

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DE HIBRIDOS EXPERIMENTALES
DE SORGO PARA GRANO (Sorghum vulgare Pers.)
EN MARIN PRIMAVERA 1979

TESIS

QUE EN OPCION AL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

Timoteo Salinas Salinas

MONTERREY, N. L.

NOVIEMBRE DE 1981

T

SB235

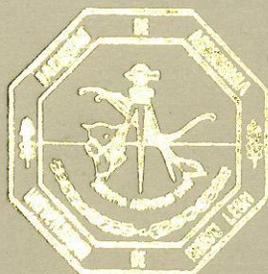
S25

c.1



1080063714

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DE HIBRIDOS EXPERIMENTALES
DE SORGO PARA GRANO (Sorghum vulgare Pers.)
EN MARIN PRIMAVERA 1979

TESIS

QUE EN OPCION AL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

Timoteo Salinas Salinas

MONTERREY, N. L.

NOVIEMBRE DE 1981

T
SB 235
S 25



040.633
FA 27
19 81

ASESOR RESPONSABLE EN EL PRESENTE TRABAJO:

MAURILIO MARTINEZ RODRIGUEZ M.C.

ASESOR RESPONSABLE EN ESTADISTICA:

EMILIO OLIVARES SAENZ M.C.

EN EL TRABAJO DE MECANOGRAFIA SE AGRADECE LA COLABORACION
A LA SRTA:

GLORIA MARTINEZ DE LEON

Y SENORA:

HILDA VARGAS DE CUELLAR.

D E D I C A T O R I A

A MIS PADRES:

SR. PABLO SALINAS SALINAS,

SRA. BELEN SALINAS DE SALINAS.

Con cariño, amor y agradecimiento por el apoyo y la confianza que me brindaron durante el trayecto de mis estudios, los que culmino satisfactoriamente.

A MI QUERIDA ESPOSA.

ELIDA CHAVERO GARZA.

Con cariño y amor.

A MIS HIJOS:

MONICA MARIELA

y

CARLOS ADRIAN

Con cariño y amor.

A MIS HERMANOS:

OZIEL ANGEL

MANUEL

SILVIA BELIA

JOSEFINA

BLANCA MAYELA

PAULA

LUSILA

RAFAELA

MANUELA

Con el cariño de siempre.

A TODOS MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS.

A MIS MAESTROS.

*Por su gran esfuerzo y dedicacion en
la formaci6n de profesionales para
el progreso de M6xico.*

A MI ESCUELA.

*Por que en ella adquiri los conoci-
mientos necesarios, que permitir6n
desarrollarme como Profesionista.*

I N D I C E G E N E R A L

Página

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS.	viii
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	5
2.1. Aspectos generales del cultivo del sorgo.	5
2.2. Clasificación taxonómica	5
2.3. Descripción botánica	6
2.4. Condiciones ecológicas.	7
2.5. Plagas	8
2.6. Enfermedades	9
2.6.1. Enfermedades del tallo	9
2.6.2. Enfermedades de las hojas.	9
2.6.3. Enfermedades de la panícula.	11
2.7. Mejoramiento del sorgo.	12
III. MATERIALES Y METODOS	19
3.1. Localidad de trabajo.	19
3.2. Materiales.	19
3.3. Métodos	20
3.3.1. Diseño experimental.	20
3.3.2. Trabajo de campo	21
3.3.3. Labores de cultivo	23
3.3.4. Toma de datos.	24
3.3.5. Análisis estadístico	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	30
4.1. Rendimiento.	30
4.2. Características agronómicas.	31

4.3. Correlaciones fenotípicas	39
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	41
5.1. Conclusiones	41
5.2. Recomendaciones.	43
VI. RESUMEN	45
VII. BIBLIOGRAFIA CITADA	47
VIII. APENDICE.	49

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro		Página
1	Descripción de tratamientos y progenitores de los ocho híbridos experimentales. Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.....	21
2	Concentración de medias de rendimiento estimado de grano al 12% de humedad ajustado por la covariable plantas cosechadas. Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979	32
3	Concentración de medias de rendimiento estimado de grano al 12% de humedad ajustado por la covariable superficie cosechada (M ²). Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.....	32
4	Análisis de varianza para altura de planta (cm) Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.....	34
5	Comparación de medias para altura de planta (cm) Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.....	34
6	Análisis de varianza para longitud de excursión (cm). Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.	36
7	Comparación de medias para longitud de excursión (cm). Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.	36
8	Análisis de varianza para longitud de panoja (cm) Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.	38
9	Comparación de medias para longitud de panoja (cm) Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.....	38
10	Coeficientes de correlación entre cuatro caracteres agronómicos del sorgo. Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979	40

Cuadro	Página
11	Análisis de covarianza para rendimiento estimado de grano (g/parcela) con plantas cosechadas. Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979..... 49
12	Análisis de covarianza para rendimiento estimado de grano (g/parcela) con superficie cosechada (m ²). Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979. 49
13	Concentración de medias de rendimiento estimado de grano ajustado por la covariable plantas cosechadas. Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979. 50
14	Concentración de medias de rendimiento estimado de grano ajustado por la covariable superficie cosechada (m ²). Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979. 50
15	Análisis de covarianza para rendimiento estimado de grano (g/parcela) al 12% de humedad con plantas cosechadas. Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979. 51
16	Análisis de covarianza para rendimiento estimado de grano (g/parcela) al 12% de humedad con superficie cosechada (m ²). Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979. 51
17	Concentración de caracteres agronómicos del sorgo. Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979. 52

Figuras

Página

1	<i>Esquema general de la formación de híbridos en sorgo utilizando la androesterilidad citoplásmica genética. Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.</i>	<i>18</i>
2	<i>Aleatorización y distribución de tratamientos en el campo. Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.</i>	<i>22</i>

I. INTRODUCCION

Los sorgos son nativos de ciertas regiones de Africa y Asia donde se han cultivado desde hace más de 2000 años; de ahí se extendió este cultivo hacia la India, China, Manchuria y Estados Unidos de Norte América. En este último país el sorgo se cultivó a lo largo de la costa del Atlántico a mediados del último siglo y después en regiones más secas, de tal manera que antes de 1900 se encontraba bien establecido en las grandes llanuras del sureste de California. (11)

Desde que se introdujo esta especie en Estados Unidos ha cambiado considerablemente como resultado de mutaciones naturales y de los trabajos efectuados por los fitomejoradores; originalmente los sorgos eran muy altos, muy tardíos y se adaptaban mal, posteriormente se tuvieron grandes avances en lo que respecta a su mejoramiento genético en cuanto a la obtención de variedades precoces, variedades forrajeras con bajo contenido de ácido prúsico que hacen posible que se reduzca el peligro de intoxicación de los rumiantes durante el pastoreo. (9)

El cultivo del sorgo ha adquirido gran importancia en los últimos años, ya que tanto el grano como el forraje se utilizan directamente en la engorda de ganado. Además, en la industrialización constituye un renglón muy importante ya que el grano sirve como materia prima en la fabricación de alimentos balanceados, también se utilizan varios derivados como el almidón del sorgo que se emplea como ingrediente de los lodos

de perforación de los pozos petroleros, en la elaboración de la cerveza y en la fabricación de alcohol industrial. (3, 10)

En México, el cultivo del sorgo adquirió importancia aproximadamente en el año de 1958 en la zona norte de Tamaulipas al inicio del desplazamiento del algodouero; de tal manera que en la actualidad su cultivo se ha extendido en casi todos los estados de la República Mexicana, destacándose por la superficie y los rendimientos la zona norte de Tamaulipas, la zona del Bajío y la Costa del Pacífico (Sinaloa y Sonora), después le siguen en importancia Michoacán y Jalisco. (11)

Dado que la mayoría de las variedades híbridas que se siembran en la actualidad en nuestro país son producidas por compañías extranjeras, existe una considerable fuga de divisas por la compra de semilla mejorada. Lo anterior puede deberse a que nuestro país no contaba con tecnología adecuada en la materia y aunados algunos otros factores que limitaban fuertemente la producción de semillas mejoradas de la calidad de las ya existentes en el mercado. Por lo que es necesario la creación de programas de mejoramiento de sorgo, cuyos objetivos sean entre otros el incremento del rendimiento unitario a través de la obtención de materiales con adecuada precocidad, adaptación al medio, resistencia al acame, a la sequía, a los excesos de humedad en períodos de fructificación así como mejorar la calidad. (3, 9)

Uno de los métodos más prometedores en el mejoramiento del sorgo, que se utiliza en la actualidad y que sin duda alguna se

seguirá empleando en el futuro, es el de la hibridación, ya que se ha observado un extremado vigor híbrido, no obstante que el sorgo sea una planta parcialmente autóqara (2, 6).

Los incrementos favorables en los rendimientos de grano y forraje debido a la heterosis y que superan a las variedades normales, demuestran claramente las ventajas de este método. Durante muchos años, el problema para la utilización de los sorgos híbridos era la falta de métodos económicos para efectuar las cruza, ya que era necesario emascular cada flósculo manualmente, lo cual incrementaba los costos de producción de semilla híbrida. Posteriormente, la producción comercial de sorgos híbridos fue factible mediante la utilización de la androesterilidad génica citoplásmica, cuyo esquema requiere la participación de dos líneas isogénicas (A y B) así como una línea R restauradora de la androfertilidad. (2, 6, 9)

El presente trabajo trata de la evaluación de ocho híbridos experimentales preliminares (HEP) formados en el Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo para las partes bajas del Estado de Nuevo León del Centro de Investigaciones Agropecuarias de la UANL, en el ciclo Marín Verano de 1978.

Los objetivos que se persiguen en la realización de este ensayo son los siguientes:

1. Conocer si algún HEP supera o al menos iguala a los testigos híbridos comerciales en rendimiento de grano.
2. Determinar qué líneas progenitoras dan las mejores combinaciones híbridas.

3. Caracterizar desde el punto de vista agronómico a dichos HEP.
4. Identificación de los mejores progenitores que tras purificarlos e incrementarlos, poder formar nuevamente las combinaciones híbridas superiores y continuar su evaluación en diferentes localidades.

La hipótesis experimental que se plantea es que pueden existir HEP iguales o superiores a los testigos utilizados en el experimento.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Aspectos generales del cultivo del sorgo

Se cree que el sorgo (Sorghum vulgare Pers.) es originario de la zona ecuatorial de Africa, ya que las investigaciones realizadas demuestran que en Africa se encuentra mayor diversidad genética de esta especie. [3]

El sorgo se adapta a diferentes regiones y climas, prospera bien en regiones cálidas, húmedas, semiáridas y en zonas de escasa precipitación pluvial, por lo que se recomienda en zonas marginadas donde la precipitación media anual no excede de los 400 a 600 mm. [11]

El sorgo tolera bien problemas de sales, de álcali y de mal drenaje del suelo; además tiene ciertas características fisiológicas que lo hacen aún más resistente a condiciones demasiado adversas del ambiente. Algunas de estas características pueden ser las siguientes:

a) Sistema radicular fibroso y demasiado profuso que contribuye a la extracción de humedad y nutrientes aún en los estratos más inferiores del suelo.

b) El enrollar las hojas en días calurosos y secos reduce en parte la transpiración de la planta.

c) Puede detener su crecimiento durante un período de sequía y reanudarlo cuando vuelva a disponer de humedad y condiciones propicias para su desarrollo. [11]

2.2. Clasificación taxonómica

El sorgo tiene un número cromosómico de $2n + 20$, y se puede clasificar como sigue:

FamiliaGramineae
 Sub-familia.....Panicoidea
 TribuAndropogoneae
 GéneroSorghum
 Especievulgare(11)

2.3. Descripción botánica

El sorgo es una especie vegetal con hábito de crecimiento anual; su ciclo vegetativo varía ampliamente según variedades y regiones.

Su sistema radicular es fibroso con numerosas raíces adventicias profundamente ramificadas.

Los tallos son cilíndricos, erectos, sólidos y están divididos por canutos (entrenudos) cuyas uniones forman los nudos de donde nacen las hojas. Estas aparecen alternas sobre el tallo, las vainas foliares son largas y en las variedades enanas se encuentran superpuestas; todas las variedades varían en el tamaño de sus hojas pero todas ellas poseen hojas más pequeñas que las del maíz.

La inflorescencia del sorgo se conoce con el nombre de panícula, ésta puede ser abierta, semicompacta ó compacta. El sorgo es una planta con reproducción sexual, monóica, hermafrodita y las florecillas son incompletas y perfectas.

Los granos del sorgo son pequeños y redondos, presentando variedad de colores que van desde blancos, rojos, amarillos o cafés, debiéndose principalmente a complejos genéticos que actúan sobre el pericarpio de la semilla. (9 ,11)

2.4. Condiciones ecológicas

El sorgo es un cultivo que se adapta a muy diversas condiciones ecológicas y edáficas. Sus exigencias ambientales son las siguientes:

En cuanto a temperatura, la media óptima para su crecimiento es de 26.7°C teniendo como mínima 16°C y como máxima 37.3 °C.

Los sorgos se cultivan ampliamente en zonas tropicales, templadas y pueden desarrollarse en regiones muy áridas.

Por sus altos requerimientos de temperatura, raramente se le cultiva más allá de los 1800 msnm. Se puede cultivar favorablemente desde los 0 hasta los 1000 msnm. (11)

El sorgo se puede cultivar desde los 45° Latitud Norte hasta los 35° Latitud Sur; en estas áreas se pueden obtener los mayores rendimientos. Este cultivo se caracteriza por ser de un fotoperíodo corto lo cual quiere decir que la maduración de la planta se adelanta cuando el período luminoso es corto y el oscuro es largo. Sin embargo, existen diferencias en cuanto a sensibilidad al fotoperíodo en ciertas variedades botánicas; estas diferencias en sensibilidad al fotoperíodo son de origen genético, de ahí las diferencias en madurez en las distintas variedades de sorgo. (11)

Puede cultivarse en diversos suelos pero prospera mejor en suelos ligeros profundos y ricos en nutrientes. Se ha encontrado que este cultivo puede tolerar ciertas proporciones de sales solubles que limitan el desarrollo de otros cultivos.

2.5. Plagas

La plaga de mayor importancia económica en el cultivo del sorgo es la mosca de la panoja (Contarinia sorghicola Coq) o "mosca midge" como es llamada comúnmente.

Se ha podido observar que infestaciones fuertes de esta plaga en el período de floración reduce grandemente los rendimientos de grano, a tal grado que en algunos casos se hace incosteable la trilla del cultivo.

El gusano cogollero (Spodoptera frugiperda J.E. Smith), al igual que en el maíz, ataca al follaje de las plantas desde la emergencia hasta poco antes del espigamiento.

Los gusanos trozadores (varias especies de la familia Noctuidae) se alimentan durante la noche cortando el tallo de las plantitas casi a nivel del suelo y atacan en focos aislados, preferentemente en las partes bajas del terreno donde se acumula mayor humedad.

El pulgón está representado por dos especies diferentes: el pulgón del follaje (Schizaphis graminum Rond) y el pulgón del cogollo (Rhopalosiphum maidis Fitch), esta plaga solo ataca en el ciclo de primavera, llegando a ocasionar problemas cuando la infestación es tal que las plantas fuertemente atacadas se les forma una mielecilla o fumagina negra haciéndose necesario en estos casos el control químico.

Otra plaga de importancia son los gusanos barrenadores (Chilo partellus Swinh y Zeadiatrae grandiossella Dyar); las larvas barrenan el tallo matando las plantitas pequeñas y debilitando las grandes, ocasionando el acame de éstas y provocan-

do una reducción en los rendimientos. (11)

2.6. Enfermedades

Las enfermedades más comunes del cultivo del sorgo se mencionan en seguida.

2.6.1. Enfermedades del tallo

La enfermedad denominada pudrición carbonosa (Macrophoma phaseoli) se aprecia hasta que se aproxima la madurez de las plantas. Los síntomas que se observan son panículas poco llenas, con granos de poco peso y presentan madurez prematura, los tallos están descoloridos en la base y con consistencia esponjosa y la médula desintegrada en esta zona quedando desligadas sus fibras. Si el tiempo es seco y caluroso puede verse en el inferior de los tallos las manchas de una coloración negruzca debido a los micelios del hongo. Los mayores daños a las plantas de sorgo se producen cuando se encuentran débiles por exceso de calor o sequía o en algún estado crítico de desarrollo. Las plantas dañadas se presentan en pequeños montones como en zonas más arenosas que el resto. (5, 11)

2.6.2. Enfermedades de las hojas

Ocurren tres clases de mildiú vellosos en el sorgo para grano que son causados por tres hongos diferentes que varían en su forma de ocurrir y en severidad de ataque.

El mildiú velloso comúnmente llamado "escoba de bruja", (Sclerophthera macrospora), fue reportado por primera vez en Texas en 1936.

El mildiú velloso propiamente dicho es causado por

Sclerospora sorghi, el cuál fue encontrado en Texas en 1961. Es el que presenta mayor importancia económica ya que su ataque es severo a lo largo de la costa del Golfo de México, incluyendo la zona sorguera del norte de Tamaulipas en los Municipios de Matamoros, Valle Hermoso y Río Bravo.

El tercer mildiá vellosa comúnmente conocido como "mazorca verde" (Sclerospora graminicola) se considera de poca importancia en el sorgo para grano. (5)

Las plantas enfermas con mildiá vellosa (Sclerospora sorghi) muestran tres clases de síntomas principales: las plántulas atacadas sistémicamente están amarillentas, achaparradas y frecuentemente tienen un crecimiento vellosa formado por conidios que se desarrollan mejor durante períodos de alta humedad y baja temperatura. Al crecer la planta, las hojas nuevas tienen bandas amarillentas o blanquecinas con poco crecimiento vellosa.

Otro síntoma aparece cuando los conidios producidos en plántulas enfermas sistémicamente, infectan otro follaje produciendo puntos o áreas punteadas de las cuales se produce más mildiá después de cuatro a siete días.

La tercera fase de la enfermedad se presenta en plantas atacadas sistémicamente cuando ya está avanzado su desarrollo. Estas plantas tienen hojas con franjas verde y blanco moteadas; pueden no espigar o producir panojas estériles o parcialmente afectadas, teniendo sus hojas desgarradas porque el hongo destruye las células entre las venas liberándose las oosporas. (5)

Otra enfermedad es la antracnosis que es causada por Colletotrichum graminicolum; los síntomas son que sobre las hojas aparecen pequeños puntos de color cobrizo o rojo púrpura que se extienden hasta entrelazarse y cubrir gran parte de la hoja; esta enfermedad puede afectar también al tallo y a las panículas.

La mancha púrpura es causada por el hongo Helminthosporium turcicum. Se producen pequeños puntos de color rojo púrpura al principio, que se extienden luego hasta cubrir vastas áreas de la hoja.

La roya o chahuixtle (Puccinia sorghi) es otra enfermedad que afecta al follaje, existiendo sobre ambas caras de la hoja pequeñas pústulas de color café marrón generalmente paralelas a las venas. (5, 11)

2.6.3. Enfermedades de la panícula

El hongo que produce el tizón o carbón cubierto del grano del sorgo (Sphaceloteca sorghi) se encuentra en el interior del grano en maduración al que destruye; en el exterior del mismo se aprecia un color gris claro y marrón, en las panículas afectadas pueden quedar destruidos todos los granos o solamente algunos de ellos.

El carbón de la panoja que es producido por el hongo Sphaceloteca reiliana se nota cuando las panículas afectadas quedan completamente destruidas transformándose en una masa casi color negro. Esta masa está formada principalmente por las esporas del hongo.

Otra enfermedad es el carbón descubierto del grano de

sorgo causada por Sphaceloteca cruenta. Esta es menos común y puede ser controlada mediante la desinfección de la semilla.

(11)

2.7. Mejoramiento del sorgo

Por ser el sorgo una planta parcialmente autógena, los métodos de mejora genética son los mismos que para las demás especies consideradas dentro del grupo de las autógamas. Estos métodos se agrupan en las siguientes categorías:

1. Selección individual.
2. Selección masal o en masa.
3. Hibridación. En éste se puede seguir tres métodos de trabajo con las generaciones segregantes.
 - a) Geneológico.
 - b) Masivo o poblacional ("bulk method").
 - c) Retrocruzamiento. (1)

Tanto en la evolución como en la mejora genética de las plantas, las poblaciones van transformándose constantemente hacia formas superiores. En esta transformación continua, la fuerza principal es la selección, por lo que algunos individuos con ciertas características son favorecidos en la reproducción. Entre los atributos de la selección hay dos especialmente importantes para entender los principios de la mejora:

1. La selección sólo puede actuar sobre diferencias heredables.
2. La selección no puede crear variabilidad si no que actúa solamente sobre la ya existente. (1)

La hibridación juega un papel muy importante en la mejora de las plantas autógamas y en especial en el cultivo del sor-

go, sobre todo cuando son cuidadosamente seleccionados los genitores, ya que brinda la oportunidad de formar nuevas recombinaciones. (6)

Las razones para recurrir a la hibridación son bastante obvias; si en los programas de mejoramiento o en las introducciones no existen variedades completamente satisfactorias, entonces el fitomejorador aspira a recombinar ciertas características buenas de las variedades genitoras valiéndose de la hibridación.

Entre tales características se encuentran la resistencia a enfermedades, la capacidad de rendimiento, la calidad o bien producir cambios que hagan a las variedades más adecuadas a un conjunto dado de condiciones de cultivo. (6, 9)

Los híbridos F_1 entre genotipos de autógamias, con frecuencia son más vigorosos fenotípicamente, más estables y de mejor rendimiento que cualquiera de sus progenitores. (6)

El vigor híbrido (heterosis) es mayor en la F_1 y disminuye a medida que se aproxima a la homocigosidad. (6)

Si se asume que los progenitores que intervienen en un cruzamiento tienen alelos diferentes para cada locus presente, la F_1 sería cien por ciento heterocigota; en el caso contrario de que los progenitores fueran iguales en cada gene, la cruce no conduciría a ninguna nueva recombinación genética. (6)

El vigor híbrido o heterosis puede ser considerado el fenómeno inverso de la degradación que acompaña a la consanguinidad. Sin embargo, el efecto benéfico de la hibridación es un fenómeno mucho más conocido que la depresión debida a la con--

sanguinidad, porque se observa en casi todos los híbridos F_1 entre genitores no relacionados. Hasta las especies que parecen no degenerar por la autofecundación suelen beneficiarse de la hibridación por tanto, no es sorprendente que los primeros hibridadores de plantas observaran más la heterosis y dieran más importancia a ésta que a la depresión debido a la consanguinidad. (1)

Esto se comprende si se considera que los efectos benéficos de la heterosis tienen su máxima expresión en la F_1 , mientras que la depresión causada por la autofecundación es menos visible porque la selección retrasa o contrarresta sus efectos. (1)

El fundamento genético de la heterosis y la consanguinidad trata de ser explicado con dos hipótesis. La más aceptada para explicar la depresión producida por la consanguinidad y el fenómeno del vigor híbrido fué propuesta por Davenport (1908), Bruce (1910), Kooble y Pellew (1910). En dicha hipótesis existe el supuesto de que las especies alógamas están compuestas por un gran número de individuos genéticamente diferentes, muchos de los cuales llevan genes recesivos perjudiciales ocultos en los heterocigotos. Cuando se autofecundan dichos individuos aumenta la homocigosis, apareciendo varios tipos degenerados homocigóticos recesivos, plantas sin clorofila con flores anormales, semillas defectuosas, etc., también se manifiestan otros caracteres que no conducen a la extinción directa pero que obstaculizan el desarrollo como: sistemas radiculares deficientes, enanismo, deficiencia parcial de clorofila, etc. (1)

El aumento de la frecuencia de genes deletéreos parece explicar parte de los efectos perjudiciales de ésta. Algunas líneas reciben más genes favorables que otras, lo que explica las diferencias observadas en el grado de depresión producida por la consanguinidad en diferentes líneas. (1)

Bajo esta hipótesis, el cruzamiento de líneas puras conduciría a la formación de híbridos en los que los genes perjudiciales recesivos procedentes de un genitor estarían ocultos como en el material original de polinización abierta por alelos dominantes procedentes del otro genitor; por lo tanto, la respuesta exacta a los cruzamientos depende de los genotipos de las líneas puras empleadas en los mismos. (1)

Algunos genotipos se complementan bien para producir híbridos mejores que la variedad original de polinización abierta, mientras otros no combinan bien en virtud de la reunión de genes dominantes y recesivos que recibieron durante la segregación. (1)

Esta hipótesis fue llamada "hipótesis de la dominancia ó de la dominancia de genes ligados".

La otra hipótesis fué propuesta por Shull y East en 1908; ellos supusieron que hay un estímulo fisiológico del desarrollo que aumenta con la diversidad de los gametos que se unen. En términos mendelianos esto significa que hay loci en que el heterocigoto es superior al homocigoto y que el vigor aumenta en proporción a la cantidad de heterocigosis. Esta hipótesis es llamada como la super dominancia de la heterosis.

Ambas hipótesis tienen sus objeciones aunque las dos tratan

de explicar los efectos de la heterosis y de la endogamia.

Hasta hace relativamente poco tiempo se consideraba que la formación de variedades híbridas era un método casi exclusivo para mejorar la producción en plantas alógamas ya que era en estas plantas donde se había observado el máximo de depresión, después un efecto de vigor y alta productividad debido a la condición heterocigótica ocasionada por la hibridación; no obstante, al estudiar cuidadosamente los híbridos entre plantas autógamas se ha encontrado que también en muchas combinaciones incrementan la productividad en la generación F_1 . (3)

Los resultados obtenidos en muchas plantas con respecto al vigor híbrido demuestra que la heterosis puede manifestarse tanto en plantas alógamas como en autógamas, siendo la única condición la selección de progenitores con buena Aptitud Combinatoria General y buena Aptitud Combinatoria Específica. (3)

Los métodos para realizar los cruzamientos artificiales son los siguientes:

- a) Castración mecánica o manual.
- b) Androesterilidad citoplásmica genética.
- c) Autoincompatibilidad.
- d) Uso de sustancias químicas. (3)

La producción de semilla híbrida a nivel comercial en el sorgo ha sido económicamente factible gracias a la androesterilidad citoplásmica genética, la cual requiere la participación de tres líneas, la línea "A" o línea androestéril que funge como hembra. La línea "B" que es la línea mantenedora de la androesterilidad (las líneas A y B son isogénicas) y la

línea "R" o línea restauradora de la androfertilidad.

A continuación se presenta un sistema para explicar la androesterilidad citoplásmica genética.

□	$M_s M_s$	Androceo fértil
□	$M_s m_s$	Androceo fértil
□	$m_s m_s$	Androceo estéril
○	$M^s M_s$	Androceo fértil
○	$M_s m_s$	Androceo fértil
○	$m_s m_s$	Androceo fértil

En donde:

- = Citoplasma inductor de la androesterilidad.
 ○ = Citoplasma normal o inductor de la androfertilidad.
 M_s = Gen dominante restaurador de la androfertilidad.
 m_s = Gen recesivo de la androesterilidad.

El citoplasma (fértil o estéril) siempre será transmitido por la hembra a la progenie. (2, 6)

En la Figura 1 se muestra el esquema general que se sigue para la producción de híbridos de sorgo.

Donde se puede ver que la línea "A" es la línea androestéril, la línea "B" es mantenedora de la androesterilidad y la línea "R" es restauradora de la androfertilidad.

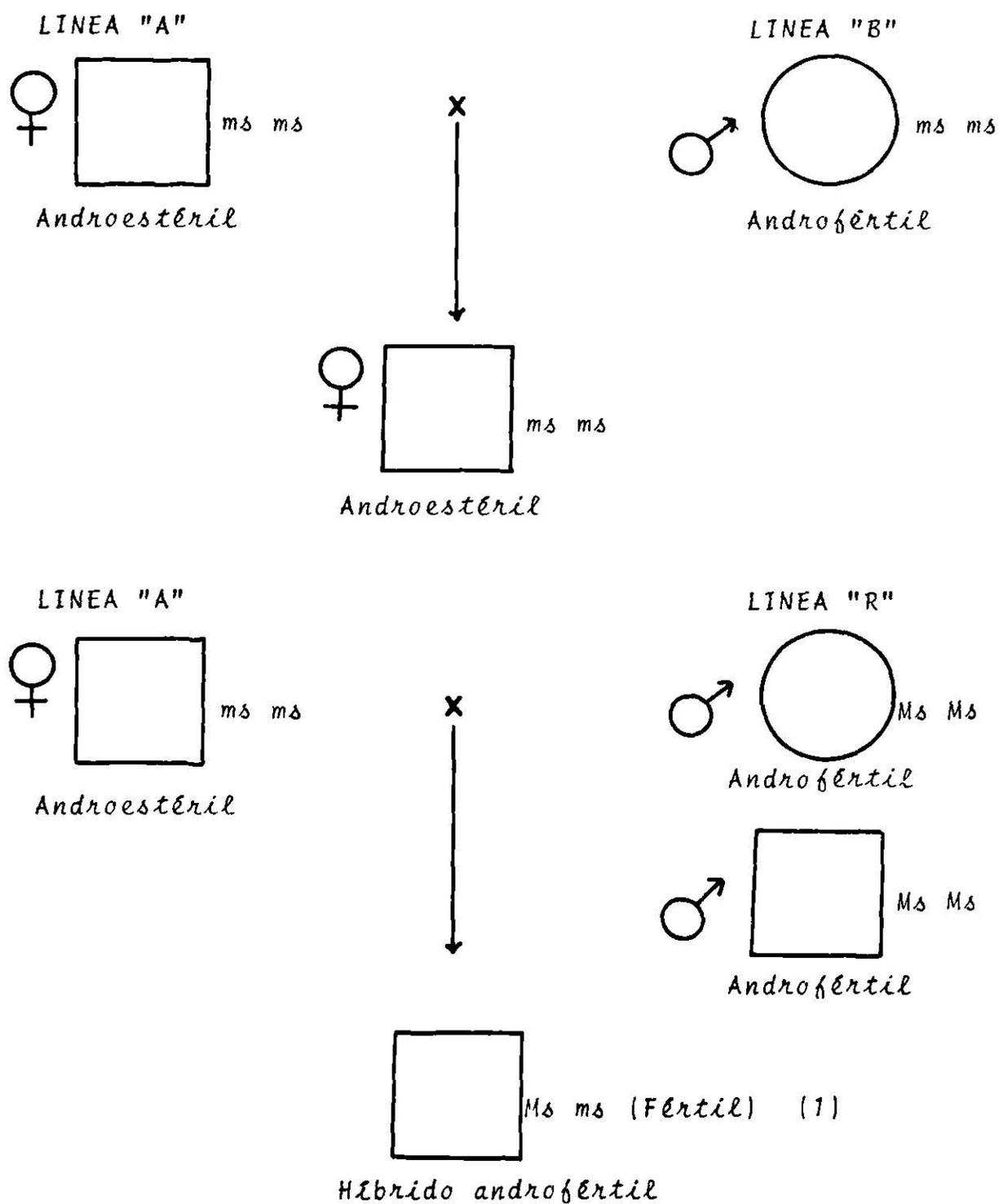


Figura 1.

Esquema general de la formación de híbridos en sorgo utilizando la androesterilidad citoplásmica genética. Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localidad de trabajo

El presente estudio se desarrolló en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la UANL, ubicado en el Municipio de Marín, N.L. Las coordenadas geográficas del lugar son: de Latitud Norte 25°52', de Longitud Oeste 100°03' y una altitud de 393 msnm.

El clima de la región, según la clasificación de Köpen y considerando la modificación hecha para la República Mexicana, es BS wh que significa clima seco árido, registrando una temperatura media anual de 21°C y una precipitación pluvial en los últimos diez años de 573 mm promedio. (7, 8)

3.2. Materiales

Para llevar a cabo el presente trabajo se utilizaron los materiales e implementos agrícolas necesarios para el establecimiento y desarrollo del cultivo, así como para la adecuada toma de datos.

El material genético utilizado en el experimento fue proporcionado por el Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo de la Facultad de Agronomía de la UANL. Dicho experimento formó parte del Subproyecto Sorgo 3 que consistió en la evaluación de 55 híbridos experimentales preliminares (HEP) en el ciclo Marín Primavera de 1979.

Para la formación de los híbridos experimentales se utilizaron como progenitores femeninos cuatro líneas A (líneas androestériles) provenientes de Texas A&M, siendo las siguien-

tes: ATX-398, ATX-399, ATX-623 y ATX-3197; como progenitores masculinos (líneas R restauradoras de la androfertilidad) se emplearon 39 líneas R seleccionadas mediante ensayos preliminares en Marín Primavera de 1978. Los HEP se formaron en Marín Verano de 1978.

El material constó de los siguientes ocho híbridos experimentales: HEP-41, HEP-43, HEP-44, HEP-45, HEP-47, HEP-49, HEP-50 y HEP-52; además se utilizaron como testigos a los híbridos comerciales Oro y Pioneer-866, dando un total de 10 tratamientos en el experimento.

Las líneas progenitoras de los híbridos experimentales (HEP) se muestran en el Cuadro 1.

3.3. Métodos

3.3.1. Diseño experimental

Para la evaluación de los HEP se utilizó el diseño experimental de bloques al azar, el cual se integró por nueve tratamientos y cuatro repeticiones, ya que el HEP-43 se perdió.

Cada tratamiento se asignó aleatoriamente a una unidad experimental que constó de dos surcos de 5 m de longitud y 0.75 m de separación entre ellos. El modelo estadístico mediante el cual fue analizado el experimento fue el siguiente:

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

Donde: Y_{ij} = Es la observación del tratamiento i en la repetición j .

M = Es la media verdadera general.

T_i = Es el efecto verdadero del i -ésimo tratamiento.

B_j = Es el efecto verdadero del j -ésimo bloque.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos y progenitores de los ocho híbridos experimentales preliminares. Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.

Tratamiento	Descripción	Líneas progenitoras
1	HEP - 41	ATX - 399 X S-29
2	HEP - 43(1)	ATX - 3197 X S-30
3	HEP - 44	ATX - 399 X S-31
4	HEP - 45	ATX - 398 X S-33
5	HEP - 47	ATX - 623 X S-34
6	HEP - 49	ATX - 623 X S-35
7	HEP - 50	ATX - 623 X S-36
8	HEP - 52	ATX - 3197 X S-37
9	ORO	TESTIGO
10	PIONEER-866	TESTIGO

(1) EL HEP-43 se perdió por contar con escasa semilla y mala germinación de la misma, quedando solamente 9 tratamientos con 4 repeticiones.

E_{ij} = Es el error experimental de la ij -ésima observación.
(4, 10)

Los tratamientos ya aleatorizados se presentan en la Figura 2.

3.3.2. Trabajo de campo

Para la preparación del terreno se requirió un paso de rastra, después se efectuó la rotura y finalmente se dieron dos pasos de rastra para desmenuzar los terrenos y pulverizar al máximo el terreno.

Rep.

T r a t a m i e n t o s

I	5	4	3	2	1	10	9	8	7	6
II	5	6	1	7	2	8	3	9	4	10
III	3	7	2	4	8	5	9	1	6	10
IV	10	1	7	2	5	9	3	4	6	8

Figura 2. Aleatorización y distribución de tratamientos en el campo. Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.

Con el propósito de mejorar la eficiencia del riego y a la vez tratar de disminuir una fuente de error experimental, debido a una posible mala distribución del agua de riego en los bloques, se realizó un proyecto y trazo de riego mediante un levantamiento topográfico, utilizando una cuadrícula de 20 m x 20 m; posteriormente, cuando ya se determinaron todas las cotas del terreno por medio de cada vértice de la cuadrícula se trazaron curvas de nivel a cada 10 cm de desnivel para después tener una pendiente de 0.1 %.

Conociendo el sentido de las pendientes gracias a las curvas de nivel, se marcaron los bloques o repeticiones en el campo con sus respectivas regaderas tomando en cuenta la dirección del riego.

3.3.3. Labores de cultivo

La siembra se realizó en seco el 25 de Marzo de 1979, depositando la semilla a chorrito en el fondo del surco, dejándola a una profundidad de 3 a 5 cm.

La densidad de siembra calculada fué de aproximadamente 290 000 plantas/ha; inmediatamente después se aplicó el riego de asiento para asegurar la germinación de la semilla y el desarrollo de las plantas durante la primera etapa de su desarrollo.

Cuando las plantas tenían de 15 a 20 cm de altura, se les proporcionó el primer cultivo con el objeto de combatir las malas hierbas y además aporcarle tierra a la base del tallo para darle mayor sostén a la planta. Después se efectuó el aclareo con el fin de dejar la densidad de 250 000 plantas/ha, teniendo una distancia de 4 a 5 cm entre plantas.

En seguida del aclareo se continuó con un deshierbe con azadón con el propósito de eliminar las malezas que hubieren quedado después del cultivo.

Se aplicaron dos riegos de auxilio durante el desarrollo del cultivo; el primero se aplicó a los 43 días después de la siembra y el segundo auxilio a los 53 días a partir de la fecha de siembra.

La cosecha se efectuó el 10 de Julio de 1979 (107 días)

cuando el grano tenía de un 16 a un 18 % de humedad.

Para lo anterior se procedió a cortar las panojas con raquis, únicamente de las plantas que tenían competencia completa.

3.3.4. Toma de datos

Características cualitativas. Se consideró una serie de caracteres cualitativos durante el desarrollo del cultivo, con la finalidad de tener una mayor información de los materiales estudiados. Tal caracterización se hizo en base a cualidades desde el punto de vista agronómico midiéndolas en forma visual, es decir, sin cuantificarlas. A continuación se enumeran y se describe cada una de ellas.

a) *Tipo agronómico.* De acuerdo a la apariencia general promedio en cada uno de los diferentes tratamientos del cultivo y tomando en cuenta los diferentes aspectos desde el punto de vista de uniformidad agronómica, así como de buenos caracteres en cuanto a altura, sanidad, precocidad, tipo de panoja, tamaño de panoja y color de grano, se clasificó en base a la siguiente escala:

0 = Mala. Cuando se observaba heterogeneidad, caracteres indeseables y ataque de enfermedades en los materiales estudiados.

1 = Regular. Cuando se presentaban características buenas en términos medianamente aceptables.

2 = Buena. En el caso de que la mayoría del material tuviera características favorables.

3 = Excelente. Al tener alta uniformidad de las características más importantes desde el punto de vista agronómi-

co.

b) *Sanidad.* Para determinar el grado de sanidad en cuanto a las enfermedades más comunes bajo las condiciones ambientales prevalcientes en el campo, se consideró la misma escala anterior para evaluar los HEP y los testigos. En seguida se describe cada valor de la escala:

0 = Mala. Cuando se observaba ataques fuertes de una o varias enfermedades.

1 = Regular. Al encontrar de un 59 a un 60% de plantas atacadas por alguna enfermedad con poca intensidad de daños.

2 = Buena. En el caso de que se observara poca presencia y poco daño de enfermedades en los materiales

3 = Excelente. Al no detectarse la incidencia de enfermedades en las plantas.

c) *Tipo de panoja.* Las panojas de cada tratamiento se clasificaron como de forma abierta, semiabierta (semicompacta) y cerrada (compacta). Para tal clasificación se tomó en cuenta la forma más común y anotando si había variación en tal carácter.

d) *Color de grano.* Se observó el grado de homogeneidad de los materiales (tratamientos) en relación con este carácter y se anotó el color predominante así como también si existía variación en el mismo.

Características cuantitativas. Con el fin de caracterizar mejor a los tratamientos y poder discriminarlos estadísticamente, se procedió a cuantificar los caracteres siguientes:

- a) *Altura de planta (cm)*. Se midió la altura de 10 plantas tomadas al azar y con competencia completa, desde la superficie del suelo hasta donde se encontraba la hoja bandera para después obtener el promedio de cada tratamiento.
- b) *Longitud de excursión (cm)*. En las mismas plantas de la muestra se midió la excursión desde la hoja bandera hasta el inicio o base de la panoja, obteniendo después la media.
- c) *Longitud de panoja (cm)*. En la muestra considerada se procedió a medir desde la base de la panoja hasta la punta terminal de la misma determinando después el promedio en cada tratamiento.
- d) *Rendimiento de grano (g/parcela)*. Para poder estimar la capacidad rendidora de los híbridos experimentales preliminares y debido a que este carácter era el principal objeto de la evaluación, se cosecharon plantas con competencia completa en cada parcela experimental, cortando las panojas y dejándoles una longitud de raquis uniforme, pesándose inmediatamente para obtener así el rendimiento de campo (g/parcela). Posteriormente se tomó una muestra aleatoria de 15 panojas con raquis y se pesaron (g); luego se desgranaron para obtener el peso de grano de dicha muestra dando la variable peso de grano de 15 panojas (g).

En seguida se sacó la relación porcentual del peso de grano de las 15 panojas para que finalmente con el rendimiento de campo y el porcentaje de grano se determinara el rendimiento estimado de grano (g/parcela).

- e) *Rendimiento estimado de grano ajustado al 12% de humedad (g/parcela)*. Para obtener lo anterior fue necesario deter-

minar el porcentaje de humedad del grano de cada parcela para después ajustar al 12% de humedad mediante la fórmula siguiente:

$$RC = Pgh \times \frac{100 - Ph}{88}$$

Donde:

RC= Rendimiento de grano al 12% de humedad (g/parcela)

Pgh= Peso de grano húmedo o peso de campo (g/parcela).

Ph = Porcentaje de humedad del grano. (2)

Es necesario mencionar que al momento de la cosecha se midieron las dos variables siguientes ya que no eran uniformes en todos los tratamientos.

f) Plantas cosechadas por parcela. Se contaron todas las plantas que se cosecharon y que por consiguiente tuvieron competencia completa.

g) Superficie cosechada por parcela (m²). Se midió la longitud del surco en la que se cosecharon plantas con competencia completa para que al multiplicar por la distancia entre surcos se obtuviera la superficie cosechada.

3.3.5. Análisis estadístico

Se procedió al análisis estadístico de las variables medidas bajo dos criterios, unas por análisis de varianza y otras por covarianza; las variables altura de planta (cm), longitud de excursión (cm) y longitud de panoja (cm) se manejaron por análisis de varianza.

Para el análisis del rendimiento se usaron las variables:
rendimiento de campo peso de 15 panojas peso de

grano de 15 panojas, porcentaje de humedad, plantas cosechadas por parcela y superficie cosechada por parcela.

Con éstas se procedió a calcular las variables rendimiento estimado de grano (g/parcela) y rendimiento estimado de grano ajustado al 12% de humedad (g/parcela).

En el análisis estadístico se utilizó el análisis de covarianza para tratar de reducir el error experimental y aumentar la precisión de los resultados, ya que mediante este análisis se elimina la variabilidad debida a la covariable no sólo en la variación del error experimental sino que también en las demás fuentes de variación separadas en el análisis de varianza.(4)

Las variables utilizadas en el análisis de covarianza fue ron el rendimiento estimado de grano (g/parcela) y el rendimien to estimado de grano ajustado al 12% de humedad (g/parcela), usándose como covariables: número de plantas cosechadas por par cela y la superficie cosechada por parcela (m^2), de tal manera que resultaron cuatro análisis de covarianza.

Las hipótesis estadísticas planteadas en cada uno de los análisis de covarianza y varianza fueron las siguientes:

$H_0: T_1 = T_2 = \dots = T_9$ ó sea que todos los tratamien tos fueron iguales; contra la $H_a: T_1 \neq T_2 \neq \dots \neq T_9$, es decir que al menos existió un tratamiento diferente a los demás.

En los análisis donde hubo diferencia significativa entre tratamien tos se realizó la prueba de comparación de medias de Duncan para determinar cuál ó cuáles tratamien tos fueron superiores.

Por último, se realizaron análisis de correlación fenotí-

picas empleando las variables de interés como fueron:

- a) Rendimiento estimado de grano ajustado al 12% de humedad (g/parcela).*
- b) Altura de planta (cm).*
- c) Longitud de excursión (cm).*
- d) Longitud de panoja (cm).*

El análisis estadístico se realizó usando el paquete SPSS del Centro de Cálculo de la UANL.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo con los materiales biológicos empleados y con lo expuesto en el capítulo anterior, se presentan los resultados obtenidos así como la discusión de los mismos. Solamente en los casos en que se aceptó la hipótesis alternante, se procedió a la comparación de las medias.

4.1. Rendimiento de grano

Para probar las hipótesis planteadas se realizaron los análisis de covarianza en las variables rendimiento estimado de grano y rendimiento estimado de grano al 12% de humedad con las covariables plantas cosechadas y superficie cosechada.

En los Cuadros 11 y 12 del Apéndice se presentan los análisis de covarianza para el rendimiento estimado de grano (g/parcela) con plantas cosechadas y con superficie cosechada (m^2), respectivamente. En el mismo Apéndice, pero en los Cuadros 15 y 16 se muestran los resultados respectivos de los análisis para el rendimiento estimado de grano al 12% de humedad (g/parcela) con las covariables plantas cosechadas y superficie cosechada (m^2).

En dichos cuadros no se observa diferencia estadística entre los tratamientos a ambos niveles de significancia (0.05 y 0.01). Por lo tanto se acepta la hipótesis nula en tales análisis y se puede decir que todos los tratamientos son estadísticamente iguales en la producción de grano, por lo que no se requiere efectuar la comparación de medias.

No obstante tales resultados, en los Cuadros 13 y 14 del Apéndice se exponen las medias de rendimiento estimado de grano

ajustado por cada covariable, respectivamente.

Los promedios de rendimiento estimado de grano al 12% de humedad ajustado por cada covariable, se muestran respectivamente en los Cuadros 2 y 3. Se adjunta en estas concentraciones la producción en kg/ha que se estimó de acuerdo a los rendimientos observados en cada tratamiento.

De la manera siguiente, se puede apreciar en dichos cuadros de concentración de medias de rendimiento estimado de grano al 12% de humedad, que los híbridos comerciales (testigos) Oro y Pioneer-866 y los HEP-41 y HEP-52, muestran ser un tanto superiores que el resto de los materiales, aunque en los análisis de covarianza no se observe diferencia estadística a ambos niveles de significancia (0.05 y 0.01) entre los tratamientos.

En los Cuadros 13 y 14 del Apéndice donde se presentan las medias obtenidas para rendimiento estimado de grano, se observa que los materiales tienen el mismo comportamiento que muestran en los Cuadros 2 y 3, encontrándose que los tratamientos más sobresalientes son los mismos que se aprecian en éstos, pudiéndose determinar que las líneas que forman las mejores combinaciones para producción de grano (rendimiento) son los siguientes: ATX-399 con S-29 y ATX-3197 con S-37.

El hecho de que en los análisis realizados se hayan utilizado las covariables número de plantas y superficie cosechada, fue con la finalidad de eliminar la variabilidad presentada por estos dos factores, ya que por diversas causas no se logró tener uniformidad en las parcelas experimentales. Por otro lado se aumenta la precisión de los resultados al eliminar una posible fuente de error experimental.

Debido a que en los análisis de covarianza no se observa significancia estadística entre los tratamientos y dado que se presentan altos coe-

Cuadro 2. Concentración de medias de rendimiento estimado de grano al 12% de humedad ajustado por la covariable plantas cosechadas. Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.

Tratamiento	Descripción	Rendimiento	
		g/parcela	kg/ha
1	HEP - 41	2 971.87	5 485.93
3	HEP - 44	2 219.65	4 097.37
4	HEP - 45	2 446.57	4 516.25
5	HEP - 47	2 332.61	4 305.89
6	HEP - 49	2 557.91	4 721.78
7	HEP - 50	2 389.35	4 410.63
8	HEP - 52	3 021.13	5 576.87
9	O R O	3 038.56	5 604.04
10	PIONEER-866	3 172.95	5 857.12

Cuadro 3. Concentración de medias de rendimiento estimado de grano al 12% de humedad ajustado por la covariable superficie cosechada (m²) Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.

Tratamiento	Descripción	Rendimiento	
		g/parcela	kg/ha
1	HEP - 41	3 042.96	6 111.58
3	HEP - 44	1 966.17	3 948.92
4	HEP - 45	2 650.44	5 323.23
5	HEP - 47	2 203.45	4 425.48
6	HEP - 49	2 517.25	5 055.73
7	HEP - 50	2 321.49	4 662.56
8	HEP - 52	2 816.98	5 657.72
9	O R O	3 278.70	6 585.05
10	PIONEER-866	3 353.16	6 734.60

ficientes de variación (18.81% y 19.95%), se puede decir que la no significancia estadística se debió a la influencia de factores aleatorios entre los cuales se podrían considerar los siguientes: La mala distribución del agua de riego, no obstante que se trazaron curvas de nivel para tratar de uniformizar las láminas de agua aplicadas.

Otra causa que puede ser de importancia, es la heterogeneidad del suelo en cuanto a la fertilidad del mismo, así como también es de tomarse en cuenta el tamaño de parcela, ya que por no contar con suficiente semilla, se utilizaron dos surcos de 5 m de largo por 0.75 m de separación, la cual se considera demasiado pequeña para este tipo de experimentos.

En términos generales, los resultados obtenidos en el presente experimento no se consideran del todo confiables hasta en tanto no se repita el ensayo bajo condiciones de manejo mas favorables.

4.2. Caracteres agronómicos

Se realizaron los análisis de varianza correspondientes a las variables altura de planta (cm), longitud de excursión (cm) y longitud de panoja (cm), con el fin de probar las hipótesis planteadas y a la vez observar el comportamiento de los materiales en tales caracteres.

En los casos donde se observó al menos diferencia estadística entre tratamientos (nivel de significancia de 0.05), se procedió a efectuar la prueba de comparación de medias por el método de Duncan, con la finalidad de determinar qué tratamientos resultaron ser superiores para dichos caracteres.

En el Cuadro 4 se presenta el análisis de varianza para altura de planta en el que se ve que existe una diferencia altamente significativa entre tratamientos, por lo que en el Cuadro 5 se presenta la comparación de medias por el método de Duncan. En dicho cuadro se nota que resulta-

Cuadro 4. Análisis de varianza para altura de planta (cm).
Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.

F. V.	G.L.	S. C.	C. M.	F. C.	F. T.	
					0.05	0.01
Tratamientos	8	4 976.955	622.119	35.618 **	2.36	3.36
Bloques	3	764.941	254.980	14.598 **	3.01	4.72
Error	24	419.192	17.466			
Total	35	6 161.087				

$\bar{X} = 70.97$ cm

C.V. = 5.89 %

** = Diferencia altamente significativa

Cuadro 5. Comparación de medias para altura de planta (cm).
Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.

Tratamiento	Descripción	Altura (cm)	= 0.05
6	HEP - 49	90.02	
7	HEP - 50	83.25	
5	HEP - 47	81.47	
10	PIONEER-866	73.90	
3	HEP - 44	66.40	
8	HEP - 52	66.02	
4	HEP - 45	65.95	
1	HEP - 41	62.39	
9	O R O	49.35	

Grupo de medias	2	3	4	5	6	7	8	9
R. E.	2.93	3.08	3.17	3.24	3.29	3.32	3.35	3.37
R. M. E.	6.120	6.434	6.622	6.768	6.872	6.935	6.998	7.039

C. V. 5.89 %

$S_{\bar{y}} = \frac{\sqrt{17.466}}{4} = 2.089$

ron ser más altos los híbridos experimentales preliminares HEP-49, HEP-50 y HEP-47, observándose que el híbrido HEP-49 es superior estadísticamente a los otros dos híbridos experimentales (HEP-50 y HEP-47). El resto de los materiales mostraron ser iguales estadísticamente, excepto el testigo Oro que resultó ser diferente a todos, ya que presentó la menor altura.

Considerando el carácter altura de planta con el rendimiento estimado de grano al 12% de humedad, en términos generales se puede ver que los híbridos HEP-41 y HEP-52 que tienen altura intermedia al igual que el testigo Pioneer-866, son los que mostraron una mayor producción de grano aunque esto último, no estadísticamente.

Por otra parte, se puede apreciar un coeficiente de variación bastante bajo (5.89%), por lo tanto, se deduce que los resultados obtenidos para esta variable pueden ser confiables.

En el Cuadro 6 se presenta el análisis de varianza para la variable longitud de excursión (cm), en donde se observa una diferencia altamente significativa entre tratamientos; por lo tanto, en el Cuadro 7 se realiza la comparación de medias correspondientes por el método de Duncan. Es necesario notar que dentro de cada tratamiento había variación en este carácter, es decir, muy heterogéneo.

Cuadro 6. Análisis de varianza para longitud de excersión (cm). Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	F. T.	
					0.05	0.01
Tratamientos	8	598.230	74.779	5.139 **	2.36	3.36
Bloques	3	14.149	4.716	0.324 NS	3.01	4.72
Error	24	349.201	14.550			
Total	35	961.580				

$\bar{X} = 13.27$ cm.

C. V. = 28.74%

** = Diferencia altamente significativa

NS = No significativa.

Cuadro 7. Comparación de medias para longitud de excersión (cm). Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.

Tratamiento	Descripción	Longitud de excersión (cm)	= 0.05
10	PIONEER - 866	21.13	
4	HEP - 45	17.78	
1	HEP - 41	16.50	
9	ORO	13.15	
7	HEP - 50	12.35	
6	HEP - 49	10.68	
5	HEP - 47	10.25	
8	HEP - 52	9.13	
3	HEP - 44	8.45	

Grupo de medias	2	3	4	5	6	7	8	9
R. E.	2.93	3.08	3.17	3.24	3.29	3.32	3.35	3.37
R. M. E.	5.587	5.873	6.045	6.178	6.274	6.331	6.388	6.426

C. V. = 28.74 %

$S \bar{y} = \sqrt{\frac{14.55}{4}} = 1.907$

En este cuadro se observa que el testigo Pioneer-866 y los híbridos experimentales preliminares HEP-45 y HEP-41 resultaron ser iguales estadísticamente y a la vez presentan mayor excursión que el resto de los materiales.

Se puede apreciar que el coeficiente de variación para este análisis es de 28.74%, por lo que se considera demasiado alto, suponiéndose que hubo influencia de factores aleatorios que propiciaron el incremento de éste.

El análisis de varianza para la variable longitud de panoja (cm) se expone en el Cuadro 8; en éste se encuentra una diferencia significativa entre tratamientos. Por lo anterior se procede a comparar las medias de los tratamientos por el método de Duncan, mostrándose en el Cuadro 9.

El resultado de dicha comparación indica que el híbrido experimental HEP-50 mostró tener panojas más grandes que el resto de los materiales. En los demás tratamientos no se observó diferencia significativa en relación a este carácter.

Por otro lado, los resultados del análisis estadístico registran un coeficiente de variación alto (20.36%). Por lo que se considera - que hubo influencia de factores aleatorios.

Es importante hacer notar que en las tres variables estudiadas, se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, lo cual puede deberse a que las líneas progenitoras de los materiales evaluados contenían una gran diversidad genética para estos caracteres, lo que originó que se presentaran diferencias significativas entre éstos.

Cuadro 8. Análisis de varianza para longitud de panoja (cm).
Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	F. T.	
					0.05	0.01
Tratamientos	8	695.206	86.901	2.909 *	2.36	3.36
Bloques	3	228.232	70.077	2.546 NS	3.01	4.72
Error	24	717.028	29.876			
Total	35	1 640.466				

$\bar{X} = 26.84$ cm.

C. V. = 20.36 %

* = Diferencia significativa

NS = No significativa.

Cuadro 9. Comparación de medias para longitud de panoja (cm).
Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.

Tratamiento	Descripción	Longitud de panoja (cm)	= 0.05					
7	HEP - 50	37.68						
5	HEP - 47	29.45						
9	ORO	27.50						
6	HEP - 49	26.70						
1	HEP - 41	26.05						
3	HEP - 44	25.33						
4	HEP - 45	23.63						
8	HEP - 52	22.88						
10	PIONEER-866	22.35						
Grupo de medias	2	3	4	5	6	7	8	9
R. E.	2.13	3.08	3.17	3.24	3.29	3.32	3.35	3.37
R. M. E.	5.81	8.40	8.65	8.84	8.98	9.06	9.14	9.20

C. V. = 20.36 %

$$S_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{19.876}{4}} = 2.73$$

4.3. Correlaciones fenotípicas

En el presente trabajo se obtuvieron los coeficientes de correlación entre las variables rendimiento estimado de grano al 12% de humedad (g/parcela), altura de planta (cm), longitud de excursión (cm) y longitud de panoja (cm).

Lo anterior fue con el objeto de determinar el grado de asociación entre dichas variables y también ver qué tipo de correlación existe en caso de que haya y si se puede usar en futuros trabajos de selección de materiales mejorados.

En el Cuadro 10 se presentan los coeficientes de correlación obtenidos entre cuatro caracteres.

Según se observa en dicho cuadro, existe una correlación positiva y altamente significativa para rendimiento estimado de grano al 12% de humedad con longitud de excursión, por lo que se puede decir que a mayor excursión mayor será el rendimiento, aunque cabe hacer la observación de que a pesar de que es altamente significativa esta correlación, el valor del coeficiente es de 0.4, por lo cual se considera sumamente bajo y de poca aplicación práctica.

Para altura de planta se observó una correlación positiva y significativa con longitud de panoja, por lo que se asume que a mayor altura de planta mayor longitud de panoja, el coeficiente de esta correlación también se considera de bajo valor (0.4), por lo tanto se puede decir que no es de aplicación práctica.

Cuadro 10. Coeficientes de correlación entre cuatro caracteres agronómicos del sorgo. Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.

	Rend. est. de grano (12% H ^o)	Altura de planta (cm)	Long. de excursión (cm)
Altura de planta (cm)	- 0.23416		
Long. de excursión (cm)	0.42349 **	- 0.06834	
Long. de panoja (cm)	- 0.11108	0.40101 *	- 0.12485

* Diferencia significativa

** Diferencia altamente significativa

G. L. (N-2)	0.05	0.01
34	0.325	0.418

En el resto de las variables estudiadas se registran correlaciones negativas pero sin llegar a mostrar significancia estadística, por lo tanto no se puede concluir respecto a las otras correlaciones, porque las asociaciones no son significativas estadísticamente atribuyéndose a factores aleatorios las diferencias que se pudieran observar en la variable correlacionada.

Como complemento a toda la información antes citada, en el Cuadro 17 del Apéndice, se presenta la concentración de los datos que sirvieron para caracterizar a los materiales utilizados.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente experimento para las diferentes variables analizadas y los materiales empleados en el ciclo de primavera de 1979 en Marín, N.L., se pueden deducir las conclusiones y recomendaciones siguientes.

5.1. Conclusiones

1. En los análisis de covarianza realizados para rendimiento de grano no se observó diferencia significativa entre tratamientos, por lo que se puede decir que éstos fueron estadísticamente iguales en su producción de grano.
2. Debido a que se presentaron valores muy altos de los coeficientes de variación en los análisis de covarianza, se deduce que puede haber influencia de factores aleatorios que no fue posible controlarlos durante el desarrollo del experimento, lo que originó una baja precisión en los resultados obtenidos.
3. No obstante que los tratamientos no presentaron diferencia estadística, se notó que los dos testigos híbridos comerciales (Oro y Pioneer-866) y los HEP-52 y HEP-41 resultaron con los mayores rendimientos de grano.

4. Las líneas progenitoras que se consideran más prometedoras en base a su combinación para la producción de grano son:
ATX-399, S-29, ATX-3197 y S-37.
5. En los análisis de varianza efectuados para las variables altura de planta, longitud de excursión y longitud de panoja, se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos.
6. El tratamiento que resultó tener mayor altura de planta fue el HEP-49, después le siguen los HEP-50 y HEP-47.
7. Para la variable longitud de excursión se determinó que el testigo Pioneer-866, HEP-45 y HEP-41 mostraron ser los de mayor excursión.
8. En cuanto a la variable longitud de panoja se observó que el HEP-50 presentó las panojas de mayor longitud.
9. De acuerdo a los resultados de los análisis de varianza, se pudo observar que únicamente para la variable altura de planta se encontró un coeficiente de variación bajo (5.89%), para los variables longitud de excursión y longitud de panoja se presentaron coeficientes de variación sumamente altos (28.76% y 20.36%).
10. Según el análisis de correlaciones fenotípicas, se pudo observar que entre el rendimiento estimado de grano al 12% de humedad y la longi

tud de excursión, existe una correlación positiva y altamente significativa; entre la altura de planta y la longitud de panoja, se encontró una asociación positiva y significativa.

5.2. Recomendaciones

1. Debido a que en un solo ensayo de rendimiento para los híbridos experimentales preliminares los resultados no son altamente confiables, es necesario que se continúen realizando ensayos uniformes de rendimiento por varias ocasiones y en varias localidades para evaluarlos con mayor precisión.
2. Es importante mantener el cuidado en el manejo del experimento en el campo, para reducir el error experimental y los altos coeficientes de variación.
3. Aumentar el tamaño de la unidad experimental (parcela), para contrarrestar el efecto de orilla.
4. Tratar de controlar la aplicación del riego por medio de curvas de nivel y mediante la utilización de sifones para reducir una importante fuente de error experimental.
5. Efectuar aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y fosforados para tratar de contrarrestar el efecto de heterogeneidad del suelo en cuanto a fertilidad del mismo. De ser posible, realizar análisis de

laboratorio previo a las aplicaciones.

- 6. Conservar e incrementar las líneas ATX-399 y ATX-3197 para buscar nuevas y mejores combinaciones con líneas "R" sobresalientes previamente seleccionadas.*

VI. RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., ubicado en el Municipio de Marín, N.L. El material genético utilizado en el experimento fue proporcionado por el Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. Constó de ocho híbridos experimentales y los híbridos comerciales Oro y Pioneer-866 que fungieron como testigos.

El diseño experimental que se utilizó fue el de bloques al azar que se integró finalmente por nueve tratamientos y cuatro repeticiones, ya que se perdió un tratamiento en el campo. El tamaño de parcela que se utilizó fue de dos surcos de 5 m de longitud y 0.75 m de separación.

Para evaluar los materiales se procedió a tomar una serie de datos que se clasificaron en características cualitativas y cuantitativas. Dentro de los primeros se midió el tipo agronómico, la sanidad general, el tipo de panoja y el color de grano. Entre los caracteres cuantitativos que se analizaron se tienen los siguientes: altura de planta, longitud de excursión, longitud de panoja, rendimiento de grano, rendimiento estimado de grano al 12% de humedad, plantas cosechadas por parcela y superficie cosechada por parcela. Se procedió al análisis estadístico de las variables mencionadas bajo dos criterios, unas por análisis de varianza y otras por covarianza.

El análisis de covarianza se utilizó para tratar de reducir el error experimental y aumentar la precisión de los resultados. Las va-

riables utilizadas en el análisis de covarianza fueron únicamente el rendimiento estimado de grano (g/parcela) y el rendimiento estimado de grano al 12% de humedad (g/parcela), usándose como covariables: las plantas cosechadas y la superficie cosechada (m^2): El resto de las variables fue por medio de análisis de varianza.

En los análisis donde hubo diferencia significativa entre tratamientos, se realizó la prueba de comparación de medias de Duncan para determinar cuál o cuáles tratamientos fueron superiores.

Finalmente se realizaron análisis de correlaciones fenotípicas empleando las variables siguientes: rendimiento estimado de grano ajustado al 12% de humedad (g/parcela), altura de planta (cm), longitud de excursión (cm) y longitud de panoja (cm).

En los análisis de covarianza no se observó diferencia estadística entre tratamientos a ambos niveles de significancia (0.05 y 0.01), por lo tanto se aceptó la hipótesis nula y se puede decir que todos los tratamientos son estadísticamente iguales en la producción de grano, aunque los coeficientes de variación fueron muy altos.

En la comparación de medias para altura de planta se observó que resultaron ser más altos los HEP-49 y HEP-47. Para la variable longitud de excursión resultaron con mayor valor el testigo Pioneer-866 y los híbridos HEP-45 y HEP-41. En cuanto a la variable longitud de panoja se observó que el HEP-50 presentó las panojas más grandes.

En el análisis de correlación se vio una asociación positiva y altamente significativa para rendimiento estimado de grano al 12% de humedad con longitud de excursión. Para altura de planta se observó una correlación positiva y significativa con longitud de panoja.

VII. BIBLIOGRAFIA CITADA

1. Allard, R.W. 1975. *Principios de la mejora genética de las plantas*. Segunda Edición. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España.
2. Arzola O., J.A., M. Aguilar S., E. Acosta D., G. Barrera V., D. Calderón T., M.A. Cantú A., J.L. Cantú P., L. Cerecero G., M. Contreras N., R. Herrera M. y S. Rodríguez L. 1978. *Informe de actividades de investigación del Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo, para las partes bajas del Estado de Nuevo León*. Tesis Profesional. Fac. de Agronomía, UANL. Monterrey, N.L.
3. Brauer H., O. 1969. *Fitogenética aplicada*. Primera Edición. Editorial Limusa-Wiley, S.A. México, D.F.
4. De la Loma, J.L. 1966. *Experimentación agrícola*. Segunda Edición. Editorial UTEHA (Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana). México, D.F.
5. De la Garza, J.L. 1974. *Curso de fitopatología*. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N.L.
6. Elliot, F.C. 1967. *Mejoramiento de plantas-citogenética*. Primera Edición. Compañía Editorial Continental, S.A. México-España.
7. García M., E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Segunda Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria. México 20, D.F.

8. Moya P., J. 1979. Caracterización por rendimiento de 27 líneas "R" experimentales de sorgo (Sorghum vulgare Pers.) en Marín, N.L. Tesis Profesional. Fac. Agronomía, U A N L Monterrey, N.L.
9. Poehlman, J.M. 1965. Mejoramiento genético de las cosechas. Primera Edición. Editorial Limusa-Wiley, S.A. México, D.F.
10. Reyes C., P. 1978. Diseño de experimentos agrícolas. Primera Edición. Editorial Trillas, S.A. México, D.F.
11. Robles S., R. 1975. Producción de granos y forrajes. Primera Edición. Editorial Trillas, S.A. México, D.F.

VIII. A P E N D I C E

Cuadro 11. Análisis de covarianza para rendimiento estimado de grano (g/parcela) con plantas cosechadas. Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.	
					0.05	0.01
Covariable	1	8 251 759.961	8 251 759.961	32.407 **	4.28	7.88
Tratamientos	8	3 410 917.116	426 364.639	1.674 NS	2.38	3.41
Bloques	3	549 288.101	183 906.034	0.719 NS	3.03	4.76
Error	23	5 856 404.881	254 626.299			
Total	35	18 024 080.180				

\bar{X} = 2 696.76 g

C.V. = 18.71 %

Cuadro 12. Análisis de covarianza para rendimiento estimado de grano (g/parcela) con superficie cosechada (m²). Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.	
					0.05	0.01
Covariable	1	5 931 788.317	5 931 788.317	20.956 **	4.28	7.88
Tratamientos	8	4 858 107.941	607 263.493	2.145 NS	2.38	3.41
Bloques	3	849 781.678	283 260.559	1.001 NS	3.03	4.76
Error	23	6 510 443.129	283 062.745			
Total	35	18 024 080.180				

\bar{X} = 2 696.76 g

C.V. = 19.73 %

** = Diferencia altamente significativa

NS = No significativa.

Cuadro 13. Concentración de medias de rendimiento estimado de grano ajustado por la covariable plantas cosechadas. Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.

Tratamiento	Descripción	Rendimiento	
		g/parcela	kg/ha
1	HEP - 41	2 992.29	5 523.63
3	HEP - 44	2 236.07	4 127.68
4	HEP - 45	2 457.10	4 535.69
5	HEP - 47	2 343.11	4 325.27
6	HEP - 49	2 561.28	4 728.00
7	HEP - 50	2 399.06	4 428.55
8	HEP - 52	3 033.41	5 599.53
9	ORO	3 034.10	5 600.81
10	PIONEER-866	3 214.42	5 933.67

Cuadro 14. Concentración de medias de rendimiento estimado de grano ajustado por la variable superficie cosechada (m^2). Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.

Tratamiento	Descripción	Rendimiento	
		g/parcela	kg/ha
1	HEP - 41	3 062.23	6 150.29
3	HEP - 44	2 010.19	4 037.33
4	HEP - 45	2 646.66	5 315.64
5	HEP - 47	2 221.64	4 462.02
6	HEP - 49	2 518.71	5 058.66
7	HEP - 50	2 334.32	4 688.33
8	HEP 52	2 835.03	5 693.97
9	ORO	3 261.04	6 549.58
10	PIONEER-866	3 381.02	6 790.56

Cuadro 15. Análisis de covarianza para rendimiento estimado de grano (g/parcela) al 12% de humedad con plantas cosechadas. Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.	
					0.05	0.01
Covariable	1	8 294 079.713	8 294 079.713	32.536 **	4.28	7.88
Tratamientos	8	3 318 220.152	414 777.519	1.627 NS	2.38	3.41
Bloques	3	464 330.715	154 776.905	0.607 NS	3.03	4.76
Error	23	5 863 168.048	254 920.350			
Total	35	17 956 838.364				

$$\bar{X} = 2\ 683.40\ g$$

$$C.V. = 18.81\ \%$$

Cuadro 16. Análisis de covarianza para rendimiento estimado de grano₂ (g/parcela) al 12% de humedad con superficie cosechada (m²). Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.	
					0.05	0.01
Covariable	1	5 737 629.171	5 737 629.171	20.013 **	4.28	7.88
Tratamientos	8	4 891 939.612	611 492.452	2.133 NS	2.38	3.41
Bloques	3	748 524,567	249 508.189	0.870 NS	3.03	4.76
Error	23	6 594 039.714	286 697.379			
Total	35	17 956 838.364				

$$\bar{X} = 2\ 683.40\ g$$

$$C.V. = 19.95\ \%$$

** = Diferencia altamente significativa

NS = No significativa.

Cuadro 17. Concentración de caracteres agronómicos del sorgo. Evaluación de HEP en Marín Primavera de 1979.

Tratamiento	Altura (cm)	Long. de expansión (cm)	Long. de panoja (cm)	Días a floración	Tipo agronómico	Sanidad general	Tipo de panoja	Color de grano
HEP - 41	62.39	16.50	26.05	62	Regular	Regular	Compacta	Anaranjado
HEP - 44	66.40	8.40	25.33	62	Buena	Regular	Compacta	Anaranjado
HEP - 45	65.95	17.78	23.63	61	Regular	Regular	Compacta	C a f é
HEP - 47	81.47	10.25	29.45	63	Regular	Regular	Semicompacta	Anaranjado
HEP - 49	90.02	10.68	26.70	65	Buena	Buena	Compacta	C a f é
HEP - 50	83.25	12.35	37.68	64	Regular	Buena	Semicompacta	C a f é
HEP - 52	66.02	9.13	22.88	63	Regular	Buena	Compacta	C a f é
O R O	49.35	13.15	27.50	62	Regular	Regular	Abierta	C a f é
PIONEER-866	73.90	21.13	22.35	61	Buena	Regular	Compacta	Anaranjado

