimación más exacta y los valores de heredabilidad sensiblemente mostraron una tendencia a disminuir con respecto a cada una de las localidades, ya que la interacción genotipo ambiente incluida como varianza genética ambiental y agregada al valor fenotípico, disminuye el valor de la varianza genética con respecto a los valores de varianza fenotípica, por lo que estos valores de heredabilidad son más confiables, cuyo rango fué desde 66.85 por ciento para días a floración hasta 93.09 por ciento para altura de planta; sin embargo para las características tan importantes, como rendimiento por planta y peso de 1000 semillas, el porcentaje de heredabilidad mostró ser alto (79.84 y 75.98 por ciento) respectivamente; por lo que es

Cuadro 4.4. Parámetros genéticos del análisis de varianza combinado para los siete caracteres estimados

Parámetros Genéticos	Días a Floración	Días a Madurez	Altura de Planta	Número de Hojas	Excursión de Panoja	Rendimiento por Planta	Peso de 1000 Semillas
σ^2_e	32.278	92.676	260.158	0.752	12.720	201.406	13.878
σ^2_g	105.164	143.479	3483.619	5.122	119.505	1646.951	59.909
σ^2_{ge}	140.301	41.509	644.812	3.877	77.710	1146.205	49.878
σ^2_{ph}	157.310	172.761	3741.916	6.539	147.528	2062.587	78.848
$H^2(\%)$	66.851	83.050	93.097	78.330	81.00	79.848	75.980

de considerarse que estos materiales muestran estabilidad a través de los ambientes para características tan complejas como rendimiento, lo que es muy deseable en el programa de mejoramiento de cualquier cultivo,

Análisis de Varianza por Localidad para
el Diseño II de Comstock y Robinson.

En el Cuadro 4.5. se concentra la información de los análisis de varianza para las dos localidades.

En la localidad uno, para la variable repeticiones, no se encontró ningún tipo de significancia, sin embargo con respecto a los materiales genéticos, sí hubieron respuestas altamente significativas tanto para machos, hembras y machos x hembras, aunque no mostraron las mismas tendencias en todas las características, se encontraron diferencias altamente significativas para progenitores e híbridos en altura de planta, número de hojas, excursión de panoja y rendimiento, sin embargo para días a floración los machos, no mostraron diferencia significativa, pero si las hembras e híbridos que fueron altamente significativos; con respecto al peso de 1000 semillas ni hembras ni machos mostraron diferencias significativas, pero si los híbridos; lo que puede interpretarse como un efecto de heterosis para esta característica y singularmente para días a madurez, los progenitores e híbridos no presentaron diferencias significativas.

143

1977

Cuadro 4.5. Análisis de varianza del diseño dos de Comstock y Robinson para siete características agronómicas en ambas localidades

Loc.	Fuente	Flor	Maduración	Altura	Hoja	Excursión	PPA	Peso 1000 Semillas
L ₁	Repeticiones	14.00	8.90	1175.60	5.51	54.66	99.52	61.93
	Machos	10.50ns	82.04ns	4341.99**	3.82**	310.48**	1699.59**	38.36ns
	Hembras	225.52**	166.38ns	3186.48**	4.69**	163.07**	949.01**	15.36ns
	Macho x Hembra	32.71**	70.18ns	843.42**	1.53**	85.37**	474.78**	43.32**
	Error	16.49	129.38	212.19	0.55	13.97	113.032	20.34
L ₂	Repeticiones	235.35	36.67	460.10	1.79	21.63	204.93	10.52
	Machos	103.85ns	194.96*	5961.76**	12.26**	135.75**	4223.28**	70.59**
	Hembras	591.14**	56.18ns	5390.85**	23.72**	67.59**	2345.81**	39.96**
	Machos x hembras	94.36**	56.36ns	668.77**	1.57ns	31.47**	683.42**	21.29**
	Error	47.76	65.60	323.16	1.06	12.10	310.68	8.08

*, ** significativos al .05 y .01 respectivamente.

De los resultados de este análisis, puede resumirse que existe amplia variabilidad tanto entre machos como entre hembras para las variables bajo estudio; y que los híbridos mostraron ser un reflejo del comportamiento de sus progenitores con excepción del peso de 1000 semillas, en donde, como ya se expresó, superan ampliamente a sus progenitores.

En lo que se refiere a la localización, para progenitores e híbridos, se encontraron diferencias altamente significativas en altura de planta, excursión de panoja, rendimiento y peso de 1000 semillas, con lo que se demuestra que la variabilidad existente, entre progenitores para dichas características, se expresó en forma similar en los híbridos; con lo que es posible hacer una selección parecida entre progenitores e híbridos.

Para la característica número de hojas, tanto entre machos como entre hembras se encontraron diferencias altamente significativas, como una muestra de alta variabilidad entre los progenitores, pero los híbridos mostraron valores no significativos, lo que se puede atribuir a la estabilidad de las combinaciones híbridas, como un reflejo del control genético del carácter, que puede ser debido a un menor número de genes. Respuesta similar se encontró para días a madurez fisiológica debido a que se encontró diferencia significativa entre machos pero no así para hembras e híbridos presentando un efecto diferente, se obtuvo que para la variable días a floración entre machos no existieron diferen-

cias significativas, pero entre hembras e híbridos, se expresa alta significancia, lo que podría asumirse que la expresión de los híbridos se deba a un efecto de la gran variabilidad entre las hembras.

En el trabajo reportado por Ross (1979), en el que se realizaron los siguientes cruzamientos: 3 hembras x 8 machos y 13 hembras x 2 machos, se encontraron diferencias entre el promedio de híbridos sobre machos y hembras, los que fueron significativos para cada tratamiento en un grupo parental. Todos los tratamientos fueron significativos para las entradas híbridas en ambos experimentos, resultados que concuerdan con los obtenidos en la presente investigación, en lo que se refiere a híbridos ya que se encontraron diferencias altamente significativas para todas las características en la localidad uno, con excepción de días a madurez y en la localidad dos, excluyendo a las variables días a madurez y número de hojas.

Análisis de Varianza Combinado para Ambas Localidades Según el Diseño Dos de Carolina del Norte (Comstock y Robinson 1948).

En el Cuadro 4.6. se observa que la fuente de variación localidades, como era de esperarse, por la gran variabilidad entre los dos ambientes, presentó diferencias altamente significativas para seis características, lo que re -

Cuadro 4.6. Análisis de varianza combinado del diseño dos de Comstok y Robinson para las siete variables.

F.V.	Floración	Maduración	Altura	Hoja	Excursión	PPA	Peso 1000 Semillas
Localidad	4498.00 **	377.504ns	47940.266**	89.304**	4007.221**	155610.504**	341.603**
Rep/Loc.	124.68 **	22.791**	817.858*	3.656**	38.152*	152.229ns	36.223*
h	402.67 **	127.629ns	7796.281**	23.494**	192.577**	2030.294**	34.879*
m	63.289*	202.594*	9359.019**	7.940**	343.269**	2808.940**	91.605**
h x m	77.63 **	111.410ns	1150.085**	1.982**	66.926**	743.411**	27.742**
L x h	414.00 **	94.941ns	781.462*	4.930**	38.093*	1264.537**	20.455ns
L x m	52.17 ns	24.418ns	764.746**	8.151**	102.969**	2115.938**	17.361ns
L x h x m	49.449*	15.141ns	362.107ns	1.127ns	49.923**	414.796**	36.870**
Error	32.127	97.496	267.683	0.806	13.037	211.856	14.215

*, ** significativos estadísticamente al .05 y .01 respectivamente.

fleja la presión ambiental para cada uno de los genotipos, tanto progenitores como híbridos. Para días a madurez no hubo significancia, lo que se puede atribuir a la respuesta de las hembras, de los híbridos (h x m), y a las interacciones de los progenitores y de los híbridos x localidades (Lxh, Lxm, Lxhxm).

Las repeticiones dentro de localidades presentaron diferencias altamente significativas para días a floración, días a madurez y número de hojas y diferencias significativas para altura de planta, excursión de panoja y peso de 1000 semillas; en rendimiento no se encontró diferencia significativa, pero debe tomarse en consideración que es un carácter con control genético complejo por lo que no hay un efecto definitivo atribuible.

Las hembras mostraron diferencias altamente significativas para cinco características, tales como días a floración, altura de planta, número de hojas, excursión de panoja y rendimiento y diferencia significativa para peso de 1000 semillas; esto corrobora la amplia variabilidad que existe entre ellas, sin embargo, para días a madurez, las hembras no presentaron ninguna diferencia significativa.

Los progenitores masculinos, tuvieron diferencias significativas para días a floración y días a madurez fisiológica y diferencias altamente significativas para las demás características, lo que demuestra que en ambas localidades, la variabilidad entre ellos, tuvo alta expresión.

Los híbridos (h x m), mostraron diferencias altamente significativas para todas las variables, a excepción de días a madurez, lo que demuestra gran variabilidad entre ellos, en ambas localidades y un efecto de las hembras para días a madurez, expresándose como una característica estable de estos progenitores, la que puede tomarse en consideración, de acuerdo al interés del programa con respecto al deseo de establecer fechas de cosecha en las diferentes localidades.

El efecto de localidades sobre progenitores e híbridos, demuestra que en las hembras, las localidades influyeron en forma altamente significativa para días a floración número de hojas y rendimiento y significativamente para altura de planta y excursión de panoja, sin embargo no hubo ningún efecto para días a madurez y peso de 1000 semillas, en base a esto, las hembras pueden ser seleccionadas para los grados de alta significancia o significancia observados y la madurez y el peso de 1000 semillas no se debe de considerar por su falta de importancia.

Los machos tuvieron un efecto de localidades altamente significativo para altura de planta, número de hojas, excursión de panoja y rendimiento, con lo cual estas características deben de ser la pauta para la selección entre ellas, debido a que para el resto de variables no hubo ningún efecto considerable.

El efecto de los ambientes sobre los híbridos (Lxhxm) se presentó con alta significancia para tres caracteres;

excursión de panoja, rendimiento y peso de 1000 semillas y con diferencias significativas para días a floración, los híbridos no mostraron efectos considerables para las otras características, por lo que se puede tomar en cuenta que el rendimiento y el peso de 1000 semillas son características muy importantes para seleccionar los híbridos después de cosecha y la excursión y floración son características de campo importantes para selección de los mismos.

Estimación de Componentes de Varianza.

Smith y Lambert (1968), consideran que el conocimiento de los sistemas genéticos que controlan a un carácter determinado es de considerable importancia, pues las predicciones en base al comportamiento de un carácter controlado por un sistema aditivo, es de esperar que sean más confiables que las predicciones de caracteres controlados por sistemas no aditivos.

En general, la información sobre los tipos de acción génica en cereales de grano pequeño, para rendimiento y componentes del mismo, es muy limitada, sin embargo, algunos investigadores reportan que las estimaciones de aptitud combinatoria en cereales, están demostrando que una gran parte de la varianza genética total para rendimiento y otros caracteres agronómicos está asociada a la ACG y es por lo tanto del tipo aditivo.

Los parámetros genéticos integrantes de las varianzas de los análisis según el modelo de Comstock y Robinson para cada localidad; el Cuadro 4.7. muestra los valores corres

Cuadro 4.7. Componentes de variancia del diseño dos de Comstok y Robinson

Loc.	Fuente	Floración	Maduración	Altura	Hoja	Excursión	PPA	Peso 1000 Semillas
L ₁	σ_e^2	16.4955	129.3869	212.1980	0.552589	13.9707	113.03271	20.3474
	$\hat{\sigma}_{mh}^2$	5.4064	-19.7345	210.4075	0.326969	23.8028	120.5848	7.65781
	$\hat{\sigma}^2h$	8.03397	4.0083	97.62777	0.131785	3.23722	19.75954	-1.164648
	$\hat{\sigma}^2m$	-1.4804	0.79087	233.2382	0.15282	15.0067	81.65412	0.33007
L ₂	σ_e^2	47.76004	65.60662	323.16816	1.06010	12.10419	310.6801	8.09304
	$\hat{\sigma}_{mh}^2$	15.53494	-3.07939	115.20148	0.171938	6.45552	124.24685	4.402906
	$\hat{\sigma}^2h$	20.69920	-0.007539	196.72857	0.923029	1.50530	69.26642	0.778055
	$\hat{\sigma}^2m$	0.632738	5.906547	352.8662	0.71265	6.952517	235.9906	3.286955

pondientes a progenitores como componentes aditivos de varianza y a las combinaciones híbridas como valores no aditivos, con expresiones de dominancia o no dominancia.

En la localidad uno, se observa que los valores de varianzas entre progenitores masculinos, para las características más importantes como rendimiento, altura de planta, número de hojas y excersión de panoja, son sensiblemente mayores que para las demás características, mostrando la amplia variabilidad existente entre ellos.

Para progenitores femeninos y para las mismas características, existen valores bajos para rendimiento y excersión de panoja y en grado un poco superior para el número de hojas y altura de planta, por lo que el efecto ambiental sobre las hembras es menor que sobre los machos en esta misma localidad; la varianza aditiva para las mismas cuatro características (Cuadro 4.8.) tuvo un rango de 43.39 por ciento a 61.12 por ciento y la varianza de dominancia un rango de 38.87 por ciento a 56.61 por ciento y se observa que relativamente son mayores los efectos de las combinaciones híbridas, ya que a excepción de altura de planta, los porcentajes de varianza de dominancia fueron mayores que los de varianza aditiva, con lo cual los híbridos en esta localidad tienen mayor expresión; y se observa que la relación entre la heredabilidad en sentido amplio y estricto (Cuadro 4.9.) casi se encuentra en una proporción de 2:1, pero aún así, la heredabilidad en sentido estrecho para rendimiento (30.27 por ciento), es considerablemente alta y factible de hacer selección para este carácter en esta localidad.

Cuadro 4.8. Porcentajes de Varianzas Genéticas.

Loc.	Fuente	Floración	Madurez	Altura	No.Hojas	Excursión	Rendimiento	Peso 1000 Semillas
L ₁	σ^2_A	54.79	-32.13	61.12	46.53	43.39	45.68	-24.26
	σ^2_D	45.20	132.135	38.87	53.46	56.61	54.31	124.31
	$\sigma^2_{\sigma m}$	-12.37	-12.37	43.09	34.98	35.69	36.78	- 5.35
	σ^2_h	67.17	-26.83	18.03	21.54	7.70	8.90	-18.90
L ₂	σ^2_A	57.86	209.91	82.67	90.53	56.71	71.07	48.01
	σ^2_D	42.14	-109.57	17.32	9.46	43.28	28.92	51.99
	$\sigma^2_{\sigma m}$	1.71	199.50	53.07	39.42	46.62	54.94	38.82
	σ^2_h	56.14	- 0.26	29.59	51.10	10.09	16.12	9.18

Cuadro 4.9. Porcentajes de Heredabilidad en el Sentido Amplio (H^2) y en el Sentido Estrecho (h^2) y Estimación del Grado Promedio de Dominancia.

Loc.	Fuente	Floración	Madurez	Altura	No.Hojas	Excursión	Rendimiento	Peso 1000 Semillas
L ₁	H^2	42.03	-13.04	71.83	52.53	75.05	66.26	23.27
	h^2	28.23	4.19	43.91	13.12	32.57	30.27	1.23
	(\bar{a})	1.28	0	1.12	1.11	1.61	1.54	0
L ₂	H^2	43.55	4.10	67.28	63.01	55.19	58.02	51.15
	h^2	25.20	8.62	55.62	57.04	31.30	41.24	24.56
	(\bar{a})	1.20	0	0.64	0.45	1.23	0.90	1.47

En la localidad dos, en forma general, los porcentajes de varianza aditiva, fueron superiores a los de la localidad uno y relativamente altos para todas las características, y como consecuencia la heredabilidad en sentido estrecho para características tan importantes como rendimiento (41.24 por ciento), número de hojas (57.04 por ciento) y altura de planta (55.62 por ciento) fué muy alta, sin importar el efecto ambiental, con lo que se demuestra que en esta localidad se puede trabajar más fácilmente, aprovechando los efectos genéticos entre los genotipos, con poca influencia ambiental.

Burton (1951), encontró valores de heredabilidad para el peso de 100 semillas entre 66 y 87 por ciento, resultados que no concuerdan con la presente investigación al igual que los encontrados por Zavala (1982), para días a floración (76-85 por ciento), días a madurez (68-91 por ciento), altura de planta (92-94 por ciento), peso de 200 gramos (59-83 por ciento), rendimiento (56-63 por ciento), aunque si se encuentran dentro del rango encontrado para las variables ejercicio de panoja (28-34 por ciento) y número de hojas (47 por ciento), pero los resultados de este trabajo sí se encontraron relacionados con los reportados por Liang y Walter (1968) que encontraron heredabilidades para altura de planta desde 28 a 85 por ciento y para rendimiento de grano desde 16 por ciento hasta 90 por ciento.

Jan-Orn (1976), menciona que trabajando en caracteres cuantitativos en medios hermanos, hermanos completos y

familias S_1 , en donde se hicieron estimaciones de heredabilidad en base a plantas individuales, se obtuvo para días a floración (88 por ciento), para altura de planta (71 por ciento) y para rendimiento (9 por ciento) de acuerdo con estos resultados, la heredabilidad estimada para rendimiento, es mayor la obtenida en el desarrollo de esta tesis.

Los grados promedio de dominancia, para las características agronómicas de mayor importancia, como rendimiento, altura de planta y número de hojas, mostraron valores de sobredominancia en la localidad uno, sin embargo, para los mismos caracteres en la localidad dos, se observa dominancia parcial en rendimiento, igualmente para número de hojas y altura de planta.

El carácter altura de planta en la localidad dos, presentó dominancia parcial, en concordancia con los resultados de Quinby (1970), expresando que la altura es parcialmente dominante, ya que el gen menor de los cuatro, para este carácter es poco estable, en lo que se refiere a algunos alargamientos y encogimientos de la planta.

En la localidad uno hubo valores negativos en las estimaciones de la varianza aditiva para días a madurez (-32.13) y para peso de 1000 semillas (-24.26); en la localidad dos, la varianza de dominancia estimada para días a madurez también resultó con valor negativo (-109.57), lo que se debe a que en determinadas circunstancias, no se satisfacen los supuestos bajo los que se realiza el trabajo. Cuando esto ocurrió se siguió la metodología empleada por

Velazco (1980), en la que se considera el signo, cuando la varianza participó en alguna suma algebraica como en el cálculo de la varianza genética total o en la varianza fenotípica. También se tomó en cuenta el método seguido por Vargas (1980), en el que al momento de utilizar directamente las varianzas negativas, éstas se consideran como varianza cero como sucedió en el cálculo de la heredabilidad en el sentido estrecho o el grado promedio de dominancia para las variables citadas anteriormente.

Las metodologías antes mencionadas también fueron utilizadas en el trabajo realizado por Zavala (1982).

Efectos de Aptitud Combinatoria General y Específica.

Entre los progenitores femeninos (Cuadro 4.10.) en la localidad uno, la hembra cuatro demostró mayor aptitud combinatoria general (ACG), para las características rendimiento, altura de planta y número de hojas; la hembra dos para peso de 1000 semillas, días a madurez y excursión de panoja y la hembra tres para días a floración; de lo anterior se puede deducir que la hembra cuatro muestra estabilidad para las características más importantes del cultivo en esta localidad y debe de tomarse en consideración a la hembra dos, para la característica peso de 1000 semillas y días a madurez, con lo cual se puede seleccionar a estas hembras (cuatro y dos), para formar híbridos con buenas medias para las características citadas.

Con respecto a los progenitores masculinos el macho ocho formó parte de las combinaciones con mejor ACG para

Cuadro 4.10. Efectos de Aptitud Combinatoria General y Específica.

Loc.	Característica	P R O G E N I T O R E S				
		Hembras		Machos		
		Precoz	Precoz	Precoz	Precoz	
				Híbridos	Precoz	
L ₁	Días a floración	H ₃ = 3.00	M ₆ = 1.55			h ₅ x m ₇ = 5.89
	Días a madurez	H ₂ = 4.61	M ₅ = 3.00	H ₄ = -2.00	M ₃ = -3.52	h ₂ x m ₃ = 9.98
	Altura de planta	H ₄ = 15.42	M ₈ = 34.44			h ₄ x m ₈ = 42.50
	Número de hojas	H ₄ = 0.51	M ₈ = 0.93			h ₄ x m ₆ = 1.62
	Excursión de panoja	H ₂ = 3.73	M ₁ = 6.04			h ₅ x m ₆ = 8.07
	Rendimiento	H ₄ = 11.13	M ₈ = 22.48			h ₂ x m ₈ = 32.74
	Peso de 1000 semillas	H ₂ = 0.42	M ₁ = 3.22			h ₅ x m ₈ = 8.23
L ₂	Días a floración	H ₃ = 5.58	M ₇ = 4.20			h ₁ x m ₆ = 13.07
	Días a madurez	H ₃ = 1.25	M ₅ = 3.85	H ₁ = -2.66	M ₁ = -3.55	h ₃ x m ₅ = 6.81
	Altura de planta	H ₃ = 21.70	M ₈ = 35.25			h ₂ x m ₄ = 37.92
	Número de hojas	H ₄ = 1.14	M ₇ = 1.59			h ₂ x m ₄ = 1.22
	Excursión de panoja	H ₂ = 2.73	M ₁ = 4.06			h ₄ x m ₃ = 5.28
	Rendimiento	H ₃ = 12.29	M ₈ = 19.38			h ₂ x m ₄ = 23.04
	Peso de 1000 semillas	H ₁ = 1.18	M ₈ = 2.79			h ₃ x m ₁ = 5.79
						h ₅ x m ₅ = -8.51

rendimiento, altura de planta y número de hojas y el macho uno para peso de 1000 semillas y excursión de panoja, encontrándose el macho cinco con la mejor ACG para días a madurez y al macho seis para el mismo efecto en días a floración; definitivamente el macho ocho es el mejor para efectos de ACG de las características más importantes y en segundo lugar el macho uno, con importancia en el peso de la semilla; los machos cinco y seis pueden integrar cruza con buenas medias en lo que se refiere a floración y madurez tardía, cuando el interés en esa localidad sea orientado hacia ese aspecto.

Los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) estimados en esta localidad demostraron, que el híbrido formado por la hembra ²cinco y el macho ocho, fué el mejor para rendimiento y el formado por la hembra ⁵dos y el macho ocho, fue superior a los demás para el peso de 1000 semillas; entre las combinaciones híbridas más importantes en la localidad, se encuentra al macho ocho formando parte de tres de las más importantes, tales como rendimiento ($h_5 \times m_8$), altura de planta ($h_1 \times m_8$), y peso de 1000 semillas ($h_2 \times m_8$), siendo el progenitor masculino que aparece más veces entre los mejores híbridos; así mismo para las hembras, la número cinco formó parte también de cuatro combinaciones con mejor ACE entre las que tenemos al rendimiento ($h_5 \times m_8$) días a floración ($h_5 \times m_7$), excursión de panoja ($h_5 \times m_6$) y precocidad ($h_5 \times m_5$); la hembra cuatro formó parte de 2 combinaciones con la mejor ACE para altura de planta y número de hojas y la hembra dos, también participó

en los mejores efectos de ACE para peso de 1000 semillas y días a madurez, de esto se puede deducir que en esta localidad, la hembra cinco es uno de los progenitores más desea- bles por sus efectos de ACE y el macho ocho también por la misma causa, cabe aclarar que en forma particular, los pro- genitores más precoces para ACE fueron la hembra cuatro y el macho tres.

En la localidad dos, los efectos de ACG denotaron que la hembra tres, es la mejor con respecto a rendimiento, altura de planta, días a floración y días a madurez, obser- vándose que las hembras cuatro y dos tuvieron mayor ACG pa- ra número de hojas y excursión de panoja respectivamente, lo que confirma su capacidad para transmitir estas caracte- rísticas, ya que en la localidad uno también fueron superio- res para las mismas. La hembra uno fue superior en sus me- dias de cruzamientos en lo referente al peso de 1000 semi- llas.

Con respecto a los machos en esta localidad, el nú- mero ocho mostró la mejor ACG para tres características co- mo rendimiento, altura de planta, y peso de 1000 semillas con lo que se confirma su capacidad como un progenitor muy deseable y con alta capacidad para transmitir sus efec- tos, especialmente en rendimiento y altura de planta, como lo hizo en ambas localidades y además el peso de 1000 semi- llas es otra característica muy deseable y expresada entre las medias de las cruza de este progenitor en esta locali- dad. El macho siete presentó mejor ACG para dos caracte^ris

ticas, número de hojas y días a floración, lo que se puede deber a un efecto enteramente genético ambiental, ya que solamente en esta localidad aparece con estos valores; sin embargo, los machos cinco y uno que tuvieron la mejor ACG para días a madurez excersión de panoja respectivamente, fueron los mismos que tuvieron los mejores valores para las mismas características en ambas localidades.

En lo que se refiere a la ACE, la hembra dos aparece en tres combinaciones tales como peso de 1000 semillas, número de hojas, y altura de planta y la hembra tres en dos combinaciones correspondientes a rendimiento y días a madurez, las hembras uno y cuatro formaron parte de los mejores híbridos para días a floración y excersión de panoja; cabe hacer notar que así mismo, el macho cuatro se encuentra en tres de las mejores combinaciones y los machos uno, cinco, tres y seis en una combinación cada uno, se observa en esta localidad, que el mejor híbrido es el formado por la hembra dos y el macho cuatro porque mostró mejor ACE para altura de planta, número de hojas y peso de 1000 semillas; sin embargo, con respecto a rendimiento se recomendaría el híbrido $h_3 \times m_1$.

El efecto de precocidad demostró para ACG que en esta localidad, la hembra más precoz fué la uno al igual que el macho uno y el híbrido con el mismo efecto el $h_5 \times m_5$ aclarando que este mismo híbrido fué el más precoz en ambas localidades, efecto que debe de tomarse mucho en cuenta, cuando el interés del programa sea hacia estos fines, aun -

que el macho cinco en ambas localidades tuvo mayor ACG para madurez (tardío), con lo que se puede deducir que la precocidad del híbrido $h_5 \times m_5$ podría deberse a un efecto fuerte del progenitor femenino, sin embargo, la hembra cinco no fue la más precoz en ninguna de las localidades, por lo que también se debe de considerar que el efecto debe de ser una consecuencia de la recombinación génica proporcionada en la formación del híbrido (Cuadros 7A a 15A en Apéndice),

Correlaciones.

El análisis de covarianza para todas las características demostró que existen correlaciones muy importantes a considerarse en el fitomejoramiento de este cultivo. (Apéndice, cuadros 5A y 6A). Los días a floración tienen una correlación positiva y altamente significativa con el número de hojas ($r=.650$) y la altura de planta se encuentra correlacionada positiva y altamente significativa con el número de hojas ($r=.618$), de la misma forma con el rendimiento ($r=.713$) y con el peso de 1000 semillas ($r=.653$); el número de hojas también mostró una correlación positiva y altamente significativa con el rendimiento ($r=.639$) e igualmente con el peso de 1000 semillas ($r= .392$); y como era de esperarse el rendimiento presentó una correlación positiva y altamente significativa con el peso de 1000 semillas ($r=.743$) de acuerdo con estas correlaciones se pueden hacer selecciones indirectas a través de los fenotipos que poseen buena altura y mayor número de hojas, de igual forma para rendimiento y peso de 1000 semillas, ya que estas característi -

cas fenotípicas son una alta expresión de los genotipos.

En el trabajo reportado por Ekebil (1977), en tres poblaciones de sorgo para grano con apareamiento aleatorio, utilizando 200 familias S_1 como testigo; se estimaron correlaciones genéticas encontrándose que el rendimiento por unidad de área estuvo mejor correlacionado con rendimiento por panoja, porcentaje de trilla; y con altura de planta. La correlación entre rendimiento y altura de planta concuerda con la presente investigación, ya que se encontró una correlación positiva y altamente significativa en las dos localidades, también concuerda la correlación negativa encontrada entre días a floración con rendimiento en la localidad uno.

Zavala (1982), en su tesis, reportó correlaciones que se encuentran de acuerdo a la presente investigación, entre las que tenemos una correlación positiva y altamente significativa entre rendimiento con altura de planta ($r=0.40$) y con el número de hojas ($r=0.46$) en ambas localidades, encontró correlaciones positivas y altamente significativas entre excursión de panoja con número de hojas ($r=-0.36$) que concuerdan en ambas localidades del presente trabajo y correlaciones altamente significativas y negativas entre excursión de panoja con días a floración ($r=-0.42$) resultado que se encuentra en relación a la localidad dos.

Grado de Enfermedad

En ambas localidades se presentaron las siguientes enfermedades: Tizón de la hoja (Helminthosporium turcicum),

carbón de la panoja (Sphaceloteca reiliana), Mildiú vellosa o cenicilla (Sclerospora sorghi) y mancha bacteriana de la hoja (Pseudomonas siryngeae).

El tizón de la hoja tuvo mayor incidencia, aunque la mayoría de los sorgos para grano son considerados resistentes; en menor escala pero con cierto valor considerable hubo ataque del carbón de la panoja y como patógenos incidentes se presentaron el mildiú vellosa y la mancha bacteriana de la hoja, debido a lo antes explicado, los valores de grado de enfermedad tanto para progenitores como para híbridos son más significativos con respecto al ataque de H. turcicum.

En la localidad uno, el progenitor masculino más resistente fué el m_2 , enmarcado con una clasificación de 1.33, mientras que el m_4 resultó ser el más susceptible con una lectura de 3.55; dentro de los híbridos el más resistente fué el $h_4 \times m_8$ con 1.33 y los más susceptibles el $h_1 \times m_7$ y $h_2 \times m_4$ con 3.66, es importante hacer notar que el híbrido más susceptible $h_2 \times m_4$ tiene como progenitor masculino al más susceptible en esta localidad; pero también se observa que los híbridos $h_1 \times m_2$ y $h_3 \times m_2$ descendientes del progenitor masculino de mayor resistencia (m_2), mostraron mayor grado de enfermedad que este, y eso debe de considerarse como una falta de transmisión genética de la resistencia a enfermedades a través de ese macho, sin embargo dos híbridos integrados por $h_1 \times m_4$ y $h_5 \times m_4$ presentaron menor grado de enfermedad que su progenitor masculino que fué el

más susceptible, con lo cual no queda claro a que se debe la resistencia en sí, por lo que sería conveniente en esta localidad hacer estudios orientados a dilucidar este aspecto.

En la localidad dos, los híbridos tuvieron un leve incremento a la resistencia a enfermedades con respecto a la localidad uno, con lecturas de 3.33 y 3.66 respectivamente sin embargo el m_4 presentó el más alto grado de susceptibilidad con 4.33, corroborándose así que fue el más susceptible en ambas localidades y el m_2 ocupó el tercer lugar en resistencia (2.00), no siendo consistente su comportamiento para ambas localidades; lo que se observa es que algunos progenitores masculinos sí tuvieron diferentes expresiones con respecto a resistencia como es el caso del m_3 que fue de los más susceptibles en la localidad uno y es uno de los más resistentes en la localidad dos; el efecto de resistencia no parece ser de gran influencia del macho, ya que el m_4 aparece en cinco de las combinaciones más resistentes con diferentes hembras en esta localidad, sin embargo, con respecto a las hembras, se encuentra una mayor incidencia de resistencia, ya que se observa que la hembra cuatro formó parte de cinco híbridos entre los más resistentes, combinados con diferentes progenitores masculinos, y con la misma tendencia se mostraron las hembras tres y cinco, formando parte cada una de ellas de cuatro de los híbridos más resistentes, por lo que podría considerarse que la consistencia a la resistencia podría deberse al comportamiento de la hembra. Los híbridos $h_1 \times m_4$, $h_4 \times m_8$ y

$h_5 \times m_8$ tienen menor grado de enfermedad que sus respectivos progenitores masculinos en las dos localidades.

De acuerdo a la resistencia a enfermedades de los diferentes híbridos puede concluirse que las hembras tres, cuatro y cinco deben considerarse para la formación de los mis-mos.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

En el año de 1980 por medio de un sistema de apareamiento dialélico parcial se obtuvo las cruzas entre cinco progenitores femeninos (androestériles) y ocho progenitores masculinos (restauradores); en 1981, los híbridos, como sus progenitores masculinos se evaluaron en dos localidades: Los Cerritos Coahuila (L_1) y Río Bravo Tamaulipas (L_2), sembrándose el 5 de Junio y el 6 de Marzo respectivamente. El modelo estadístico empleado en los experimentos fue el de bloques al azar con tres repeticiones en ambas localidades.

Los progenitores como sus híbridos se analizaron por medio del diseño genético estadístico dos de Comstock y Robinson (1948).

Los análisis individuales de varianza indicaron diferencias altamente significativas entre tratamientos para casi todas las características con excepción de días a madurez.

Los valores de diferencia mínima significativa (DMS) mostraron que los híbridos de la localidad dos, fueron más precoces para días a floración y madurez fisiológica y superiores en altura de planta, número de hojas y rendimiento aunque tuvieron menores valores de excursión y peso de 1000 semillas que los de la localidad uno. En la localidad dos,

se pueden seleccionar genotipos en base a su rendimiento asociado con altura de planta y número de hojas.

El análisis de varianza combinado mostró diferencias altamente significativas entre genotipos y en la interacción genotipo-ambiente, demostrando gran variabilidad entre los genotipos y su respuesta diferencial a la presión ambiental, lo que facilita la selección, tanto entre genotipos y entre ambientes.

Los parámetros genéticos estimados por el diseño experimental mostraron similitud en ambas localidades con respecto a la relación entre varianzas genotípicas y fenotípicas, consecuentemente los porcentajes de heredabilidad en sentido amplio fueron considerablemente altos para todas las características, mostrando un gran valor genético en las expresiones fenotípicas.

En el análisis combinado, los valores de heredabilidad estuvieron dentro de un rango de 66.85 a 93.07 por ciento, correspondientes a días a floración y altura de planta y para las características más importantes como rendimiento y peso de 1000 semillas fueron de 79.84 y 75.85 por ciento.

Los híbridos analizados a través del diseño genético, exceptuando días a madurez en la localidad uno y de esta misma y de número de hojas en la localidad dos, mostraron diferencias altamente significativas para las demás características; para rendimiento, tanto progenitores como híbridos, presentaron un comportamiento similar.

En el análisis genético combinado, las hembras pre-

sentaron diferencias altamente significativas y significativas para todas las características con excepción de días a madurez; los machos mostraron diferencias altamente significativas y significativas para todas las características y los híbridos se comportaron similarmente, exceptuando días a madurez fisiológica. La fuente de variación genotipo-medio ambiente (Lxhxm) no mostró ningún efecto de significancia para días a madurez, altura de planta y número de hojas por lo que no se recomienda usar estos caracteres para hacer selección, sin embargo, para el resto de características hubo diferencias significativas y altamente significativas.

La heredabilidad en el sentido estricto para rendimiento fué mayor en la localidad dos ($h^2=41.24$ por ciento) que en la localidad uno ($h^2=30.27$ por ciento), con lo que se concluye que en la localidad dos, se pueden aprovechar los efectos genéticos debido a que hay menor influencia ambiental.

Las características días a floración y excersión de panoja, presentaron efecto de sobredominancia en ambas localidades, sucediendo lo mismo en la localidad uno para las variables altura de planta, número de hojas y rendimiento y en la localidad dos para peso de 1000 semillas.

En la localidad uno presentaron los mejores valores de ACG las hembras dos y cuatro y los machos uno y ocho; la estimación de la ACE, mostró que el mejor híbrido para rendimiento fué el $h_2 \times m_8$ y para peso de 1000 semillas el

$h_5 \times m_8$.

En la localidad dos, para los efectos de ACG, los mejores fueron, la hembra tres y los machos siete y ocho y para ACE en rendimiento y peso de 1000 semillas los híbridos $h_2 \times m_4$ y $h_3 \times m_1$.

Se encontró correlaciones positivas y altamente significativas entre rendimiento y altura de planta ($r=.713$), número de hojas ($r=.639$) y con peso de 1000 semillas ($r=.743$), considerando estas correlaciones se puede hacer selección indirecta para rendimiento a través de genotipos altos con suficiente follaje en condiciones de campo y para peso de 1000 semillas en condiciones de laboratorio.

LITERATURA REVISADA

- Allard, R. W. 1975. Principios de la mejora genética de las plantas. 4 ed. Omega. Barcelona, España. 498 p.
- Arevalo N., M., J. Molina G. y A. Molina G. 1974. Estimación de parámetros genéticos para once caracteres de cebada maltera (Hordeum vulgare L.) mediante el análisis de cruza dialélicas. Agrociencia No. 16: 97-109. Chapingo, México.
- Brauer, O. 1978. Fitogenética aplicada. LIMUSA. México 518 p.
- Castillo G., F. 1980. El rendimiento de grano en sorgo {Sorghum bicolor (L) Moench.} su relación con los períodos del desarrollo y otros caracteres. Efectos de aptitud combinatoria. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 174 p.
- Escobar P., R., J. Molina G. y E. Casas D. 1972. Una extensión del diseño dialélico incluyendo (n-1) veces cada progenitor y su aplicación en trigo. Agrociencia Serie B (8): 179-190. Chapingo, México.
- Falconer, D.S. 1980. Introducción a la genética cuantitativa. CECSA. México P. 303-304.
- Finkner, R.E., M.D. Finkner, B.A. Rojas and N.R. Malm. 1976. Combining abilities and heritability from incomplete diallel systems in grain sorghum. The New Mexico State University. Bulletin 642. New Mexico, U.S.A. 11 p.
- Gilbert, N.E. 1958. Diallel cross in plant breeding Heredity. 12: 477-489. U.S.A.
- Galarza S., M., H. Angeles A. y J. Molina G. 1973. Estudio comparativo entre la prueba de líneas per-se y prueba de mestizos para evaluar aptitud combinatoria general de líneas S₁ de maíz (Zea mays L.). Agrociencia. 11:127-139. Chapingo, México.

- Hadley, H.H. 1957. An analysis of variation in height in sorghum. *Agron. J.* 49 (3): 144-147. U.S.A.
- Hallauer, A.R., and J. Miranda B. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University. Iowa, U.S.A. 468 p.
- House, L.R. 1982. El Sorgo. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 427 p.
- Jan-Orn, J., C.O. Gardner and W.M. Ross. 1976. Quantitative genetic studies of the NP3R random-mating grain sorghum population. *Crop Sci.* 16(4):489-496. U.S.A.
- Karper, R.E. and J.R. Quinby. 1963. Sugary endosperm in sorghum. *J. Heredity.* 54 (3): 121-126. U.S.A.
- Loma, J.L. de la. 1982. Experimentación Agrícola. 2 ed. Uteha. México. 490 p.
- Lalama H., M., F. Márquez S., y E. Villegas. 1972. Estudio de la acción génica en cinco características de calidad de trigo, estimada por cruzamientos dialélicos entre ocho variedades. *Agrociencia.* No. 8: 92-93. Chapingo, México.
- Luna F., M., J. Molina G., y H. Angeles A. 1973. Comparación de métodos para evaluar aptitud combinatoria general de líneas de maíz (*Zea mays* L.) en relación al tamaño de muestra del probador. *Agrociencia.* No. 11:31. Chapingo, México.
- Miller, F.R., J.R. Quinby and H.J. Cruzado. 1968. Expression of known maturity genes of sorghum in temperature and tropical environments. *Crop. Sci.* 8 (6):675-677. U.S.A.
- Poehlman, J.M. 1979. Mejoramiento genético de las cosechas. LIMUSA. México. p. 301-315.
- Quinby, J.R. 1966. Fourth maturity gene locus in sorghum. *Crop. Sci.* 6 (6):516-518. U.S.A.
- _____ 1967. The maturity genes of sorghum. *Adv. Agr.* 19:267-304. U.S.A.
- _____ 1970. Leaf and panicle size of sorghum parents and hybrids. *Crop. Sci.* 10(3): 251-254. U.S.A.
- _____ 1972. Influence of maturity genes on plant growth in sorghum. *Crop. Sci.* 12(4): 490-492. U.S.A.
- _____ 1975. The genetics of sorghum improvement. *J. Heredity.* 66(2): 56-62. U.S.A.

- Quinby, J.R., and R.E. Karper. 1954. Inheritance of height in sorghum. *Agron. J.* 46(5):211-216. U.S.A.
- _____ 1961. Inheritance of duration of growth in the milo group of sorghum. *Crop. Sci.* 1(1):8-10. U.S.A.
- Reyes C., P. 1983. *Bioestadística Aplicada*. Trillas. México. 216 p.
- Ross, W.M. 1976. Quantitative characteristics of five Sorghum bicolor (L). Moench. Random-mating populations. *Maydica.* 21:177-186. U.S.A.
- Ross, W.M., and K.D. Kofoid. 1978a. Determining 1000-seed weight in grain sorghum. *Crop. Sci.* 17(3):507-508. U.S.A.
- _____ 1978b. Evaluation of grain sorghum R lines with a single cross vs. inbred line testers. *Crop. Sci.* 18(4):670-672. U.S.A.
- Ross, W.M., H.J. Gorz., F.A. Haskins and K.D. Kofoid. 1979. Combining ability in forage sorghum hybrids. *Maydica.* 24:83-93. U.S.A.
- Sprague, G.F. 1960. *Mejoramiento del maíz. Programa cooperativo centroamericano para el mejoramiento del maíz.* México. 64 p.
- Strickberger, M.W. 1976. *Genética.* Omega. Barcelona, España. p. 832-835.
- Stephens, J.C., and J.R. Quinby. 1952. Yield of a hand produced hybrid sorghum. *Agron. J.* 44(5):231-233. U.S.A.
- Smith, E.L., and J.W. Lambert. 1968 Evaluating of early generation testing in spring barley. *Crop. Sci.* 8(4):490-403. U.S.A.
- Vargas S., J.E. 1979. Efecto de la selección masal en los parámetros genéticos de la variedad de maíz Zac. 58 y respuesta a diversos métodos de selección. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma de Chapingo, México. p. 20-60, 90, 93-98.
- Velasco L., P.J. 1980. Estimación de parámetros genéticos de caracteres agronómicos de trigo (Triticum aestivum L.) en diferentes condiciones ambientales. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. p. 44, 49, 84-90.
- Voigt, R.L., C.O. Gardner and O.J. Webster. 1966. Inheritance of seed size in sorghum, Sorghum vulgare Pers. *Crop. Sci.* 6(6):582-586. U.S.A.

APENDICE

Cuadro 1A. Medias por tratamiento (L₁).

Tratamiento	Cruza	Días a Floración	Días a Madurez	Altura	No. de Hojas	Excursión	Rendimiento	Peso de 1000 semillas
1	1 x 1	77.00	103.33	113.00	6.46	23.60	18.99	28.00
2	1 x 2	77.33	100.23	116.33	6.40	20.00	22.60	31.10
3	1 x 3	73.33	93.66	121.66	6.46	18.60	38.83	27.96
4	1 x 4	74.00	95.00	94.66	6.53	19.20	29.46	26.06
5	1 x 5	75.00	105.33	113.66	7.26	11.13	28.88	26.23
6	1 x 6	76.33	105.66	136.33	7.00	1.00	62.14	28.26
7	1 x 7	76.33	93.66	108.33	3.86	15.00	25.40	25.16
8	1 x 8	78.66	97.00	120.00	6.43	12.00	38.61	33.06
9	2 x 1	74.00	100.33	92.66	5.73	24.66	32.61	32.00
10	2 x 2	77.33	105.33	114.33	6.00	24.60	24.21	28.63
11	2 x 3	78.66	111.33	122.33	6.06	20.13	37.18	29.50
12	2 x 4	78.66	104.00	91.66	6.33	13.00	42.67	25.46
13	2 x 5	75.00	108.66	105.66	6.80	20.40	33.58	29.80
14	2 x 6	81.66	108.66	112.33	5.60	20.26	39.15	27.80
15	2 x 7	76.00	100.33	111.00	6.50	15.80	39.87	29.10
16	2 x 8	79.33	100.33	114.00	6.16	10.33	35.80	40.00
17	3 x 1	77.00	100.33	121.66	6.13	25.46	36.18	36.33
18	3 x 2	80.00	101.66	126.66	7.40	17.00	27.79	27.53
19	3 x 3	77.00	92.00	139.66	6.16	23.00	29.67	30.36
20	3 x 4	75.33	97.00	112.00	7.20	10.40	39.50	35.50
21	3 x 5	80.66	108.66	134.66	6.26	16.80	38.95	25.66
22	3 x 6	78.33	100.33	134.33	6.66	14.34	24.12	28.13
23	3 x 7	74.33	95.33	114.00	6.60	11.46	27.86	84.00
24	3 x 8	82.33	102.00	149.00	7.56	8.60	49.71	29.26
25	4 x 1	71.33	99.66	131.00	5.80	16.86	34.89	29.00

Cuadro 1A..... Continuación.

Tratamiento	Cruza	Días a Floración	Días a Madurez	Altura	No. de Hojas	Excursión	Rendimiento	Peso de 1000 semillas
26	4 x 2	71.00	93.66	133.66	7.26	17.93	41.52	31.75
27	4 x 3	72.66	92.00	121.33	6.26	17.20	24.06	27.03
28	4 x 4	75.00	100.33	97.33	6.93	16.06	44.31	27.00
29	4 x 5	75.00	100.33	102.66	6.06	13.53	43.16	30.66
30	4 x 6	72.66	97.00	169.66	9.06	1.00	69.46	27.26
31	4 x 7	73.33	100.33	119.66	6.53	11.40	43.60	29.80
32	4 x 8	71.33	108.66	213.00	9.03	1.76	84.17	26.93
33	5 x 1	73.33	100.33	105.66	5.55	14.21	14.77	36.66
34	5 x 2	66.66	95.00	118.66	5.76	1.00	32.73	22.43
35	5 x 3	71.33	99.66	103.33	4.53	19.06	28.48	32.66
36	5 x 4	70.66	100.00	100.66	6.03	21.90	24.04	27.33
37	5 x 5	74.33	93.33	95.66	6.70	15.03	23.46	28.93
38	5 x 6	74.33	100.33	108.33	5.86	16.86	34.78	28.36
39	5 x 7	77.33	103.66	104.66	5.80	14.06	24.28	32.06
40	5 x 8	60.66	106.66	177.33	8.06	2.00	89.20	24.00
41	m ₁	72.33	92.00	94.66	5.53	16.33	20.66	35.16
42	m ₂	75.66	92.00	110.66	5.66	22.26	28.96	25.16
43	m ₃	73.66	110.33	91.66	5.66	12.60	17.48	27.80
44	m ₄	73.66	110.33	68.66	5.60	13.80	20.90	22.96
45	m ₅	69.66	110.33	87.66	5.53	16.90	17.45	26.23
46	m ₆	83.00	103.66	118.66	5.60	7.20	24.61	21.60
47	m ₇	73.33	100.33	99.33	6.13	14.06	23.52	28.10
48	m ₈	75.33	92.00	104.33	6.26	12.06	22.97	41.93
DMS .05		6.57	17.90	24.03	1.20	6.12	16.76	7.21

Cuadro 2 A. Medias por Tratamiento (L₂)

Tratamiento	Cruza	Dias a Floración	Dias a Madurez	Altura	No. de Hojas	Excursión	Rendimiento	Peso de 1000 semillas
1	1 x 1	55.66	91.00	107.33	7.44	15.00	100.25	31.21
2	1 x 2	68.00	92.00	147.66	6.55	10.22	52.11	24.99
3	1 x 3	60.66	95.00	164.66	7.22	9.38	99.00	30.94
4	1 x 4	57.00	92.33	96.33	5.77	3.66	65.98	23.18
5	1 x 5	63.66	104.00	118.66	7.66	5.16	95.20	28.60
6	1 x 6	75.00	101.33	138.33	7.21	1.00	89.16	28.27
7	1 x 7	63.66	91.66	137.00	8.49	4.75	113.63	28.66
8	1 x 8	65.00	93.33	157.00	7.21	6.33	103.97	27.88
9	2 x 1	36.00	90.66	120.00	6.10	16.55	64.90	26.22
10	2 x 2	61.00	93.33	132.00	5.66	14.44	57.75	24.38
11	2 x 3	60.66	101.00	151.33	6.88	9.33	103.33	31.24
12	2 x 4	59.66	93.33	144.36	6.44	6.44	86.84	30.10
13	2 x 5	56.66	101.00	134.33	5.88	15.88	75.53	29.33
14	2 x 6	54.66	108.00	134.66	7.11	4.05	62.01	23.99
15	2 x 7	75.00	100.00	125.33	8.55	1.44	102.95	26.60
16	2 x 8	65.33	98.33	160.66	7.10	7.66	98.53	31.04
17	3 x 1	71.33	93.66	191.00	9.33	6.94	128.83	30.67
18	3 x 2	70.00	101.66	163.00	8.88	6.88	64.95	25.88
19	3 x 3	73.66	95.00	192.33	9.10	2.77	133.13	31.61
20	3 x 4	73.33	93.65	123.66	7.22	7.22	72.49	21.49
21	3 x 5	74.00	109.66	160.66	8.11	9.44	80.23	25.72
22	3 x 6	67.00	101.33	167.00	7.44	1.88	88.95	23.71
23	3 x 7	70.66	96.33	162.33	10.33	2.33	111.89	28.77
24	3 x 8	76.33	100.66	204.66	9.44	4.72	121.37	30.27
25	4 x 1	76.33	95.33	177.66	8.88	11.66	108.46	30.04

Cuadro 2A.....Continuación.

Tratamiento	Cruza	Días a Floración	Días a Madurez	Altura	No. de hojas	Excursión	Rendimiento	Peso de 1000 semillas
26	4 x 2	76.33	94.33	147.00	8.66	5.66	76.76	26.38
27	4 x 3	69.33	93.00	148.00	6.99	12.38	72.13	21.16
28	4 x 4	62.00	99.33	118.00	7.22	2.77	87.88	20.38
29	4 x 5	77.33	99.66	138.00	9.88	3.33	96.38	23.38
30	4 x 6	68.00	96.00	171.66	9.33	2.44	99.23	27.44
31	4 x 7	76.00	101.66	148.66	10.22	1.00	83.59	26.00
32	4 x 8	71.66	105.66	217.33	9.88	4.77	120.24	26.94
33	5 x 1	75.33	100.33	132.00	8.22	3.88	65.02	25.88
34	5 x 2	65.00	91.66	120.33	5.99	7.83	46.76	22.41
35	5 x 3	57.33	94.33	152.33	7.33	7.88	109.36	27.97
36	5 x 4	59.33	100.33	105.66	4.55	9.44	50.84	20.99
37	5 x 5	71.00	93.66	115.66	7.44	6.33	71.07	23.10
38	5 x 6	59.33	101.00	143.00	6.55	3.83	62.31	26.80
39	5 x 7	68.00	100.66	142.33	9.10	1.83	102.00	25.88
40	5 x 8	57.33	104.66	181.00	8.22	11.33	92.51	31.77
41	m ₁	75.33	91.33	132.00	7.66	4.33	60.21	24.99
42	m ₂	60.00	91.00	129.33	6.77	8.66	52.54	21.63
43	m ₃	76.00	101.00	134.00	9.11	1.33	69.10	24.88
44	m ₄	61.33	100.33	89.33	5.77	3.27	43.88	19.75
45	m ₅	64.66	101.00	104.33	6.66	1.66	61.11	21.33
46	m ₆	66.00	95.33	125.00	5.77	1.00	48.17	18.21
47	m ₇	78.00	93.00	136.66	7.77	3.66	46.97	20.52
48	m ₈	76.66	93.66	136.66	8.33	4.72	80.36	27.58
DMS .05		11.23	12.87	28.06	1.58	5.40	27.85	4.56

Cuadro 3A. Valores medios (\bar{X}), error estandar de las medias ($S\bar{X}$) y coeficiente de variación (C.V.) de siete características agronómicas de los genotipos de sorgo evaluados en dos localidades.

Localidad	Días a Floración	Días a Madurez	Altura de Planta	Número de Hojas	Excursión de Panoja	Rendimiento to	Peso de 1000 semillas
\bar{X}							
L1	75.027	100.444	116.673	6.394	14.832	34.509	29.069
L2	67.006	97.430	144.680	7.657	6.218	82.916	26.049
Combinado	71.017	98.937	130.677	7.025	10.525	58.713	27.559
$S\bar{X}$							
L1	0.585	1.595	2.141	0.106	0.546	1.493	0.642
L2	1.000	1.146	2.500	0.141	0.481	2.482	0.406
Combinado	0.579	0.982	1.646	0.088	0.363	1.448	0.380
C.V							
L1	5.407	11.005	12.717	11.599	25.505	29.986	15.318
L2	10.349	8.156	11.974	12.766	53.644	20.739	10.809
Combinado	8.000	9.730	12.343	12.350	33.884	24.171	13.517

Cuadro 4A. Rangos basados en las medias de las diferentes características en cada localidad y en el análisis combinado para los 40 híbridos en estudio.

Característica	Localidad 1	Localidad 2	ANVA Combinado
Días a Floración	híbrido 5x8 (60.66 días) híbrido 3x8 (82.33 días)	híbrido 2x6 (54.66 días) híbrido 4x5 (77.33 días)	híbrido 5x8 (59.00 días) híbrido 3x8 (79.55 días)
Días a madurez	híbrido 3x3 (92.00 días) híbrido 4x3 (92.00 días) híbrido 2x3 (111.33 días)	híbrido 2x1 (90.66 días) híbrido 3x5 (109.66 días)	híbrido 4x3 (92.50 días) híbrido 3x5 (109.16 días)
Altura de Planta	híbrido 2x4 (91.66 cm) híbrido 4x8 (213.00 cm)	híbrido 1x4 (96.33 cm) híbrido 4x8 (217.33 cm)	híbrido 1x4 (95.50 cm) híbrido 4x8 (215.16 cm)
Número de hojas	híbrido 1x7 (5.86 hojas) híbrido 4x6 (9.06 hojas)	híbrido 5x4 (4.55 hojas) híbrido 4x7 (10.22 hojas)	híbrido 5x4 (5.29 hojas) híbrido 4x8 (9.46 hojas)
Excursión de Panoja	híbrido 1x6 (1.00 cm) híbrido 4x6 (1.00 cm) híbrido 5x2 (1.00 cm) híbrido 3x1 (25.46 cm)	híbrido 1x6 (1.00 cm) híbrido 4x7 (1.00 cm) híbrido 2x1 (16.55 cm)	híbrido 1x6 (1.00 cm) híbrido 2x1 (20.60 cm)
Rendimiento	híbrido 5x1 (14.77 g) híbrido 5x8 (89.20 g)	híbrido 5x2 (46.76 g) híbrido 3x3 (133.13 g)	híbrido 1x2 (37.55 g) híbrido 4x8 (102.20 g)
Peso de 1000 semillas	híbrido 5x2 (22.43 g) híbrido 3x7 (84.00 g)	híbrido 4x4 (20.38 g) híbrido 5x8 (31.77 g)	híbrido 5x2 (22.42 g) híbrido 2x8 (35.52 g)
Grado de Enfermedad	híbrido 4x8 (1.33) híbrido 1x7 (3.66) híbrido 2x4 (3.66)	híbrido 3x3 (1.00) híbrido 1x4 (3.33) híbrido 5x4 (3.33)	híbrido 3x3 (1.50) híbrido 4x8 (1.50) híbrido 2x5 (3.00)

Cuadro 5A. Correlaciones Fenotípicas (I₁)

	Días a Madurez	Altura de Planta	Número de Hojas	Excursión	Rendimiento	Peso de 1000 semillas
Días a Flor	0.16	-0.12	-0.12	0.24	-0.26	0.13
Días a Madurez		0.05	0.09	-0.10	0.18	-0.26
Altura de Planta			** 0.73	** -0.47	** 0.77	-0.10
No. de Hojas				** -0.51	** 0.73	-0.11
Excursión					** -0.57	0.19
Rendimiento						-0.14

*, ** Significancia al .05 y .01 respectivamente.

Cuadro 6A. Correlaciones Fenotípicas (L₂)

	Días a Madurez	Altura de Planta	Número de Hojas	Excursión	Rendimiento	Peso de 1000 semillas
Días a Flor	0.05	0.25	** 0.65	** -0.46	0.17	-0.05
Días a Madurez		0.14	0.22	-0.26	0.10	0.06
Altura de Planta			** 0.61	0.09	** 0.71	** 0.65
No. de Hojas				** 0.39	** 0.63	** 0.39
Excursión					-0.08	0.24
Rendimiento						** 0.74

*, ** Significancia al .05 y .01 respectivamente.

Loc.	Nº de hembra	Floración	Maduración	Altura	Hoja	Excursión	Rendimiento	Peso 1000 semillas
L ₁	1	0.88	-1.00	-4.86	0.03	0.14	-3.89	-0.93
	2	2.46	4.61	-12.61	-0.37	3.73	-1.40	1.11
	3	3.00	-0.59	8.38	8.38	0.96	0.96	-0.78
	4	-2.32	-2.00	15.42	0.59	-2.94	11.13	-0.49
	5	4.03	-1.00	-6.32	-0.48	-1.89	-3.04	-0.11
L ₂	1	-2.87	-2.66	-6.00	0.54	0.19	1.97	1.18
	2	-5.33	0.45	-10.92	-1.02	2.73	-6.45	1.08
	3	5.58	1.25	21.70	0.99	-1.46	12.29	0.48
	4	5.00	0.37	9.57	1.14	-1.25	5.14	-1.56
	5	-2.37	0.58	-12.34	-0.56	-0.19	-12.95	-1.18

Cuadro 8A. Efectos de Aptitud Combinatoria General para Machos.

Loc.	Nº de macho	Floración	Maduración	Altura	Hoja	Excursión	Rendimiento	Peso 1000 semillas
L ₁	1	-0.58	-0.65	-7.81	-0.58	6.04	-9.52	3.22
	2	-0.65	-1.05	1.31	0.04	1.18	-7.24	-0.88
	3	-0.51	-3.52	1.04	-0.62	4.68	-5.36	0.33
	4	-0.38	-0.99	-21.34	0.08	1.19	-1.01	-0.89
	5	0.88	3.00	-10.14	0.09	0.46	-3.44	-0.91
	6	1.55	2.14	11.58	0.31	-4.22	8.91	-1.20
	7	0.34	-1.59	-9.08	-0.26	-1.37	-4.81	-1.14
	8	-0.65	2.67	34.44	0.93	-7.97	22.48	1.48
L ₂	1	-0.58	-3.55	8.85	0.25	4.06	5.55	2.02
	2	1.07	-3.15	-6.88	-0.59	2.24	-28.27	-1.67
	3	-2.12	-2.08	12.98	-0.23	1.60	15.45	1.80
	4	-4.19	-1.95	-31.21	-1.50	-0.33	-15.13	-3.55
	5	2.07	3.85	-15.28	0.05	1.28	-5.25	-0.75
	6	-1.65	3.78	2.05	-0.21	-4.10	-7.60	-0.73
	7	4.20	0.31	-5.75	1.59	-4.47	-14.87	0.39
	8	0.67	2.83	35.25	0.63	0.21	19.38	2.79

Cuadro 9A. Efectos de Aptitud Combinatoria Especifica Variable Días a Floración

Loc.	H/M	1	2	3	4	5	6	7	8
	1	1.58	1.98	-2.15	-1.61	-1.88	-1.21	-0.01	3.51
	2	-3.00	0.39	1.60	-1.46	-3.46	2.53	1.93	2.39
L ₁	3	-0.54	2.52	-0.60	-2.40	1.65	-1.34	-4.14	4.85
	4	-0.87	-1.14	0.39	2.59	1.32	-1.67	0.19	-0.80
	5	2.83	-3.76	0.76	-0.03	2.36	1.69	5.89	-9.76
	1	-7.85	3.34	-0.79	-2.39	-1.99	13.07	-4.12	0.74
	2	-5.06	-1.20	1.66	2.73	-6.53	-4.79	9.66	3.53
L ₂	3	-0.65	-3.11	3.75	5.48	-0.11	-3.38	-5.58	3.61
	4	2.26	1.13	0.00	-5.26	3.79	-1.80	0.33	-0.46
	5	11.30	-0.15	-4.62	-0.55	4.84	-3.09	-0.29	-7.42

Cuadro 10A. Efectos de Aptitud Combinatoria Especifica Variable Dias a Madurez

Loc.	H/M	1	2	3	4	5	6	7	8
L ₁	1	4.74	2.14	-2.05	-3.25	3.07	4.27	-3.99	-4.92
	2	-3.88	1.51	9.98	0.11	0.78	1.65	-2.95	-7.21
	3	1.32	3.05	-4.14	-1.67	5.99	-1.47	-2.74	-0.34
	4	-3.92	-3.52	-2.72	3.07	-0.92	-3.39	3.67	7.74
	5	1.74	-3.19	-1.05	1.74	-8.92	-1.05	6.00	4.74
L ₂	1	-0.53	0.06	2.00	-0.80	5.00	2.46	-3.73	-4.53
	2	-3.99	-1.72	4.87	-2.92	-1.05	6.00	1.47	-2.65
	3	-1.78	5.81	-1.91	-3.38	6.81	-1.45	-2.98	-1.11
	4	0.75	-0.64	-3.04	3.15	-2.39	-5.90	3.22	4.75
	5	5.54	-3.51	-1.91	3.94	-8.51	-1.11	2.06	3.55

Cuadro 11A. Efectos de Aptitud Combinatoria Específica Variable Altura

Loc.	H/M	1	2	3	4	5	6	7	8
L ₁	1	5.06	-0.73	4.86	0.26	8.06	8.99	1.66	-28.19
	2	-7.51	5.01	13.28	5.01	7.81	-7.25	12.08	-28.44
	3	0.48	-3.64	9.61	4.34	15.81	-6.25	-5.91	-14.45
	4	2.77	-3.69	-15.75	-17.35	-23.22	-22.04	-7.29	42.50
	5	-0.80	3.05	-12.00	7.72	-8.47	-17.54	-0.54	28.59
L ₂	1	17.60	13.67	10.80	-13.32	-6.92	-4.59	1.87	-19.12
	2	-26.14	0.92	0.39	37.92	11.65	5.34	-6.87	-12.54
	3	11.56	-0.70	8.76	-15.69	5.36	-5.63	-2.50	-1.16
	4	10.35	-4.57	-22.77	-9.24	-4.50	11.15	-4.04	23.62
	5	-13.39	-9.32	2.80	0.34	-5.59	4.40	11.54	9.29

Cuadro 12A. Efectos de Aptitud Combinatoria Especifica Variable Número de Hojas

Loc.	H/M	1	2	3	4	5	6	7	8
L ₁	1	0.49	-0.19	0.53	-0.10	0.61	0.12	-0.42	-1.05
	2	0.16	-0.19	0.53	0.09	0.55	-0.86	0.61	-0.91
	3	-0.03	0.60	0.03	0.36	-0.58	-0.40	0.11	-0.11
	4	-0.73	0.10	-0.23	-0.27	-1.15	1.62	-0.32	0.98
	5	0.09	-0.31	-0.88	-0.09	0.56	-0.48	0.02	1.09
L ₂	1	0.00	-0.05	0.25	0.07	0.41	0.23	-0.30	-0.61
	2	-0.86	-0.46	0.40	1.22	-0.88	0.60	0.23	-0.24
	3	0.34	0.74	0.60	-0.01	-0.67	-1.07	0.00	0.07
	4	0.34	0.74	0.60	-0.01	-0.67	-1.07	-0.26	0.36
	5	0.78	-0.58	0.38	-1.12	0.20	-0.41	0.33	0.41

Cuadro 13A. Efectos de Aptitud Combinatoria Especifica Variable Excursion

Loc.	H/M	1	2	3	4	5	6	7	8
L ₁	1	2.48	3.74	-1.14	2.93	-4.39	-9.84	2.30	4.19
	2	-0.02	4.76	-3.19	-6.84	1.28	5.84	-1.47	-0.33
	3	3.53	-0.07	2.43	-6.67	0.45	2.67	-3.04	0.69
	4	-1.14	4.77	0.54	2.90	1.09	-6.74	0.80	-2.22
	5	4.84	-13.29	1.36	7.68	1.55	8.07	2.41	-3.04
L ₂	1	3.99	1.03	0.84	-2.43	-3.58	-1.83	2.28	-0.32
	2	3.01	2.72	-1.75	-2.19	5.12	-1.32	-3.55	-2.03
	3	-2.39	-0.62	-4.10	2.77	2.88	0.71	1.53	-0.77
	4	2.10	-2.17	5.28	-1.87	-3.44	1.05	-0.01	-0.93
	5	-6.72	-0.95	-0.27	3.73	-1.50	1.38	-0.23	4.56

Cuadro 14A. Efectos de Aptitud Combinatoria Específica Variable Rendimiento

Loc.	H/M	1	2	3	4	5	6	7	8
L ₁	1	4.60	-3.27	11.08	-2.64	-0.78	20.10	-2.90	-16.98
	2	6.52	-4.15	6.93	7.07	1.21	-5.38	9.07	-22.29
	3	-11.47	0.81	0.81	6.28	8.17	-19.01	-1.54	-7.00
	4	-3.73	0.61	-18.71	-2.81	-1.54	12.39	0.26	-13.56
	5	-9.67	6.00	-0.12	-8.90	-7.06	-8.10	-4.87	32.74
L ₂	1	4.78	-9.52	-6.36	-8.79	9.54	6.85	8.83	-5.32
	2	-22.12	4.54	6.39	20.47	-1.69	-11.85	6.59	-2.33
	3	23.04	-7.00	17.44	-12.60	-15.74	-3.67	-3.21	1.75
	4	9.82	11.94	-36.40	9.92	7.55	13.74	24.36	7.77
	5	-15.51	0.04	18.92	-9.01	0.34	-5.06	12.14	-1.86

Cuadro 15A. Efectos de Aptitud Combinatoria Especifica Variable Peso de 1000 Semillas

Loc.	H/M	1	2	3	4	5	6	7	8
L ₁	1	-3.46	3.74	-0.60	-1.26	-1.08	1.23	-1.92	3.35
	2	-1.51	-0.77	-1.12	-3.92	0.42	-1.28	-0.04	8.23
	3	3.50	-1.18	0.43	6.79	-3.02	-0.26	-4.45	-1.31
	4	-2.90	3.95	-1.98	-0.78	2.89	-0.20	2.26	-3.23
	5	4.38	-5.74	3.27	-0.82	0.78	0.51	4.15	-6.53
L ₂	1	1.22	-1.00	1.16	-1.23	1.39	1.04	0.29	-2.38
	2	-3.66	-1.50	1.57	5.79	2.21	-3.13	-1.65	0.37
	3	1.38	0.58	2.54	-2.22	-0.79	-2.81	1.10	0.21
	4	2.80	3.14	-4.85	-1.27	-1.97	2.96	0.38	-1.07
	5	1.74	-1.21	0.56	-1.05	-1.74	1.94	-0.12	3.37