461
C6p 3

MANIFESTACION DEL VIGOR HIBRIDO EN EL SORGO DE GRANO *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

TESIS

Presentada al Programa de Estudios para Graduados

Universidad Nacional

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)

Por

JOSE ARIEL GUTIERREZ FORERO

Como requisito parcial para optar el grado de

MAGISTER SCIENTIAE

Bogotá, Colombia

1973

TESIS APROBADA POR:

COMITE CONSEJERO

CLIMACO CASSALET D., I.A., Ph. D.

MANUEL TORREGROZA C., I.A., Ph. D.

JOSE ELIECER GOMEZ, I.A., Ph. D.

"El presidente de tesis y el consejo examinador de grado, no serán responsables de las ideas emitidas por el candidato".

(Artículo 217 de los Estatutos de la Universidad Nacional) .

A mi esposa e hija.

AGRADECIMIENTOS

Muy sinceros al Presidente de Tesis, Dr. Clímaco Cassalet, por su orientación y sugerencias. A Daniel Ruidiaz I.A. y a Samuel Muñoz, I.A., por su valiosa cooperación en los - Centros Experimentales Nataima y Palmira.

A Ana Melba Rubio, I.A., M.S., por su invaluable ayuda en la realización de los análisis estadísticos.

CONTENIDO

		Página
1.	INTRODUCCION	1
2.	REVISION DE LITERATURA	3
3.	MATERIALES Y METODOS	15
3.1.	MATERIALES	15
3.2.	METODOLOGIA	17
4.	RESULTADOS Y DISCUSION	22
4.1.	RENDIMIENTO	22
4.2.	NUMERO DE PLANTAS POR PARCELA	27
4.3.	ALTURA DE PLANTA	29
4.4.	EXCERSION DE LA PANOJA	32
4.5.	LONGITUD DE PANOJA	35
4.6.	PESO DEL GRANO POR PANOJA	38
4.7.	NUMERO DE GRANOS POR PANOJA	40
4.8.	PESO DE 300 GRANOS	44
4.9.	NUMERO DE HOJAS VERDES EN EL ESTADO DE FLORACION	48
4.10.	AREA FOLIAR EN EL ESTADO DE FLORACION	50
4.11.	HUMEDAD DEL GRANO A LA COSECHA	52
5.	CONCLUSIONES	72
6.	RESUMEN	77
7.	SUMMARY	81
	BIBLIOGRAFIA	84

LISTA DE TABLAS

		Página
TABLA 1.	Descripción de las líneas parentales utilizadas en este estudio. Datos promedios de 3 semestres.	16
TABLA 2.	Condiciones ambientales reinantes durante la época en que se realizó el ensayo de rendimiento. Nataima 1972 B.	18
TABLA 3.	Condiciones ambientales reinantes durante la época en que se realizó el ensayo. Palmira 1972 B.	19
TABLA 4.	Rendimiento en gramos por parcela y heterosis con relación al promedio parental y al padre superior. Promedio de tres replicaciones, en dos localidades. 1972 B.	23
TABLA 5.	Altura de planta en cms. y heterosis con relación al promedio parental y al padre superior. Corresponde al promedio por planta. Tres replicaciones en dos localidades. 1972 B.	30
TABLA 6.	Excersión de la panoja en cms. y heterosis con relación al promedio parental y al padre superior. Corresponde al promedio por planta. Tres replicaciones en dos localidades. 1972 B.	33
TABLA 7.	Longitud de panoja en cms. y heterosis con relación al promedio parental y al padre superior. Corresponde al promedio por planta. Tres replicaciones en dos localidades. 1972 B.	36

Página

TABLA 8. Peso del grano por panoja en gramos y heterosis con relación al promedio parental y al padre superior. Corresponde al promedio por planta. Tres replicaciones en dos localidades. 1972 B. 39

TABLA 9. Número de granos por panoja y heterosis con relación al promedio parental y al padre superior. Corresponde al promedio por panoja. Tres replicaciones en dos localidades. 1972 B. 41

TABLA 10. Peso de 300 granos en grs. y heterosis con relación al promedio parental y al padre superior. Corresponde al promedio por planta. Tres replicaciones en dos localidades. 1972 B. 45

TABLA 11. Número de hojas verdes en el estado de floración y heterosis con relación al promedio parental y al padre superior. Corresponde al promedio por planta. Tres replicaciones. Palmira 1972 B. 49

TABLA 12. Area foliar en floración y heterosis con relación al promedio parental y al padre superior. Corresponde al promedio por planta. Tres replicaciones. Palmira 1972 B. 51

TABLA 13. Humedad del grano al momento de la cosecha y heterosis con relación al promedio parental y al padre superior. Corresponde al promedio de tres replicaciones en dos localidades. 1972 B. 53

TABLA 14. Número de planta por parcela. Corresponde al promedio de tres replicaciones Dos localidades. 1972 B. 57

Página

TABLA 15. Análisis combinado de varianza para rendimiento, número de plantas por parcela y altura de planta, para los híbridos y sus padres usados en el ensayo. Datos de dos localidades.en 1972 B. 58

TABLA 16. Análisis combinado de varianza para número de grano por panoja, peso de 300 granos y humedad del grano a la cosecha para los híbridos y sus padres utilizados en el ensayo. Datos de dos localidades. 1972 B. 59

TABLA 17. Análisis combinado de varianza para excersión, longitud de panoja y peso del grano por panoja, para los híbridos y sus padres usados en el ensayo. Datos de dos localidades. 1972 B. 60

TABLA 18. Análisis de varianza para número de hojas verdes y área foliar en estado de floración Palmira 1972 B. 61

TABLA 19. Análisis de covarianza para rendimiento en gramos y número de plantas por parcela. Natima 1972 B. 62

TABLA 20. Análisis de covarianza para rendimiento en gramos y número de plantas por parcela. -- Palmira 1972 B. 63

TABLA 21. Correlaciones simples entre: (1)número de semillas, (2)peso de 300 semillas, (3)rendimiento en grs/planta, (4)altura, (5)excersión, (6)longitud de panoja, (7)número de hojas verdes y (8)área foliar, para el híbrido M.A x MN-736-101. Dos localidades 1972 B. 64

Página

TABLA 22. Correlaciones simples: (1)número de semillas, (2)peso de 300 semillas, (3)rendimiento en grs/planta, (4)altura, (5) excersión, (6)longitud de panoja, (7)número de hojas verdes y (8)área foliar para el híbrido M.A x ICAPAL y la línea ICAPAL. Dos localidades. 1972 B. 65

TABLA 23. Correlaciones entre: (1)número de semillas (2)peso de 300 semillas, (3)rendimiento en grano por planta, (4)altura, (5)excersión, (6)longitud de panoja, (7)número de hojas - verdes (8)área foliar para el híbrido M.A x S.A 9798 y la línea SA-9798. Dos localidades. 1972 B. 66

TABLA 24. Correlaciones simples entre: (1)número de semillas, (2)peso de 300 semillas, (3)rendimiento en grs/planta, (4)altura, (5)excersión, (6)longitud de panoja, (7)número de - hojas verdes, y (8)área foliar para el híbrido M.A x E-124 y la línea E-124. Dos localidades. 1972 B. 67

TABLA 25. Correlaciones simples entre: (1)número de semillas por panoja, (2)peso de 300 semillas (3)rendimiento en grs/planta, (4)altura, -- (5)excersión, (6)longitud de panoja, (7)número de hojas verdes y (8)área foliar para el híbrido M.A x PM-4917 y la línea PM-4917. Dos localidades. 1972 B. 68

TABLA 26. Correlaciones simples entre: (1)número de semillas por panoja, (2)peso de 300 semillas (3)rendimiento en grs/planta, (4)altura, - (5)excersión, (6)longitud de panoja, (7)número de hojas verdes y (8) área foliar para la línea Martin B. Dos localidades. 1972 B. 69

Página

TABLA 27. Coeficientes de determinación (R^2), entre el rendimiento y el número de semillas, peso de 300 semillas, altura de planta, excersión y longitud de panoja tomadas en grupos de dos, tres, cuatro y cinco variables. 70

1. INTRODUCCION

Desde el descubrimiento de la esterilidad genética-citoplásmica en el sorgo, la producción de híbridos comerciales comenzó a ser uno de los principales objetivos en los programas de mejoramiento de esta especie, no sólo de entidades oficiales, sino de empresas particulares en los países, donde se cultiva este cereal.

La superioridad del híbrido sobre sus padres en producción de grano y el hecho de haberse conseguido materiales de condiciones agronómicas ideales para su mecanización y de altos rendimientos, ha inducido en muchos países sorgueros el cambio de las variedades tradicionales por el cultivo de los híbridos.

En Colombia los agricultores del sorgo cuentan con casi una docena de híbridos comerciales que cubren el mayor porcentaje del área sembrada con esta especie. Hasta ahora un menor porcentaje de siembra con variedades. Estos híbridos son producidos todos por empresas privadas extranjeras, productoras de semillas y multiplicados en el país por los productores reconocidos, como tales por el ICA.

El mejoramiento genético del sorgo en Colombia, comenzó a hacerse en el Centro Experimental Nataima desde el año de 1965, con el objetivo principal de producir variedades, haciendo selecciones en materiales promisorios de la Colección Mundial. Las experiencias adquiridas en este lapso de tiempo, hacen pensar en la necesidad de producir y evaluar híbridos pa

ra compararlos con las variedades y con los híbridos extranjeros, en las - condiciones del país y determinar en esta forma cual de estos dos tipos de materiales es el de mejor comportamiento. Con base en esta información se puede decidir posteriormente la orientación que deba tomar el mejoramiento del sorgo en el país, es decir, si se deben producir prioritariamente hí-- bridos o variedades o ambos.

En el presente estudio se pretende medir la manifestación heterótica del - rendimiento y de otros caracteres de importancia agronómica como altura de la planta, peso y número de semillas por panoja, longitud de la panoja, - excersión de la panoja, número de hojas verdes en el estado de floración y área foliar, utilizando cruces entre algunas líneas promisorias que se tie nen en el Programa de Maíz y Sorgo en el Centro Experimental Nataima y la línea androestéril Martin A. Se estudia además las asociaciones existen-- tes entre estas variables con el objeto de tener en cuenta estos resulta-- dos en las selecciones que se efectúan en el desarrollo de los proyectos - de mejoramiento genético.

Se utilizan para tal fin dos localidades, el Centro Experimental "Nataima" en El Espinal, Tolima y el Centro Experimental Palmira en Palmira Departa- mento del Valle.

2. REVISION DE LITERATURA

La heterosis es un fenómeno que se viene utilizando con mucho éxito en plantas y animales desde el principio del siglo. Sin embargo, aún no se conoce una explicación completa de dicho fenómeno, áun cuando ha sido dividida en efectos de dominancia y de sobredominancia.

Hageman, Leng y Dudley, (11) han presentado un resumen de un gran número de trabajos realizados más o menos recientemente, relacionados con la manifestación de la heterosis en el crecimiento y rendimiento en grano del maíz. Estos estudios se han enfocado desde el punto de vista fisiológico, para determinar acciones enzimáticas específicas, pues se considera que el crecimiento y el rendimiento resulta de una gran serie de reacciones bioquímicas, cada una de las cuales la catalizan una o más enzimas específicas. De ahí la importancia dada al papel probable de las enzimas metabólicas.mayores y a los sistemas enzimáticos, en la producción de efectos heteróticos y en la posible utilización de tal información en los programas de mejoramiento.

Ellos concluyeron que los híbridos altamente heterocigóticos poseían una constitución genética más favorable, especialmente en cuanto a eficiencia enzimática, que cualquiera de sus padres. Sugirieron por ejemplo, que una sola dosis de un gene, un alelo favorable, era suficiente para un nivel satisfactorio de funcionamiento de la enzima que controlara. El alelo A especificaría una enzima y el alelo a otra diferente; de modo que el híbrido al poseer ambas enzimas o mezclas enzimáticas tendría un comportamiento superior. Esto explicaría la sobredominancia.

Sugieren también otra posible situación. Que la acción génica en el control de las enzimas metabólicas mayores estuviera en el grado de no completa dominancia, o sea que el heterocigote presentara una actividad enzimática intermedia con relación a los padres homocigotes. El nivel intermedio de actividad enzimática de los híbridos, sería adecuado para la mayoría de los procesos metabólicos principales y podría ser realmente más efectivo en todo el metabolismo que un nivel mayor.

La explicación más probable de la heterosis, según estos criterios, descansa en el hecho de que el híbrido entre dos padres endocriados tiene posiblemente un sistema metabólico mejor balanceado. Las líneas por su parte tienden a tener sistemas no balanceados, con algunas enzimas controladas para un nivel alto de funcionamiento, otras para un nivel intermedio y algunas otras para un nivel bajo o inefectivo de actividad.

Son muchos los investigadores que han trabajado midiendo las diversas manifestaciones de la heterosis en el sorgo. (1, 2, 3, 7, 9, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 24, 25, 30, 32, 36). Todos ellos han encontrado que el rendimiento es, el carácter que siempre muestra aumentos en los híbridos con amplia variación que va desde los pequeños porcentajes 4 y 6% (19,24) hasta más de 300 por ciento (21). En algunos casos el rendimiento mayor ha resultado de un aumento en el macollamiento, el cual ocasiona mayor número de panojas por planta (1, 13, 30). En otros, el macollamiento no ha tenido efecto alguno (12) y hasta ha llegado a ser menor que en los padres (7). En cuanto a los componentes primarios del rendimiento, número de granos por pa

noja y peso del grano, se ha encontrado que el aumento del rendimiento de los híbridos se debe en gran parte a un aumento considerable en el número de granos por panoja (2, 3, 14, 24, 30, 32), aunque Kirby y Atkins (15) - no encontraron diferencia significativa para este componente al comparar los híbridos con sus padres. El aumento en el número de granos no sucede en toda la panoja sino únicamente en las ramificaciones inferiores (3).

La manifestación heterótica del peso del grano, generalmente medida como el peso de 100 granos, es un poco contradictoria, pues mientras varios investigadores han hallado heterosis con valores desde 3 hasta 30 por ciento en algunos híbridos, (1, 2, 7, 12, 13, 17, 24) otros no hallaron variación con respecto a los padres (15, 30) y algunos han encontrado valores inferiores en los híbridos (3, 13, 19).

Se ha encontrado que la panoja de los híbridos es más larga que la de sus progenitores, aunque este aumento no es de gran magnitud, variando entre 2 y 14 por ciento (7, 12, 17, 30). En cambio el peso de la panoja ha presentado aumentos hasta del 41 por ciento (3, 7, 17, 32).

Dependiendo de la diversidad genética de los materiales que se crucen, la altura de los híbridos ha mostrado valores variables en la manifestación - de heterosis. Se ha encontrado por ejemplo, que en algunos híbridos no -- hay aumento en altura sobre sus padres (13, 19) o que éstos son ligeramente más altos (1, 7). Sin embargo, en la mayoría de los cruces, la altura es muy superior, llegando a veces a ser más del doble que la de los padres

(1, 7, 12, 13, 15, 24, 30, 36). La heterosis para altura se manifiesta -- más en la longitud del pedúnculo y de la panoja (12). Karper y Quinby -- (13) encontraron que al cruzar variedades de amplia diversidad genética, - aún siendo pequeñas, los híbridos fueron muy altos. Al usar líneas bastante homocigotas no hubo diferencia apreciable en altura de éstas con sus híbridos. Lo mismo ocurrió con otros caracteres como rendimiento, vigor general de la planta y período de madurez. Kinby y Atkins (15) hallaron una tendencia a ser más heteróticos los híbridos resultantes de cruzar líneas de bajo comportamiento para un carácter dado.

El híbrido crece más rápido que sus padres y desarrolla las hojas en menos tiempo, pues mediciones hechas de estas caracteres así lo demuestran (15, 25). No solamente crecen más rápido sino que la rata absoluta de acumulación de peso es más acelerada, siendo esta mayor en híbridos que sean más heteróticos para el rendimiento (25).

Para Quinby (32) la principal diferencia entre padres e híbridos radica en una rata diferente de crecimiento, mayor en el híbrido, que empieza en el embrión y produce finalmente panojas más pesadas y en más corto tiempo. - Liang et al (20) hallaron una mayor rata de crecimiento del meristemo y del alargamiento celular de las hojas en los híbridos.

Aunque el híbrido desarrolla las hojas más rápidamente, no quiere decir -- que llegue a tener más hojas que sus padres. Es decir que a pesar de que a los 30 días presente un mayor número de hojas, al final del período no -

hay diferencias significativas con las líneas (25). Existen hallazgos -- contradictorios con respecto a la manifestación heterótica de esta característica, pues si en unos híbridos se ha encontrado mayor número de hojas - (13, 36) en otros no existen diferencias (12, 24, 25, 32) y en algunos el número de hojas es inferior al de sus padres (17, 32).

En cuanto a área foliar se refiere, los resultados son igualmente contra-- dictorios. En algunos estudios, se han encontrado valores heteróticos de magnitud variable (14, 17, 20); en otros, no ha habido diferencias con los padres (15) y en los terceros el área foliar de los híbridos ha sido menor que la de los padres (32). Las hojas 2, 4, 5, 6 y 7 que generalmente son las más grandes, tienen mayor área foliar en los híbridos (20).

Dogget (9) afirma que los aumentos en altura, área foliar, grosos del tallo, número de hojas y macollas de los híbridos dan como resultado un gran au-- mento del área fotosintética, contribuyendo en esta forma a un mayor rendimiento.

Cuando se cruzan líneas endocriadas, generalmente el híbrido florece un poco antes que sus padres. Varios investigadores coinciden en presentar valores negativos para la manifestación de la heterosis de esta característica, aunque estos valores en general son de poca magnitud (1,12, 13, 17, 19, 20) y a veces no existe (15, 25).

Al cruzar variedades de amplia diversidad genética los híbridos resultantes eran más tardíos (1, 13).

Otras manifestaciones de heterosis en sorgo han sido las de un mayor diámetro del tallo (15, 17) y un desarrollo del sistema radicular (13).

En el sorgo un solo alelo puede inducir cambios muy notorios en las características de la planta. Quinby y Karper (33) hallaron que el alelo recesivo que afecta madurez, ma_4 de la variedad Kalo, en combinación con Kafir, produjo 37 por ciento más de grano que el dominante Ma_4 de la variedad -- Early Kalo, y que un solo alelo puede tener gran influencia en la habilidad combinatoria. Quinby (31) por su parte encontró que el alelo Ma_1 aumentó la fecha de floración en 53 días más de lo normal, el número de hojas en 92 por ciento, la altura en 77 por ciento y a más del doble, el peso seco de una variedad Milo.

Varios investigadores han medido los efectos de uno de los cuatro alelos para altura, comparando el dominante Dw_3 con su recesivo dw_3 en sorgo de grano y escobero (4, 5, 6, 10). Han encontrado que son alelos pleiotrópicos y que la forma heterocigota Dw_3 dw_3 influyen en la manifestación de un mayor rendimiento, peso del grano, número de granos, mayor macollamiento y longitud de la panoja. En rendimiento (10) han encontrado un aumento del 18 por ciento del dominante sobre el recesivo.

La forma homocigota recesiva dw_3 dw_3 se manifiesta en tallos más cortos con mayor diámetro, pedúnculo más largo, hojas más anchas y mayor rendimiento de las macollas (4, 5).

Hadley, Freeman y Javier (10) sugieren que hay completa o casi completa do

minancia del alelo Dw_3 para rendimiento.

En la manifestación de la heterosis en el sorgo juegan papel importante -- tanto la acción génica aditiva como la no aditiva. Prasada Rao y Murthy - (29) hallaron que el componente de la dominancia y la interacción dominancia x dominancia eran los que más contribuían a la manifestación de la heterosis, mientras que en otro híbrido fueron más importantes los componentes de la aditividad y de la interacción aditividad x aditividad. Las interacciones no alélicas también fueron de importancia en ambos híbridos y la interacción dominancia x dominancia fue mayor que los efectos de dominancia, lo que indica epistasis duplicada. Para Chiang y Smith (7) la fuente de heterosis para peso de la panoja, también podría radicar en interacciones no alélicas. Liang (17) y Nagur y Murthy (23) encontraron para esta - característica tanto acción génica aditiva como no aditiva.

Las interacciones no alélicas tienen también mucha importancia en la manifestación del rendimiento (29) aunque la mayoría de los resultados (2, 17, 23, 24, 29) indican aditividad y dominancia. La varianza de la habilidad combinatoria para rendimiento fue tres veces mayor que la de habilidad combinatoria específica (2).

Aunque Chiang y Smith (7) encontraron que la heterosis de la altura se debía a efectos de dominancia, Prasada Rao (27) y Liang (17) encontraron suficiente acción génica aditiva en la manifestación de ésta.

En otras características como volumen y densidad del grano, ancho, largo de

la hoja y longitud de la panoja, tiene más importancia la acción génica - no aditiva (7, 23) que la aditiva.

Para el área foliar y los porcentajes de germinación y proteína su manifestación es esencialmente aditiva (17).

En la fecha de floración, diámetro del tallo, número de hojas y número y peso de los granos influye la acción génica aditiva y la no aditiva (2, 17, 23).

En el mejoramiento del sorgo, como en el de otras especies, es muy necesario tener en cuenta el ambiente para interpretar las variaciones que éste puede efectuar sobre ciertos caracteres de la planta. Prasada Rao (28), - para el rendimiento, encontró que las interacciones genotipo x localidad - y genotipo x localidad x año fueron altamente significativas, no así la interacción genotipo x año.

Liang (17) halló interacción genotipo x localidad significativa, al medir área foliar y la interacción genotipo x ambiente significativa, para el -- área foliar total, área foliar promedia por hoja, ancho de la hoja y fecha de floración. Casady (6) encontró que tanto el ambiente como la variedad influyeron sobre el alelo dw_3 en la manifestación de la longitud de la hoja y el área foliar.

Casady (5), al medir el efecto del alelo Dw_3, encontró interacciones significativas, altura x ambiente en la manifestación del rendimiento, número de

panoja por planta, peso y densidad del grano. También la interacción variedad x ambiente fue alta, indicando que el alelo Dw_3 se comportaba en forma diferente en cada variedad (5, 6).

Prasada Rao (26) encontró interacciones significativas genotipo por ambiente al medir el comportamiento de unos híbridos y sus padres en la estación lluviosa y en la estación seca, en la India. En la estación lluviosa, los híbridos fueron más estables que sus progenitores, pero en la estación seca el comportamiento fue similar.

El número de granos por panoja es un carácter estable (5) lo mismo que la longitud de las ramificaciones secundarias de la panoja y el número de granos de las ramificaciones terciarias de la panoja (26).

La heterosis para área foliar total, área foliar promedia por hoja y anchura promedia de la hoja no fue consistente en dos localidades (20). Prasada Rao (26) encontró que en la India durante la estación seca la interacción genotipo x ambiente era de dirección contraria a la de la heterosis, razón por la cual los híbridos no fueron superiores a sus padres. Recomienda la producción de híbridos específicos para cada estación.

Varios investigadores coinciden en que la correlación entre el rendimiento y número de semillas por panoja es la que siempre presenta valores positivos más altos, siendo este componente el de mayor influencia sobre el rendimiento (2, 8, 12, 15, 18, 24) aunque no se encontró ni en los padres ni en la F_2 (24). También es positiva la correlación entre el rendimien-

to y el número de granos por ramificación primaria (8).

El rendimiento y el peso de la semilla la mayoría de las veces han presentado una correlación positiva (8, 12, 16, 35), pero en algunos casos no es significativa (2, 15).

Se ha encontrado también correlación positiva entre el rendimiento y la fecha de floración (18, 36) aunque en un cruce esta correlación fue negativa (35). Otras correlaciones positivas del rendimiento han sido con el tamaño de la panoja (16) el diámetro del tallo (16) el ancho de la hoja (15)y el número de hojas (18, 35).

El área foliar está positivamente correlacionada con el rendimiento (16, 38), pero fue baja en comparaciones intervarietales (38) y en algún caso se ha registrado negativa, pero no significativa (20).

Entre la altura y el rendimiento en algunos casos ha habido correlación positiva (18, 35); en otros ésta no ha sido significativa (15). Martin (22) halló que en variedades, el rendimiento era proporcional a la altura de la planta.

En la F_1 no hubo correlación entre el número de semillas por panoja, y el peso de 100 granos, pero en la F_2 y en los padres estos dos caracteres estuvieron asociados negativamente (24). Sin embargo esta correlación negativa también se ha encontrado en generaciones en F_1 (18). Igualmente ha sido negativa la asociación entre peso del grano y número de granos por ramificación primaria (8).

Se ha encontrado también alta correlación positiva entre el número de hojas y el período vegetativo (31, 34) y entre el número de hojas y la floración (17, 18).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 MATERIALES

Las líneas utilizadas en este estudio, se seleccionaron de la Colección Mundial de Sorgo existente en el Centro Experimental Nataima - en El Espinal.

La línea Martin A y su mantenedora Martin B fueron enviadas por la Universidad de Purdue.

De las líneas utilizadas como polinizadores, dos son variedades comerciales, ICAPAL-1 e ICA-NATAIMA cuyas genealogías son: EC-21427 y MN-736-101-7-1-1-2-1. Los materiales utilizados son bastante homocigotes, pues constituyen líneas endocriadas de más de cinco generaciones de autopolinización.

En los ensayos de rendimiento se utilizó la línea Martin B en lugar de la androestéril Martin A para asegurar se formara granos.

En la Tabla 1 aparecen las principales características de los padres usados en el ensayo. Estas características corresponden al promedio de varios semestres.

Para realizar el presente estudio se utilizaron dos localidades: - El Espinal, en el Departamento del Tolima, situado a 431 metros sobre el nivel del mar y Palmira en el Departamento del Valle del Cauca - situado a 1.006 metros sobre el nivel del mar. Ambas localidades - según la clasificación de Holdrige pertenecen a bosque seco tropi--

TABLA 1. Descripción de las líneas parentales utilizadas en este estudio. - Datos promedios de 3 semestres.

Genealogía	Origen	Altura cms.	Días a floración	Color granos	Rendimiento Kg/Ha.	Otras características.
Martin A	USA.	115	62	Rojo	-	Línea androestéril
ICA-NATAIMA-1	C.M.	144	60	Café	4.197	Alto contenido taninos.
ICAPAL	C.M.	114	64	Café	3.014	Alto contenido taninos. Variedad comercial
SA-9798	C.M.	120	68	Amarillo.	3.000	Variedad de panoja larga.
PM-4917-1	C.M.	90	55	Rojo	2.144	Variedad Precoz
E-124	C.M.	130	65	Café	2.970	Alto contenido de taninos.

C.M.= Colección Mundial.

cal.

En el Centro Experimental Nataima, en El Espinal, se sembró el ensayo de rendimiento en un suelo de textura franco arenosa. La fecha de siembra fue el 20 de Septiembre de 1972 y la cosecha el 3 de Enero de 1973.

En el Centro Experimental Palmira se sembró en un suelo de textura franco arcillosa. La fecha de siembra fue el 26 de Octubre de 1972 y la de cosecha el 13 de Febrero de 1973.

En las Tablas 2 y 3 se presentan las condiciones ambientales reinantes durante la época en que se realizó el ensayo, tanto en Nataima como en Palmira.

3.2 METODOLOGIA

Primer semestre de 1972 (1972 A)

Cruzamientos entre la línea androestéril Martin A y las 5 líneas fértiles y restauradoras en el Centro Experimental Nataima.

Segundo semestre de 1972 (1972 B)

Siembra del ensayo de rendimiento en un diseño de bloque completos al azar, con 11 tratamientos y 3 replicaciones en las dos localidades. El tamaño de la parcela fue de 2 surcos a 0.6 mts. de distancia y de

TABLA 2. Condiciones ambientales reinantes durante la época en que se realizó el ensayo de rendimiento. Nataima 1972 B.

Estado del Cultivo	Temp Max. °C.	Temp Min. °C.	Temp Med. °C.	Hum. Rel. %	Brillo Solar H/Día	Precip. mm.
Germinación a floración. 61 días, Sep. 25 a Nov. 26.	32.8	22.1	27.6	71.5	6.7	372.5
Floración a madurez 30 días. Nov. 26 a Dic. 26.	33.9	22.8	28.5	67.0	7.4	--

TABLA 3. Condiciones ambientales reinantes durante la época en que se realizó el ensayo. Palmira 1972 B.

Estado del Cultivo	Temp Max. °C.	Temp Min. °C.	Temp Med. °C.	Hum. Rel. %	Brillo Solar H/Día	Precipit. mm.
Germinación a floración 65 días. Nov.1 Enero 3.	29.7	18.3	23.6	76.0	6.0	171.9
Floración a madurez 30 días Enero 3 - Febrero 2.	32.0	19.5	25.2	69.0	7.3	11.9

5 mts. de largo. Los tratamientos incluían los 6 padres y la generación F_1 de los cinco cruzamientos.

Dentro de cada parcela se marcaron 10 plantas al azar para tomar los siguientes datos:

3.2.1. Altura en cms., tomada desde la base del tallo hasta el ápice de la panoja.

3.2.2. Longitud de la panoja en cms.

3.2.3. Excersión en cms. La medida de la distancia entre la base de la hoja bandera y la base de la panoja.

3.2.4. Peso del grano de la panoja una vez desgranada.

3.2.5. Peso de 300 semillas de cada panoja.

3.2.6. Número de semillas por panoja, haciendo relación entre el peso de 300 semillas y el peso del grano por panoja.

3.2.7. Número de hojas verdes en el momento de la floración.

3.2.8. Area filiar de dichas hojas, tomando el área de acuerdo con la ecuación; A= largo x ancho x 0.75.

3.2.9. Humedad del grano al momento de la cosecha.

3.2.10. Número de plantas por parcela al momento de la cosecha.

3.2.11. Rendimiento total de la parcela en grs.

Las características 7 y 8 sólo se tomaron en Palmira. En Nataima no se tomaron, pues se presentó un secamiento foliar prematuro, como consecuencia del ataque del hongo Macrophomina phaseoli.

En cada uno de estos caracteres se hizo el análisis de varianza por localidad y el combinado de las dos localidades.

Se hizo un análisis de covarianza entre el rendimiento y el número de plantas por parcela, para determinar si la variación en la población causaba variaciones significativas en el rendimiento.

Con base en los datos individuales de las 10 plantas, se hizo un análisis de correlación simple para los caracteres tomados y un análisis de correlación múltiple entre los caracteres independientes y el rendimiento.

La heterosis se midió para cada característica con relación al promedio parental de acuerdo con la siguiente ecuación: Heterosis= (Valor F_1/promedio parental) x 100. y con relación al padre superior en la siguiente forma: Heterosis= (Valor F_1/Valor padre superior) x 100.

Es importante anotar que en el ensayo de Nataima se presentó una fuerte afección del hongo Macrophomina phaseoli y en el ensayo de Palmira un fuerte ataque del barrenador del tallo Diatraea sp. en los estados finales del cultivo.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 RENDIMIENTO

En la Tabla 4 se presentan los rendimientos para los híbridos y sus - padres. El valor dado corresponde al promedio de tres replicaciones.

Los rendimientos por parcela variaron ampliamente en las dos localidades. En Palmira, el híbrido más rendidor fue M.A x E124 con 4.138.46 grs./parcela y el de menor rendimiento M.A x PM-4917 con 1.319.90 -- grs./parcela. La línea más rendidora fue MN-736-101 con 2.562.90 grs. parcela y la menos rendidora SA-9789 con 900.73 grs./parcela. En Nataima, el híbrido superior en rendimiento fue M.A x MN-736-101 con -- 3.885.56 grs./parcela. En esta localidad también el cruce M.A. x PM-4917 fue el de menos rendimiento con 1.846.86 grs./parcela. La línea E-124 presentó el mayor rendimiento con 2.692.86 grs./parcela y la línea PM-4917 el menor con 1.255.63 grs./parcela.

El análisis combinado de varianza para este carácter, Tabla 15, indicó que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre las dos localidades y que las variedades e híbridos fueron afectados uniformemente. Así mismo las variancias debidas a las interacciones tratamientos x localidad, padres x localidad y F_1 x localidad no fueron significativas; por lo que se puede deducir que, tanto las líneas como sus -- cruces fueron bastante estables para este carácter. La heterosis, altamente significativa, fue diferente en su manifestación en las dos localidades, como lo indica la interacción significativa padres vs F_1 x localidad.

TABLA 4. Rendimiento en gramos por parcela y heterosis con relación al promedio parental y al padre superior. Promedio de tres replicaciones, en dos localidades. 1972 B.

GENEALOGIA	Loc.	P_1*	P_2	$\bar{X}$ Padres	F_1	Por ciento Heterosis $\bar{X}$Padres	Por ciento Heterosis Pad.Superior
M.A x MN-736-101 -7-1-1-2-1	Nat.	1.507.19	2.468.83	1.988.01	3.885.00	195.42	157.38
	Pal.	1.751.99	2.562.90	2.157.44	3.960.03	183.55	154.51
M.A x ICAL	Nat.	"	2.206.63	1.856.92	3.750.33	201.96	169.95
	Pal.	"	1.799.93	1.795.96	3.648.08	205.41	202.67
M.A x E-124	Nat.	"	2.692.86	2.100.02	3.784.16	180.19	140.52
	Pal.	"	2.224.83	1.988.41	4.138.46	108.12	186.03
M.A x SP-9798	Nat.	"	2.042.96	1.775.07	2.888.86	162.74	141.43
	Pal.	"	900.77	1.326.38	2.836.39	213.84	161.89
M.A x PM-4917	Nat.	"	1.255.63	1.381.41	1.846.86	133.69	122.53
	Pal.	"	983.86	1.367.92	1.319.90	96.35	75.34

* P_1 es Martin A para todos los cruzamientos.

Los valores de heterosis para rendimiento por parcela en relación al promedio parental se presentan en la Tabla 4. En Nataima varió desde 133,69% para el híbrido M.A x PM-4917 hasta 201.96% para el híbrido - M.A x ICAPAL. En Palmira la variación fue de 96.35% para el híbrido M.A x PM-4917 a 213.84% para el cruce M.A x SA-9798.

En relación al padre superior los valores heteróticos se presentan en la Tabla 4. En Nataima, el valor más alto fue 169.65% para M.A x ICAPAL y el más bajo 122.53% para M.A x PM-4917. En Palmira el valor -- más alto fue de 202.67% para M.A x ICAPAL y el más bajo 75.35% en -- M.A x PM-4917.

Este carácter fue el que exhibió más heterosis de todos los medidos. El único autor que presenta datos superiores es Malinovsky (21) quién encontró valores de más del 300% para este carácter. Estos porcentajes de heterosis encontrados aquí son indicativos de que se puede mejorar mucho el rendimiento del sorgo mediante la producción de híbridos, utilizando las líneas promisorias que tiene el Programa de Maíz y Sorgo del ICA. Dado que estos híbridos resultaron más altos que -- sus progenitores, lo que es una desventaja para su utilización comercial inmediata, se puede pensar en desarrollar programas de selección masal e individual para tratar de fijar los genes para rendimiento, - haciendo al mismo tiempo selección por planta baja, teniendo en cuenta que la correlación con altura no es constante y en algunos casos - negativa.

El hecho de que el híbrido M.A x PM-4917 sea el de menor heterosis podría indicar que las líneas parentales son muy semejantes genéticamente de las probadas.

En las Tablas 21 a 26 se presentan los valores de las correlaciones. Se encontraron correlaciones altas y positivas del rendimiento con el número de semillas por panoja en todos los híbridos y líneas, lo mismo que con la longitud de la panoja. Con el peso de 300 semillas hubo correlación alta y positiva en algunos materiales en ambas localidades, pero en general no hubo coincidencia entre los materiales que presentaron dicha correlación.

En Palmira la correlación entre rendimiento y altura fue alta y negativa en dos híbridos. En los demás materiales no fue significativa. En Nataima esta correlación fue negativa en un híbrido y positiva en cuatro líneas.

Entre el rendimiento y la excersión hubo una correlación negativa, pero en unos pocos materiales esta correlación fue significativa. Tampoco hubo correspondencia entre los materiales que presentaron esta correlación en las dos localidades.

Con el área foliar se encontró una correlación alta y positiva, con excepción de dos híbridos y dos líneas. Pero con el número de hojas verdes en el estado de floración solamente se presentó correlación positiva en un híbrido y en una línea.

Con base en este estudio de correlaciones simples se puede concluir que los caracteres número de semillas por panoja, longitud de la panoja y para algunos materiales el peso de 300 semillas y el área foliar son indicativos del rendimiento. Por lo tanto se deben tener en cuenta al hacer las selecciones. Desafortunadamente el carácter número de granos por panoja es difícil de manejar en las selecciones, pues por una parte es necesario esperar hasta el desgrane para efectuar dicha selección y por la otra, hacer el conteo es muy lento por lo pequeño del grano de sorgo. Por no contar con un contador, se debe hacer en forma manual, lo cual puede introducir mucho error. Lo mismo se puede decir del peso de 300 semillas.

La altura de la planta solo en algunos casos presentó alta correlación positiva con el rendimiento; en otras, no la hubo o fue negativa. Esto quiere decir que no en todos los casos las plantas más altas fueron las de mayor rendimiento, lo cual está en desacuerdo con los resultados de Martin (22), quién encontró que el rendimiento de una variedad era proporcional a su altura. Niehaus y Pickett (24) encontraron alta correlación positiva para estos dos caracteres en la F_1 y F_2, pero concluyeron que el efecto de la altura sobre el rendimiento no es directo, sino a través del número de granos por panoja.

Una conclusión muy importante es la de que se debe tener muy en cuenta la localidad y el material conque se trabaje al hacer selección por uno o varios caracteres, pues en general los materiales que presentaron

una determinada correlación para un par de caracteres en Palmira, no la presentaron en Nataima y viceversa. Además al analizar las correlaciones por localidad se encontró que no todos los genotipos presentaban significancia en sus asociaciones entre características.

El estudio de correlaciones múltiples entre el rendimiento y otras variables reveló que el número de granos por panoja y el peso de 300 -- granos en conjunto fueron los que más contribuyeron a la manifestación del rendimiento. En la mayoría de los materiales, el coeficiente de determinación, Tabla 27, indicó que estas dos variables son responsables de más o menos el 95% del rendimiento. Lo mismo, registraron -- Dabholkar, Telang y Patel (8). El hecho de agregar una o más variables a estas dos, no modificó en forma significativa este porcentaje. Esto sugiere que cualquier Programa de selección que se inicie, debe tener en cuenta este par de componentes del rendimiento. Como se dijo anteriormente son dos variables difíciles de manejar, pero aún así vale la pena utilizarlas, pues son un indicativo seguro del rendimiento.

4.2 NUMERO DE PLANTAS POR PARCELA

El número de plantas por parcela se tomó en el momento de la cosecha. En Nataima la población varió desde 72 hasta 112 plantas por parcela para las líneas SA-9798 y E-124, respectivamente. En Palmira la menor población fue de 67 plantas en el híbrido M.A x PM-4917 y la mayor de

153 plantas para la línea E-124. (Tabla 14).

El análisis combinado de varianza, tabla 15, reveló que hubo diferencias en la población, altamente significativas, dentro de los padres y dentro de los híbridos. Hubo también diferencias altamente significativas en la población de los híbridos, al comparar las dos localidades.

Los rendimientos de los materiales probados en este estudio parecen indicar que el sorgo tiene la capacidad de producir determinados rendimientos bajo una gran amplitud de variación de la población. Así por ejemplo, un híbrido como el M.A x MN-736-101 produjo en Palmira 3.960.03 grs./parcela con un promedio de 146 plantas, mientras que en Nataima rindió 3.885.56 grs./parcela, 75 gramos menos que en Palmira, con un promedio de 96 plantas, equivalente al 65% de la población de Palmira. El híbrido M.A x ICAPAL produjo en Nataima 3.750 grs./parcela, 102 gramos más que en Palmira, con solo el 58% de la población de Palmira. En general, los híbridos y sus padres tuvieron mayor población en Palmira, pero no por esto tuvieron mayor rendimiento. El mismo análisis combinado de varianza para rendimiento indicó que no había interacción del rendimiento con las localidades, en tanto que el análisis combinado para número de plantas mostró que hay diferencias en población en las dos localidades. O sea que las diferencias en rendimiento no eran debidas a las diferencias en población. Es cierto que existe un límite a partir del cual los rendimientos empiezan a

decrecer, pero no es el objetivo de este estudio fijar este punto -- crítico. Solo se quiere hacer notar que las diferencias de rendimiento entre padres e híbridos no son causadas por las diferencias de población. En algunos casos la población de los padres fue muy superior a la de los híbridos; sin embargo su rendimiento fue inferior. El análisis de covarianza, Tablas 19 y 20, para rendimiento y número de plantas no mostró eficiencia alguna. Los padres mostraron diferente nivel de significancia con la covarianza, pero este cambio solo ocurrió del 5 al 1% en una localidad y en la otra del 1% al 5%. Es necesario hacer más análisis de covarianza entre estas dos variables para analizar los ensayos de rendimiento y poder corregir los resultados cuando sea necesario. También se puede pensar en tomar en los ensayos de rendimiento solo aquellos surcos o partes de surcos en los cuales las plantas estén en competencia.

4.3 ALTURA DE PLANTA

Este carácter se dá como el valor promedio por planta en centímetros. En ambas localidades la línea más baja fue la PM-4917 con valores de - 79.6 cms. en Nataima y de 87.6 cms. en Palmira. El híbrido más alto - en Nataima fue M.A x ICAPAL con 165.9 cms. y en Palmira el M.A x E-124 con 180.3 cms. Los híbridos fueron más altos en Palmira que en Nataima, pero las líneas fueron más altas en Nataima.

En la Tabla 5, se presentan los valores de altura para los híbridos y sus padres, así como la heterosis con relación al promedio parental y

TABLA 5. Altura de planta en cms. y heterosis con relación al promedio parental y al padre superior. Corresponde al promedio por planta. Tres replicaciones en dos localidades 1972 B.

GENEALOGIA	Loc.	P_1*	P_2	$\bar{X}$Padres	F_1	Por ciento Heterosis $\bar{X}$Padres	Por ciento Heterosis Pad. Sup.
M.A x MN-736-101 -7-1-1-2-1	Nat.	113.53	135.70	124.61	164.26	131.81	121.05
	Pal.	128.30	133.60	130.95	177.10	135.24	132.56
M.A x ICAPAL	Nat.	"	123.06	118.29	165.90	140.23	134.80
	Pal.	"	113.90	121.10	175.63	144.94	136.80
M.A x SA-9798	Nat.	"	122.80	118.16	142.53	120.53	116.05
	Pal.	"	113.66	120.98	172.56	142.64	134.50
M.A x E-124	Nat.	"	126.43	119.98	165.70	138.18	131.05
	Pal.	"	122.06	125.18	180.30	144.02	140.53
M.A. x PM-4917	Nat.	"	79.60	96.56	104.50	108.21	91.36
	Pal.	"	87.60	107.95	110.63	102.01	86.22

* P_1 es Martin A para todos los cruzamientos.

al padre superior.

Los híbridos resultaron más altos que sus progenitores, con excepción del M.A x PM-4917 que fue más bajo que su padre femenino. Esta altura es una gran desventaja para su utilización comercial inmediata, especialmente por el problema de volcamiento que pueda presentar, Los valores de heterosis fueron altos, llegando en el híbrido M.A x ICAPAL a ser de 140.33% y 144.94% para Nataima y Palmira, respectivamente. Estos valores con relación al padre superior fueron de 121 y 132%. - El de más heterosis con relación al padre superior fue M.N x B-124 -- que presentó en Palmira un valor de 140.53%.
Otros investigadores han encontrado valores heteróticos similares y - aún superiores a estos (1, 7, 13, 36).

La heterosis para altura se debe a la acumulación de alelos dominantes en el híbrido, dados por sus padres, de acuerdo con lo encontrado por Chiana y Smith (7), pero Prasada Rao (27) y Liang (17) encontraron -- también acción génica aditiva.

El medio ambiente ejerce gran influencia sobre el genotipo en la manifestación de la altura. El análisis combinado de varianza confirma - lo dicho anteriormente en el sentido de que las diferencias de altura en las dos localidades fueron altamente significativas para las líneas parentales y también para los híbridos. Igualmente las interacciones con la localidad fueron altamente significativas para los padres y pa

ra los híbridos. La manifestación de la heterosis también varió con la localidad, pues mostró ser significativa la fuente de variación - padres vs F_1 x localidad. Teniendo en cuenta estos resultados se recomienda que antes de sacar un material comercial sea híbrido o variedad, debe probarse en varias localidades, para asegurar que la altura no sea un factor limitante en algún sitio. El análisis combinado de varianza aparece en la Tabla 15.

Además de la correlación con el rendimiento, la cual se discutía previamente, hubo una estrecha asociación entre la altura y la excersión. Esto confirma las observaciones hechas en el campo, en el sentido de a mayor población, mayor altura y, por consiguiente, mayor excersión. Esto es especialmente cierto en Palmira donde la población fue mayor y los materiales más altos. Tablas 21-26.

4.4 EXCERSION DE LA PANOJA.

Tal como se ve en la Tabla 6, los valores para excersión de la panoja, dados como el promedio por planta en centímetros, muestran mucha variación en las dos localidades. En Nataima hubo valores negativos de 4.86 cms. en la línea ICAPAL y 2.76 cms. en la E-124, que significan que la yaqua de la hoja de bandera alcanza a envolver la parte - inferior de la panoja, considerándose esto una característica indeseable. En Palmira, no hubo valores negativos; pero si bastante bajos, para las mismas líneas. En general hubo una notoria superioridad de los híbridos en comparación con los padres polinizadores.

TABLA 6. Excersión de la panoja en cms. y heterosis con relación al promedio parental y al padre superior. Corresponde al promedio por planta. Tres replicaciones en dos localidades. 1972 B.

GENEALOGIA	Loc.	P_1*	P_2	$\bar{x}$Padres	F_1	Por ciento Heterosis $\bar{x}$Padres	Por ciento Heterosis Pad. Sup.
M.A x MN-736-101 -7-1-1-2-1	Nat.	18.53	2.56	10.54	17.80	168.73	96.04
	Pal.	20.10	13.46	16.78	26.56	158.29	132.16
M.A x ICAPAL	Nat.	"	-4.86	6.83	15.03	220.00	81.11
	Pal.	"	2.93	20.78	19.50	169.32	97.02
M.A x SA-9798	Nat.	"	8.20	13.36	22.30	166.84	120.32
	Pal.	"	12.43	16.26	30.80	189.35	153.23
M.A x E-124	Nat.	"	-2.76	7.88	15.86	201.26	85.60
	Pal.	"	6.70	13.40	26.20	195.52	130.34
M.A x PM-4917	Nat.	"	10.33	14.43	18.60	128.87	100.36
	Pal.	"	13.33	16.77	17.93	107.28	89.22

* P_1 es Martin A para todos los cruzamientos.

En relación con el promedio parental, los valores de heterosis fueron bastante altos para este carácter. En Nataima, fluctuó entre 128.87% en el M.A x PM-4917 hasta 220.0% en M.A x ICAPAL. En Palmira, también el híbrido M.A x PM-4917 presentó el menor valor 107.28%, y el M.A x E-124 el mayor, con 195.52%. Estos valores aparecieron altos, debido a que los padres polinizadores eran de muy mala excersión. Los valores para el híbrido M.A x PM-4917 fueron bajos, pues ambas líneas tenían buena excersión.

Con relación al padre superior, los valores de heterosis fueron mucho más bajos. En Nataima, solamente el híbrido M.A x SA-9798 presentó un valor de 120.32%. Los demás híbridos no presentaron heterosis; -- por el contrario, su excersión fue mucho menor que la del padre superior, la línea Martin. En Palmira, el híbrido M.A x SA-9798 exhibió el mayor valor, 153.23% y el cruce M.A x PM-4917 el menor, 89.22%. - En este caso a pesar de que las dos líneas parentales aparecían con - buena excersión, la expresión en el híbrido fue menor que la de la línea Martin. El defecto de la hoja bandera envolvente es fácilmente - mejorable en formaciones híbridas, pues como se observa en la Tabla 6 fue una característica corregida por el padre Martin de buena excer-- sión de panoja.

El análisis combinado de varianza, Tabla 17, mostró que dentro de los padres y los híbridos había diferencias en excersión altamente significativas, siendo la expresión de la heterosis diferente en los cinco

híbridos. La expresión heterótica fue similar en las dos localidades, pues la fuente de variación, padres vs F_1 x localidad fue no significativa.

Las interacciones de los padres y de los híbridos con las localidades fue significativa; o sea que, la excersión fue un carácter que varió en su manifestación de acuerdo con la localidad. Se necesita entonces probar un material en varias localidades para conocer su expresión.

La correlación negativa entre rendimiento y excersión, significativa en algunos híbridos y líneas en las dos localidades sugiere que este no es un carácter adecuado para seleccionar por rendimiento, aun cuando una buena excersión es una característica deseable. Esto lo confirma la correlación negativa con el número de semillas en varios materiales y en las dos localidades. Tablas 21 a 26.

4.5 LONGITUD DE PANOJA

Los valores obtenidos en las líneas y en los híbridos se presentan en la Tabla 7, y corresponden al promedio por planta.

La línea SA-9798 fue la de panojas más larga en ambas localidades y su valor fue superior al del híbrido, en el cual intervino como polinizador.

En Nataima, la línea PM-4917 tuvo la panoja más corta entre todos los materiales probados, con un valor de 21.06 cms. En Palmira, fue la --

TABLA 7. Longitud de panoja en cms. y heterosis con relación al promedio parental y al padre superior. Corresponde al promedio por planta. Tres replicaciones en dos localidades. 1972 B

GENEALOGIA	Loc.	P_1*	P_2	$\bar{x}$Padres	F_1	Por ciento Heterosis $\bar{x}$Padres	Por ciento Heterosis Pad. Sup.
M.A x MN-736-101 -7-1-1-2-1	Nat.	21.60	28.36	24.98	29.33	117.41	103.58
	Pal.	21.33	26.93	24.13	26.43	109.53	98.14
M.A x ICAPAL	Nat.	"	22.76	22.18	25.00	113.14	109.81
	Pal.	"	19.60	20.46	24.80	121.17	116.25
M.A x SA-9798	Nat.	"	37.33	29.46	33.83	114.82	90.63
	Pal.	"	33.80	27.56	29.23	105.93	86.39
M.A x E-124	Nat.	"	23.50	22.55	29.33	130.08	124.82
	Pal.	"	23.40	22.36	27.60	123.40	117.94
M.A x PM-4917	Nat.	"	21.06	21.33	24.70	115.78	114.35
	Pal.	"	22.30	21.81	24.00	110.01	107.62

* P_1 es Martin A para todos los cruzamientos.

ICAPAL la de panoja más corta con un valor de 19.6 cms.

Los valores de heterosis para este carácter fueron de magnitud relativamente baja, Tabla 7. En relación al promedio parental, su variación fue de 113.14% en M.A x ICAPAL a 130.08% en M.A x E-124 en Nataima.

En Palmira fueron más bajos los valores de heterosis. Varió de 105.93% en M.A x SA-9798 a 123.40% en M.A x E-124. Este híbrido fue el más heterótico para este carácter en ambas localidades.

La heterosis con relación al padre superior fue muy baja, Tabla 7. El híbrido M.A x E-124 tenía el mayor valor en ambas localidades, 124.82% en Nataima y 117.94% en Palmira. Igualmente en ambas localidades el híbrido menos heterótico fue M.A x SA-9798, debido a que la línea SA-9798 fue la de panoja más larga.

Estos valores relativamente bajos para heterosis hacen pensar que en los aumentos en rendimiento de los híbridos no tiene mucha influencia la longitud de la panoja.

El análisis combinado de varianza Tabla 17, indica que dentro de los padres y de los híbridos hubo diferencias altamente significativas en longitud de panoja. La heterosis fue altamente significativa. Solamente los híbridos presentaron interacción significativa con la localidad. Los padres fueron más estables para este carácter. La manifestación de la heterosis fue similar en las dos localidades.

De acuerdo con Chiang y Smith (7) la heterosis para este carácter se debe a la acumulación en el híbrido de los genes dominantes de los padres.

4.6 PESO DEL GRANO POR PANOJA.

Los valores presentados en la Tabla 8, corresponden al promedio de 10 panojas por parcela.

El peso del grano por panoja fue superior en Nataima, debido a que -- las panojas en esta localidad fueron más largas y con mayor número de granos. El híbrido de mayor peso del grano por panoja fue el M.A x - E-124 con un valor de 51.75 grs. y el de menor peso el M.A x PM-4917. La línea de mayor peso del grano por panoja fue la SA-9798 con un valor de 40.96 grs. y el peso menor PM-4917 con 12.23 grs/panoja.

En Palmira, fue también el híbrido M.A x E-124 el de mayor peso del - grano por panoja, 37.05 grs. y el M.A x PM-4917 el de menor valor, -- con 18.12 grs. Aquí la línea de mayor peso fue MN-736-101 que presentó un valor por panoja, de 23.05 grs. También la más liviana fue -- PM-4917, con un peso de 12.57 grs.

Las líneas PM-4917 y Martin B y el híbrido M.A x PM-4917 tuvieron un valor similar en ambas localidades.

Los valores de heterosis con relación al promedio parental, tabla 8 - fueron altos. Se destaca el híbrido M.A x E-124 como el más heteróti

TABLA 8. Peso del grano por panoja en gramos y heterosis con relación al promedio parental y al padre superior. Corresponde al promedio por planta. Tres replicaciones en dos localidades. 1972 B.

GENEALOGIA	Loc.	P_1*	P_2	$\bar{x}$Padres	F_1	Por ciento Heterosis	
						$\bar{x}$Padres	Pad. Sup.
M.A x MN-736-101 -7-1-1-2-1	Nat.	15.36	30.21	22.78	41.89	183.88	138.66
	Pal.	15.76	23.01	19.38	36.28	187.01	157.39
M.A x ICAPAL	Nat.	"	27.33	21.34	46.76	219.11	171.09
	Pal.	"	20.33	18.24	29.98	166.18	147.46
M.A x SA-9798	Nat.	"	40.96	28.16	35.89	127.45	87.62
	Pal.	"	16.70	16.23	23.39	144.11	140.05
M.A x E-124	Nat.	"	29.28	22.32	51.75	231.85	176.74
	Pal.	"	19.68	17.72	37.05	209.08	188.26
M.A x PM-4917	Nat.	"	12.23	13.79	18.79	136.25	122.33
	Pal.	"	12.57	14.16	18.12	127.96	114.97

* P_1 es Martin para todos los cruzamientos.

co en ambas localidades con 176.74% en Nataima y 188.26% en Palmira. El híbrido M.A x SA-9798 tuvo un peso muy inferior al del padre de - más peso con solo 87.62%. En Palmira, el cruce M.A x PM-4917 presentó el valor heterótico más bajo, 114.97%.

Hubo diferencias altamente significativas para peso del grano por panoja dentro de los padres y dentro de los híbridos, de acuerdo con - el análisis combinado de varianza presentado en la Tabla 17. La manifestación de la heterosis también fue altamente significativa para este carácter en las dos localidades. El peso del grano por panoja fue más estable en los híbridos para las dos localidades que en los padres, pues estos presentaron una interacción significativa con la localidad. La manifestación de la heterosis fue similar en las dos localidades pues la interacción padres vs F_1 x localidad fue no significativa.

4.7 NUMERO DE GRANOS POR PANOJA

El número de granos por panoja fue superior en Nataima. En la Tabla 9, se dan los valores correspondientes a Nataima y Palmira para las líneas parentales y sus híbridos, como el promedio por panoja.

En ambas localidades el híbrido M.A x E-124 fue el de mayor número - de granos por panoja. En Nataima tuvo 2.296.00 granos por panoja y en Palmira 1.420.33 granos. Como se vió este fue también el híbrido de más heterosis para peso del grano por panoja. Según los autores

TABLA 9. Número de granos por panoja y heterosis con relación al promedio parental y al padre superior. Corresponde al promedio por panoja. Tres replicaciones en dos localidades. 1972 B.

GENEALOGIA	Loc.	P_1*	P2	$\bar{x}$Padres	F_1	Por ciento Heterosis $\bar{x}$Padres	Por ciento Heterosis Pad. Sup.
M.A x MN-736-101 7-1-1-2-1	Nat.	791.33	1.560.33	1.175.89	1.836.00	156.14	117.66
	Pal.	554.00	999.33	776.70	1.394.33	179.59	139.52
M.A x ICAPAL	Nat.	"	1.631.00	1.211.16	2.106.00	173.88	129.12
	Pal.	"	750.33	652.16	1.293.33	198.31	172.36
M.A x SA-9798	Nat.	"	1.726.66	1.258.99	1.428.33	113.45	82.72
	Pal.	"	698.33	621.16	867.00	139.57	125.95
M.A x E-124	Nat.	"	1.986.33	1.388.86	2.296.00	165.35	115.59
	Pal.	"	1.028.66	791.33	1.420.33	179.48	138.07
M.A x PM-4917	Nat.	"	730.33	760.83	975.33	124.90	123.25
	Pal.	"	652.00	603.00	876.66	144.88	133.99

* P_1 es Martin A para todos los cruzamientos.

consultados (2, 3, 14, 24, 30, 32) este es el carácter que más influ ye en el rendimiento.

En Nataima, el híbrido M.A x PM-4917 fue el de menos granos por panoja con 975.33 granos por panoja, y en Palmira lo fue el cruce M.A x - SA-9798, con 867 granos.

La línea E-124 en ambas localidades tuvo el mayor valor para este carácter dentro de los padres utilizados con 1.986.33 granos/panoja en Nataima y 1.028.66 granos/panoja en Palmira. Las líneas Martin B y - PM-4917 tuvieron el menor número en Palmira y Nataima, respectivamente.

En relación al promedio parental, Tabla 9, los valores de heterosis - resultaron altos. Esto está de acuerdo con lo encontrado por varios investigadores (2, 3, 14, 24, 30, 32). El de más heterosis para este componente del rendimiento fue el híbrido M.A x ICAPAL con 173.88% en Nataima y 198.31% en Palmira. El de valor más bajo en Nataima fue el cruce M.A x SA-9798 con 113.45% y en Palmira con 139.57%.

Teniendo en cuenta el padre superior, Tabla 9, los resultados revela-- ron que el híbrido M.A x SA-9798 no exhibió heterosis en Nataima, por el contrario, su valor fue mucho más bajo que el de su padre superior, llegando solo al 82.72% de éste. En Palmira si exhibió un valor heterótico medio, de 125,95%, pero, sin embargo, en esta localidad también fue el de más bajo valor.

El híbrido más heterótico para este carácter y en relación al padre su

perior fue M.A x ICAPAL y en Palmira su valor pareció bastante alto, - 172.36%.

Es muy posible que los valores de heterosis para este carácter sean superiores en otras condiciones. En el presente estudio, la afección -- causada por el Macrophomina phaseoli, en Nataima y el ataque de Dia -- traea sp. en Palmira limitó hasta cierto punto su manifestación debido a que al afectarse el tamaño del grano como consecuencia de la afección, se hizo más difícil el desgrane y por tanto hubo mayor pérdida. Tanto los híbridos como las líneas fueron afectadas en forma similar.

El análisis combinado de varianza de la Tabla 16, indicó que hubo diferencias altamente significativas dentro de los híbridos y dentro de las líneas en número de grano por panoja. La manifestación de la heterosis fue también altamente significativa y no hubo variación entre las dos localidades pues su interacción no fue significativa.

Este es un carácter que necesita probarse en más de una localidad, ya que tanto la interacción de los padres como la de la F_1 con la localidad fue significativa.

Además de la asociación que existe con el rendimiento, el número de -- granos presentó una alta correlación positiva con la longitud de panoja en ambas localidades. Esto sugiere que la longitud de la panoja es un carácter que se puede usar efectivamente, para seleccionar materiales de altos rendimientos. Tiene la ventaja de que se puede hacer vi-

sualmente y desde la época de floración cuando ya la panoja ha adquirido su máximo desarrollo.

Se presentó una correlación negativa con la excersión, pero hubo algunos materiales que solo la presentaron en una localidad. Existió también una correlación alta y positiva con el área foliar. Entre el número de semillas y la altura existió en algunos materiales y para Palmira una asociación negativa. En los otros materiales la correlación fue negativa pero no alcanzó a ser significativa. En Nataima esta correlación fue en su mayoría positiva pero solo en cuatro materiales - hubo significancia. Esto indica que al utilizar este par de características como criterios de selección es necesario tener en cuenta la localidad y el material con que se trabaje.

4.8 PESO DE 300 GRANOS.

El peso de 300 granos fue superior en Palmira en todos los híbridos y líneas utilizadas. Precisamente el peso de 300 granos fue menor en Nataima donde fue mayor el peso del grano por panoja y mayor también el número de granos/panoja.

En la Tabla 10, se observan los resultados. En Nataima, el híbrido - de mayor peso del grano fue el M.A x SA-9798 con 7.67 grs. Este híbrido fue de bajo número de granos por panoja. El de menor peso del grano fue M.A x PM-4917. con 5.79 grs. La línea de mayor peso fue -- SA-9798 con 6.70 grs. La de grano más liviano fue la línea E-124 con

TABLA 10. Peso de 300 granos en grs. y heterosis con relación al promedio parental y al padre superior. Corresponde al promedio por planta. Tres replicaciones en dos localidades. 1972 B.

GENEALOGIA	Loc.	P_1*	P_2	$\bar{x}$Padres	F_1	Por ciento Heterosis	
						$\bar{x}$Padres	Pad. Sup.
M.A x MN-736-101-7-1-1-2-1	Nat.	6.23	5.69	5.96	6.86	115.10	110.11
	Pal.	8.61	6.99	7.80	7.86	100.76	91.28
M.A x ICAPAL	Nat.	"	4.51	5.37	6.81	126.81	109.30
	Pal.	"	6.43	7.52	7.00	93.08	81.30
M.A x SA-9798	Nat.	"	6.70	6.46	7.67	118.73	114.47
	Pal.	"	7.28	7.94	8.52	107.30	98.95
M.A x E-124	Nat.	"	4.35	5.29	6.99	132.13	112.19
	Pal.	"	5.78	7.19	7.99	111.12	92.79
M.A x PM-4917	Nat.	"	5.14	5.68	5.79	101.93	92.93
	Pal.	"	6.50	7.55	6.51	86.22	75.60

* P_1 es Martin A para todos los cruzamientos.

4.35 grs., precisamente la que en esta localidad tuvo el mayor número de granos/panoja.

En Palmira, igualmente, el híbrido de mayor peso del grano fue M.A x SA-9798, con 8.52 grs. y el más liviano el M.A x PM-4917 con 6.51 grs. La línea Martin B fue la más pesada con 8.61 grs. superando a todas las otras líneas y a la mayoría de los híbridos. En esta localidad también la línea E-124 fue la más liviana, habiendo sido la de mayor número de granos/panoja.

Estos resultados hacen pensar que hay una correlación negativa alta entre el número de granos y el peso del grano. Sin embargo, aunque esta correlación fue negativa en ambas localidades, solo en algunos materiales alcanzó a haber alta significancia, especialmente en Nataima donde la hubo para dos híbridos y tres líneas. En Palmira solo en el M.A x E-124 hubo correlación significativa.

Unicamente en Nataima se presentó heterosis de alguna magnitud para este carácter, alcanzando valores de 132.13% en el híbrido M.A x E-124 en relación al promedio parental. El cruce M.A x PM-4917 fue el menos heterótico con un valor muy similar al del promedio parental, 101.93%. En relación al padre superior cuatro híbridos sobrepasan el peso del padre más pesado. Solo M.A x PM-4917 presentó un valor más bajo.

En la Tabla 10, se presentan los valores de heterosis.
En Palmira solamente los híbridos M.A x E-124 y M.A x SA-9798 presen-

taron heterosis en relación al promedio parental, pero de baja magni-- tud, 111.12% y 107.30% respectivamente. En esta localidad ninguno de los híbridos superó en el peso de 300 granos al padre superior.

Estos resultados coinciden con los de otros investigadores quienes han encontrado valores variables y a veces contradictorios en la manifesta ción de la heterosis y en la correlación con el rendimiento y el núme- ro de semillas/panoja (1, 2, 3, 7, 12, 13, 15, 17, 19, 24, 30).

Las diferencias en el peso de 300 granos dentro de los padres y de los híbridos fueron altamente significativas, según el análisis combinado de varianza de la Tabla 16. Ni los padres ni sus híbridos presentaron interacción con la localidad para este componente, indicando que el pe so del grano varía de acuerdo al genotipo pero no con la localidad.

La heterosis fue altamente significativa y su expresión fue diferente en las localidades al nivel del 5% de probabilidad.

El peso de 300 semillas, además de las correlaciones ya vistas con el rendimiento y el número de granos por panoja, presentó en algunos mate riales, un híbrido y tres líneas, asociación positiva con la altura y con la excersión. En un híbrido y cuatro líneas la asociación de este carácter con la longitud de la panoja fue negativa. Igualmente fue ne gativa la correlación con el área foliar en dos híbridos y una línea.

4.9 NUMERO DE HOJAS VERDES EN EL ESTADO DE FLORACION.

Esta observación solo se tomó en Palmira. Los resultados aparecen en la Tabla 11, y corresponden al promedio por planta. Se pretende determinar si esta observación hecha en el estado de floración de la planta, guarda alguna relación con el rendimiento final y con otras características y si se puede utilizar como un criterio selectivo para materiales de altos rendimientos.

Entre los híbridos hubo poca diferencia en el número de hojas verdes - siendo el cruce M.A x PM-4917 el de menor número, con 4.9 hojas. Entre las líneas, la SA-9798 fue la de mayor cantidad, 8.3 hojas. La de menos follaje, fue Martín B.

Unicamente los híbridos M.A x MN-736-101 y M.A x E-124 presentaron heterosis en relación al promedio parental pero de baja magnitud, 105.44% y 104.03% respectivamente (Tabla 11). Los demás híbridos tuvieron menos hojas que el promedio parental, siendo el de menor valor M.A x SA-9798. 84.16%. La línea SA-9798 fue la de más follaje. En relación - al padre superior, solo el cruce M.A x MN-736-101 superó en poca cantidad a aquel. El M.A x SA-9798 solo alcanzó el 68% del valor del padre de más hojas. Otros investigadores han encontrado también menor número de hojas en los híbridos (17, 32) pero sus mediciones han sido del número total de hojas producidas por la planta.

El análisis de varianza, Tabla 18, comprueba que las diferencias en el número de hojas verdes en floración fueron estadísticamente significa-

TABLA 11. Número de hojas verdes en el estado de floración y heterosis con relación al promedio parental y al parental y al padre superior. Corresponden al promedio por planta. Tres replicaciones. Palmira 1972 B.

GENEALOGIA	Número hojas verdes Pal.	Por ciento Heterosis	
		Promedio padres Pal.	Pad. Sup. Pal.
M.A x MN-736-101-7 -1-1-2-1	5.50	105.44	103.77
M.A x ICAPAL	5.36	90.45	79.70
M.A x SA-9798	5.66	84.16	68.00
M.A x E-124	5.60	104.03	99.42
M.A x PM-4917-14-1	4.96	94.31	91.97
Martin B	5.13		
MN-736-101-7-1-1-2-1	5.30		
ICAPAL	6.73		
SA-9798	8.33		
E-124	5.63		
PM-4917-14-1	5.40		

tivas en los padres, pero no en los híbridos. Las diferencias de los híbridos con sus padres que en este caso fueron negativas en su mayoría fueron altamente significativas.

Solamente en el híbrido M.A x E-124 y en la línea MN-736-101 hubo correlación positiva y significativa entre el número de hojas y el rendimiento. Sugiere esto que el número de hojas no es un carácter adecuado para hacer selecciones por rendimiento. Lógicamente existe una correlación positiva entre el número de hojas y el área foliar.

4.10 AREA FOLIAR EN EL ESTADO DE FLORACION

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 12, y corresponden al promedio por planta.

El híbrido de mayor área foliar fue M.A x E-124 con 1.654.32 cms.^{2} -- por planta. El de menor fue M.A x PM-4917. La línea SA-9798 tuvo la mayor área foliar entre los padres, con 2.027.81 cms.^{2} y Martin B la menor con 1.122.80 cms.

La heterosis con relación al promedio parental, Tabla 12, varió en magnitud desde 105.68% en el cruce M.A x PM-4917 hasta 146.65% en M.A x E-124. El cruce M.A x SA-9798 no presentó heterosis. Su valor fue el 82.07% del promedio de los padres.

En relación al padre superior, el híbrido M.A x E-124 fue el más heterótico, con 123.88% seguido por M.A x ICAPAL con 108.71% y M.A x PM-4917

TABLA 12. Area foliar en floración y heterosis con relación al promedio parental y al padre superior. Corresponde al promedio por planta. Tres replicaciones. Palmira 1972 B.

GENEALOGIA	Area foliar en floración (cms^2) Pal.	Por ciento Heterosis	
		Promedio padres Pal.	Pad. Sup. Pal.
M.A x MN-736-101-7 -1-1-2-1	1.554.52	129.77	90.70
M.A x ICAPAL	1.377.57	115.27	108.71
M.A x SA-9798	1.292.92	82.07	63.75
M.A x E-124	1.654.32	146.65	123.88
M.A x PM-4917-14-1	1.188.16	105.68	105.56
Martin B	1.122.80		
MN-736-101-7-1-1-2-1	1.272.84		
ICAPAL	1.267.17		
SA-9798	2.027.81		
E-124	1.335.35		
PM-4917-14-1	1.125.54		

con 105.56%. El menos heterótico fue M.A x SA-9798 que apenas alcanzó el 63.75% del padre superior.

El de menos heterosis para número de hojas verdes, también lo fue para el área foliar, como consecuencia de la asociación positiva existente entre este par de variables. Sin embargo, el híbrido M.A x E-124 no presentó heterosis apreciable para el número de hojas verdes en el estado de floración y si la presentó para el área foliar. Esto es importante en el sentido de que es preferible tener materiales de menor follaje y de gran área foliar puesto que existe una asociación positiva entre el área foliar, el rendimiento y el número de semillas/panoja, en tanto que esta correlación no existe con el número de hojas.

El análisis de varianza de la Tabla 18 reveló que hubo diferencias altamente significativas en el área foliar de los padres y de los híbridos pero que la diferencia entre los híbridos y sus padres no alcanzó a ser significativa; es decir la heterosis fue no significativa.

Los resultados de este estudio coinciden con los de otros investigadores. (14, 17, 20, 32). Ellos también encontraron valores superiores e inferiores en los híbridos. Stickler y Pauli (37) encontraron una relación curvilineal entre el área foliar y el rendimiento.

4.11 HUMEDAD DEL GRANO A LA COSECHA.

Los valores de humedad en el momento de la cosecha se dan como el promedio de tres replicaciones. Tabla 13.

TABLA 13. Humedad del grano al momento de la cosecha y heterosis con relación al promedio parental y al padre superior. Corresponde al promedio de tres replicaciones.en dos localidades. 1972 B.

GENEALOGIA	Loc.	P_1*	P_2	$\bar{x}$Padres	F_1	Por ciento Heterosis $\bar{x}$Padres	Por ciento Heterosis Pad. Sup.
M.A x MN-736-101 -7-1-1-2-1	Nat.	11.43	11.59	11.51	11.84	107.53	102.15
	Pal.	8.96	9.90	9.43	10.13	107.42	102.32
M.A x ICAPAL	Nat.	"	11.06	11.24	11.77	103.82	102.97
	Pal.	"	9.23	9.09	9.66	106.27	104.65
M.A x SA-9798	Nat.	"	12.42	11.92	11.94	100.17	95.99
	Pal.	"	10.76	9.86	10.13	102.73	94.14
M.A x E-124	Nat.	"	11.83	11.63	11.81	101.54	99.83
	Pal.	"	9.63	9.29	10.56	113.67	109.65
M.A x PM-4917	Nat.	"	11.38	11.40	11.48	100.70	100.43
	Pal.	"	9.46	9.22	9.60	104.23	101.47

* P_1 es Martin *I* para todos los cruzamientos.

La recolección se efectuó en Nataima a los 105 días y en Palmira a - los 110.

En Nataima los híbridos presentaron muy poca diferencia. El más seco tenía 11.48% de humedad que fue M.A x PM-4917 y el más húmedo -- M.A x SA-9798 con 11.94% de humedad. La línea de mayor humedad fue SA-9798 con 12.42% y la más seca fue ICAPAL con 11.06%.

Los porcentajes de humedad fueron más bajos en Palmira. M.A x E-124, tuvo 10.56% y M.A x PM-4917, 9.60%. La línea SA-9798 fue la de más humedad con 10.76% y la Martin B la de menor con 8.96%.

La manifestación de la heterosis para este carácter, que significa un mayor período de siembra a cosecha, fue muy poca especialmente en Nataima donde casi no hubo diferencias entre los híbridos y el promedio de los padres, Tabla 13. El cruce M.A x MN-736-101 tuvo un valor de 107.53% y fue el de más alto valor. En relación al padre más húmedo fue también el cruce M.A x MN-736-101 el que sobrepasó su valor, --- 102.15%, lo mismo que M.A x ICAPAL con 102.97%. Los otros híbridos - tuvieron menor porcentaje de humedad.

En Palmira todos los híbridos tuvieron más humedad que el promedio -- de los padres y el M.A x E-124 alcanzó 113.67%. En general esta superioridad fue de poca magnitud. Con relación al padre más húmedo, - se conservó la superioridad de los híbridos con excepción de M.A x SA-9798 que tuvo el 94.14% de aquel. El cruce M.A x E-124 fue el más hú-

medo con 109.65%.

De acuerdo con el análisis de varianza de la Tabla 16, la heterosis -- aunque de poca magnitud, fue significativa al nivel del 5%. Las diferencias en humedad de los padres fue altamente significativa, pero no las diferencias entre los híbridos. No hubo interacción de los padres ni de los híbridos con la localidad o sea que los porcentajes de humedad fueron muy similares en Nataima y Palmira.en la época de cosecha. La manifestación heterótica también fue similar en las dos localidades.

El porcentaje de humedad se tomó como un indicativo del período siembra-cosecha y de la posible precocidad de unos materiales con respecto a otros especialmente de los híbridos con respecto a sus padres.

Sin embargo la humedad del grano a la cosecha fue tan similar que no permitió hacer diferenciaciones entre los distintos materiales. Además una diferencia de un grado, no fue obstáculo para realizar la cosecha al mismo tiempo, luego no determina precocidad.

Se puede pensar que para las condiciones de tal semestre, la cosecha debió realizarse algunos días antes, tanto para los padres como para los híbridos. Quizá realizada unos 10 días antes hubiera dado alguna diferenciación valedera.

Se concluye que los híbridos formados con estas líneas no son más tardíos que los híbridos y variedades comerciales de las zonas sorgueras,

ya que la época de recolección normal fue la que se tuvo en cuenta para hacer la cosecha en este estudio.

TABLA 14. Número de planta por parcela. Corresponde al promedio de tres replicaciones. Dos localidades. 1972 B.

G E N E A L O G I A	NATAIMA	PALMIRA
M.A x MN-736-101-7-1-1-2-1	96.33	146.33
M.A x ICAPAL	85.66	145.66
M.A x SA-9798	99.66	136.66
M.A x E-124	88.00	125.66
M.A x PM-4917-14-1	93.00	67.66
Martin B	112.33	141.66
MN-736-101-7-1-1-2-1	86.66	120.33
ICAPAL	105.66	146.66
SA-9798	72.00	90.00
E-124 Sel. from P127	112.66	153.66
PM-4917-14-1	99.66	93.66

TABLA 15. Análisis combinado de varianza para rendimiento, número de plantas por parcela y altura de planta, para los híbridos y sus padres usados en el ensayo. Datos de dos localidades en 1972 B.

Fuentes de Variación	g.l	CUADRADOS MEDIOS		
		Rendimiento grs.	No. de plantas por parcela	Altura de planta cms.
Replicaciones en localidades	4	834.795.27*	340.99	1.629.09
Localidades	1	658.762.11	13.643.16**	69.347.81**
Tratamientos	10	6.318.816.06**	1.959.06**	525.899.88**
Padres	5	1.872.922.27**	2.566.45**	179.775.11**
F_1	4	6.117.530.42**	1.658.45**	460.621.11**
Padres vs F_1	1	29.353.450.29**	126.76	2.517.638.80**
Tratam. x Loc.	10	272.097.53	922.49**	21.341.71**
Padres x Loc.	5	190.098.74	482.31	14.169.33**
F_1 x Loc.	4	4.796.86	1.669.55**	12.624.58**
Pad. vs F_1 x Loc.	1	1.751.294.15*	132.92	92.072.19**
Error	40	269.840.87	255.10	1.659.04
Total	65			
Coeficiente de variación		20.98%	14.52%	3.02%

* Significancia al 5 por ciento de probabilidad

** Significancia al 1 por ciento de probabilidad.

TABLA 16. Análisis combinado de varianza para número de grano por panoja, peso de 300 granos y humedad del grano a la cosecha para los híbridos y sus padres utilizados en el ensayo. Datos de dos localidades. 1972 B.

Fuente de Variación	g.l	CUADRADOS MEDIOS		
		No. de granos por panoja	Peso 300 granos grs.	Humedad del grano a la cosecha.
Replicaciones en localidades.	4	77.099.00	1.36*	0.79**
Localidades	1	5.883.136.00**	22.10**	57.34**
Tratamientos	10	924.960.70**	5.40**	1.11**
Padres	5	685.623.00**	4.93**	1.69**
F_1	4	936.875.50**	3.14**	0.40
Padres vs F_1	1	2.073.990.00**	16.83**	1.06*
Tratam. x Loc.	10	179.999.20**	0.57	0.15
Padres x Loc.	5	239.355.60**	0.55	0.15
F_1 x Loc.	4	145.807.75*	0.16	0.15
Pad. vs F_1 x Loc.	1	19.983.00	2.26*	0.17
Error	40	44.759.67	0.50	0.16
Total	65			
Coeficiente de variación		16.85%	10.74%	3.77%

* Significancia al 5 por ciento de probabilidad

** Significancia al 1 por ciento de probabilidad.

TABLA 17. Análisis combinado de varianza para excersión, longitud de panoja y peso del grano por panoja, para los híbridos y sus padres usados en el ensa-- yo. Datos de dos localidades. 1972 B.

Fuentes de Variación	g.l	CUADRADOS MEDIOS Excersión cms.	Longitud panoja cms.	Peso del grano por panoja (grs.)
Replicaciones en localidades	4	229.72	106.27	23.22
Localidades	1	13.735.28**	4.127.75**	1.209.89**
Tratamientos	10	45.219.30**	12.414.94**	620.70**
Padres	5	31.668.40**	19.075.73**	248.70**
F_1	4	8.039.25**	5.100.72**	620.75**
Padres vs F_1	1	261.692.00**	8.357.89**	2.480.53**
Tratam. x Loc.	10	2.250.10**	476.25*	93.78**
Padres x Loc.	5	2.126.40**	264.02	127.22**
F_1 x Loc.	4	2.965.50**	770.13**	67.79
Pad. vs F_1 x Loc.	1	9.00	361.93	30.55
Error	40	291.03	191.32	30.96
Total	65			
Coeficiente de variación		12.04%	5.28%	20.40%

* Significancia al 5 por ciento de probabilidad

** Significancia al 1 por ciento de probabilidad.

TABLA 18. Análisis de varianza para número de hojas verdes y área foliar en estado de floración. Palmira 1972 B.

Fuentes de Variación	g.l	CUADRADOS MEDIOS	
		No. de hojas verdes en floración	Area foliar en floración (cms.^{2})
Replicaciones en localidades.	2	400.579**	238.886.95**
Tratamientos	10	275.957**	210.484.55**
Padres	5	460.222**	344.405.61**
F_1	4	23.100	93.211.13**
Padres vs. F_1	1	366.064**	9.972.97
Error	20	14.075	19.731.99
Total	32		
Coeficiente de variación		6.48%	10.22%

* Significancia al 5 por ciento de probabilidad

** Significancia al 1 por ciento de probabilidad.

TABLA 19. Análisis de covarianza para rendimiento en gramos y número de plantas por parcela. Nataima 1972 B.

Fuentes de Variación	GL	SC XX	SC XY	SC YY	SC_{YY} Corregida	GL	CM	Fc.
Replicaciones	2	125.573	-11151.812	2083696.000				
Tratamientos	10	4518.562	-84476.576	25544720.000				
Padres	5	3859.166	- 9052.365	4608866.490				
F_1	4	399.733	-20018.702	9111106.280				
Padres vs F1	1	259.645	-55405.508	11823827.190				
Error	20	3061.801	101915.847	6144832. 000	2752436.522	19	144865.080	
Trat. + Error		7580.363	17439.271	31689552. 000	31649431.472			
Trat. Correg.					28896994.950	10	2889699.495	19.94**
Padres + Error		6920 .967	92863.482	10753698.490	9507683.838			
Padres Correg.					6755247.316	5	1351049.463	9.32**
F_1 + Error		3461.534	81897.145	15255938.280	13318316.879			
F_1 Correg.					10565880.357	4	2641470.089	18.23**
Padr. vs F_1 + Error		3321.446	45610.339	17968659.190	17317373.084			
Padr. vs F_1 Correg.					14564936.562	1	14564936.562	100.541**

** Significancia al 1 por ciento de probabilidad.

TABLA 21. Correlaciones simples entre: (1) número de semillas, (2) peso de 300 semillas, (3) rendimiento en grs/planta, (4) altura, (5) excersión, - (6)longitud de panoja, (7) número de hojas verdes y (8) área foliar, para el híbrido M.A x MN-736-101, y la línea MN-736-101. Dos localidades. 1972 B.

		------- MN-736-101 -------							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	N	_____	0.220	0.854**	0.356	-0.231	0.643**	_____	_____
	P	_____	0.206	0.855**	0.274	-0.460*	0.630**	0.241	0.692**
2	N	-0.228	_____	0.682**	0.326	0.057	0.210	_____	_____
	P	-0.157	_____	0.671**	0.095	0.100	-0.129	0.526**	0.318
3	N	0.889**	0.204	_____	0.404*	-0.187	0.615**	_____	_____
	P	0.773**	0.491**	_____	-0.140	-0.274	0.394*	0.473*	0.696**
4	N	-0.228	0.470**	-0.070	_____	0.538**	0.317	_____	_____
	P	-0.302	0.481*	0.029	_____	0.738**	-0.168	-0.044	0.007
5	N	-0.493**	0.336	-0.382	0.434*	_____	-0.243	_____	_____
	P	-0.500**	0.370	-0.213	0.585**	_____	-0.451	-0.116	-0.341
6	N	0.482**	0.090	0.503**	0.101	-0.004	_____	_____	_____
		0.307	0.089	0.340	0.308	-0.206	_____	-0.296	0.406*
7	P	0.298	-0.219	0.113	0.010	0.149	-0.214	_____	0.591**
8	P	0.745**	-0.358	0.433*	-0.379	-0.295	0.177	0.606**	_____
		---- M.A x MN 736-101 ----							

TABLA 20. Análisis de covarianza para rendimiento en gramos y número de plantas por parcela. Palmira 1972 B.

ANALISIS DE COVARIANZA

Fuentes de Variación	GL	SC XX	SC XY	SC YY	SC YY Corregida	GL	CM	Fc
Replicaciones	2	1238.414	18646.478	1254025.644				
Tratamientos	10	24297.000	583021.361	40363338.253				
Padres	5	11384.666	193438.800	6552932.510				
F1	4	12912.266	388777.686	15972765.202				
Padres vs F_1	1	0.036	805.383	17837640.536				
Error	20	7142.269	18040.200	4649893.514	4604326.927	19	242332.996	
Trat. + Error		31439.269	601061.561	45013231.767	33522029.471			
Trat. Correg.					28917702.544	10	2891770.254	11.
Padres + Error		18526.935	211479.000	11202826.024	8788861.305. J			
Padres Correg.					4184534.378	5	836906.875	3.
F_1 + Error		20054.535	406817.886	20622658.716	12370121.702			
F1 Correg.					7765794.775	4	1941448.693	8.
Padr. vs F_1 + Error		7142.305	18845.583	22487534.050	22437808.366			
Padr. vs F_1 Correg.					17833481.439	1	17833481.439	73.

** Significancia al 1 por ciento de probabilidad.

* Significancia al 5 por ciento de probabilidad.

TABLA 22. Correlaciones simples: (1) número de semillas, (2) peso de 300 semillas, (3) rendimiento en grs/planta, (4) altura, (5) excersión, (6) - longitud de panoja, (7) número de hojas verdes y (8) área foliar para el híbrido M.A x ICAPAL y la línea ICAPAL. Dos localidades. 1972 B.

		------ Icapal ------							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	N	_____	-0.392*	0.901**	0.227	-0.437*	0.723**	_____	_____
	P	_____	-0.044	0.763**	-0.081	0.110	0.451*	0.403*	0.550**
2	N	-0.540**	_____	0.017	-0.141	0.386*	-0.339	_____	_____
	P	-0.107	_____	0.589**	0.401*	0.588**	-0.258	-0.104	-0.089
3	N	0.921**	-0.201	_____	0.198	-0.253	0.614**	_____	_____
	P	0.269	0.374	_____	0.166	0.270	0.276	0.273	0.365
4	N	0.059	-0.323	-0.067	_____	0.177	0.289	_____	_____
	P	-0.321	-0.105	0.033	_____	0.734**	0.186	-0.376*	-0.411*
5	N	-0.753**	0.241	-0.712**	0.179	_____	0.694**	_____	_____
	P	-0.585**	0.217	0.122	0.462*	_____	0.108	-0.265	-0.288
6	N	0.806**	-0.463	0.757**	0.006	0.677**	_____	_____	_____
	P	0.334	-0.112	0.014	-0.133	-0.554**	_____	0.270	0.415*
7	P	0.078	-0.378	0.189	0.082	0.029	0.027	_____	0.764*
8	P	0.415*	-0.482*	0.106	-0.280	-0.458*	0.535**	0.571**	_____

------ M.A x Icapal ------

TABLA 23. Correlaciones entre: (1) número de semillas, (2) peso de 300 semillas, (3) rendimiento en grano por planta, (4) altura, (5) excersión, (6) longitud de panoja, (7) número de hojas verdes (8) área foliar para el híbrido M.A x S.A 9798 y la línea SA-9798. Dos localidades. 1972 B.

		------ SA-9798 ------							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	N	_____	0.238	0.769**	0.374*	-0.441	0.361*	_____	_____
	P	_____	0.251	0.928**	-0.083	-0.310	0.624**	0.167	0.755**
2	N	-0.007	_____	0.721**	0.425	-0.233	-0.454*	_____	_____
	P	-0.173	_____	0.560**	-0.271	-0.226	0.064	-0.057	0.005
3	N	0.860**	0.466	_____	0.464*	-0.513**	0.459*	_____	_____
	P	0.767**	0.469	_____	-0.160	-0.358	0.551**	0.067	0.615**
4	N	-0.365	0.452	-0.108	_____	0.267	0.438*	_____	_____
	P	-0.484*	-0.200	-0.543**	_____	0.687**	-0.254	-0.069	-0.056
5	N	-0.619**	0.395	-0.384	0.597**	_____	-0.197	_____	_____
	P	-0.334	-0.118	-0.317	0.670**	_____	-0.647**	-0.115	-0.370
6	N	0.698**	-0.190	0.528*	-0.324	-0.647**	_____	_____	_____
	P	0.696**	-0.000	0.565**	-0.581**	-0.395	_____	-0.123	0.562**
7	P	-0.021	-0.283	-0.190	-0.104	0.099	-0.080	_____	0.569**
8	P	0.627**	-0.173	0.434*	-0.477*	-0.329	0.532*	-0.014	_____

---- M.A x SA-9798 ----

TABLA 24. Correlaciones simples entre: (1) número de semillas, (2) peso de 300 semillas, (3) rendimiento en grs/planta, (4) altura, (5) excersión, (6) longitud de panoja, (7) número de hojas verdes, y (8) área foliar para el híbrido M.A x E-124 y la línea E-124. Dos localidades. 1972 B.

		-------- E-124 --------							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	N	_____	0.360	0.936**	0.416*	-0.532**	0.764**	_____	_____
	P	_____	-0.155	0.914**	-0.214	-0.553**	0.726**	0.120	0.380
2	N	-0.535**	_____	0.648**	0.461*	0.116	0.300	_____	_____
	P	-0.404*	_____	0.245	-0.048	0.336	-0.445*	-0.076	-0.517
3	N	0.856**	0.050	_____	0.495**	-0.400*	0.704*	_____	_____
	P	0.853**	-0.099	_____	-0.091	-0.436*	0.430*	0.586**	0.704**
4	N	0.396*	-0.032	-0.433*	_____	-0.112	0.584**	_____	_____
	P	0.144	0.055	-0.091	_____	0.615**	-0.251	-0.146	-0.266
5	N	-0.717**	0.509**	-0.575**	-0.289	_____	-0.528**	_____	_____
	P	-0.403*	0.046	-0.436	0.615**	_____	0.625**	-0.258	-0.627**
6	N	0.546**	-0.142	0.581**	0.451	-0.502**	_____	_____	_____
	P	0.288	0.201	0.430*	-0.251	-0.625**	_____	0.179	0.451*
7	P	0.652**	-0.284	0.586**	-0.146	-0.258	0.179	_____	0.407*
8	P	0.698**	-0.118	0.704**	-0.266	-0.627**	0.451*	0.833**	_____

------ M.A x E-124 ------

TABLA 25. Correlaciones simples entre: (1) número de semillas por panoja, (2) peso de 300 semillas, (3) rendimiento en grs/planta, (4) altura, (5) excersión, (6) longitud de panoja, (7) número de hojas verdes y (8) área foliar para el híbrido M.A x PM-4917 y la línea PM-4917. Dos localidades. 1972 B.

		------ PM-4917-14-1 ------							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	N	_____	-0.372*	0.858**	0.237	-0.222	-0.128	_____	_____
	P	_____	-0.123	0.904**	-0.346	-0.652**	0.688**	0.400	0.798**
2	N	0.022	_____	0.131	0.504**	0.621**	-0.007	_____	_____
	P	-0.119	_____	0.289	-0.116	0.296	-0.547**	-0.005	-0.322
3	N	0.690**	0.508**	_____	0.467*	0.083	-0.113	_____	_____
	P	0.848**	0.410	_____	-0.374	0.524**	0.438	0.360	0.628**
4	N	-0.313	0.194	-0.014	_____	0.453*	-0.035	_____	_____
	P	-0.610**	0.014	-0.547**	_____	0.589**	-0.173	-0.106	-0.331
5	N	-0.484**	0.005	-0.219	0.448*	_____	-0.225	_____	_____
	P	-0.359	0.051	-0.281	0.694**	_____	-0.649**	0.269	-0.655**
6	N	0.392	-0.155	0.215	0.082	-0.330	_____	_____	_____
	P	0.634**	0.287	0.720**	-0.537**	-0.271	_____	0.176	0.639**
7	N	-0.137	-0.436	-0.319	-0.058	-0.148	-0.492*	_____	0.612**
8	P	0.425	-0.489*	0.127	-0.562*	-0.524*	0.138	0.656**	_____

------ M.A x PM-4917-14-1 ------

TABLA 26. Correlaciones simples entre: (1) número de semillas por panoja, (2) peso de 300 semillas, (3) rendimiento en grs/planta, (4) altura, (5) excersión, (6) longitud de panoja, (7) número de hojas verdes y (8) área foliar para la línea Martin B. Dos localidades. 1972 B.

		1	2	3	4	5	6	7	8
1	N	———							
	P	———							
2	N	-0.675**	———						
	P	-0.080	———						
3	N	0.690**	-0.225	———					
	P	0.880**	0.368	———					
4	N	-0.391*	0.363	-0.225	———				
	P	-0.481*	0.263	-0.319	———				
5	N	-0.445*	0.534**	-0.218	0.604**	———			
	P	-0.091	0.465*	0.095	0.601**	———			
6	N	0.629**	-0.607**	0.415*	-0.315	-0.391*	———		
	P	0.618**	-0.240	0.479*	-0.460*	-0.585**	———		
7	P	0.315	-0.051	0.255	0.129	0.358	-0.218	———	
8	P	0.642**	-0.059	0.501**	-0.375	-0.049	0.261	0.625	———

------ Martin B ------

** Significancia al 1 por ciento de probabilidad.

* Significancia al 5 por ciento de probabilidad.

TABLA 27. Coeficientes de determinación (R^2), entre el rendimiento y el número de semillas, peso de 300 semillas, altura de planta, excersión y longitud de panoja tomadas en grupos de dos, tres, cuatro y cinco variables.

	b-c	b-d	b-e	a-b	b-c-d	b-c-e	a-b-c	b-d-e
1	14.29	34.55	27.34	96.75	34.61	30.91	96.82	47.82
2	0.96	35.55	46.34	71.65	37.26	46.41	71.95	48.14
3	39.38	43.37	55.67	95.57	46.14	59.23	95.57	59.78
4	3.19	47.47	32.12	96.21	53.08	33.80	96.22	53.16
5	21.06	33.52	42.94	98.27	34.30	43.87	98.28	48.04
6	6.57	1.74	24.20	92.92	6.64	27.05	92.92	25.34
7	12.34	51.11	47.21	97.59	62.99	48.10	97.63	65.49
8	20.32	25.60	45.84	94.68	38.39	48.23	94.69	47.54
9	33.39	34.43	38.00	94.26	73.70	50.50	94.39	48.73
10	8.56	51.43	38.35	97.62	55.24	39.16	97.63	62.90
11	5.06	11.49	6.93	95.59	13.42	6.93	95.59	12.25

a.- Número de semillas

b.- Peso de 300 semillas

c.- Altura de planta

d.- Excersión

e.- Longitud de panoja.

TABLA 27. (Cont.) Coeficientes de determinación (R^2), entre el rendimiento y el número de semillas, peso de 300 semillas, altura de planta, excersión y longitud de panoja, tomadas en grupos de dos, tres, cuatro y cinco variables.-

	a-b-c	a-b-e	b-c-d-e	a-b-c-e	a-b-c-d-e
1	96.81	96.75	48.13	96.82	96.84
2	72.91	71.81	48.71	72.13	73.62
3	95.63	95.57	60.42	95.57	95.65
4	96.23	96.22	55.33	96.24	96.24
5	98.30	98.32	49.78	98.32	98.37
6	92.92	93.12	30.54	93.12	93.22
7	97.66	97.79	72.05	97.83	97.86
8	94.82	94.72	50.57	94.73	94.86
9	94.52	94.34	74.37	94.45	95.19
10	97.62	97.62	63.81	97.63	97.64
11	95.60	96.37	13.69	96.41	96.45

a.- Número de semillas

b.- Peso de 300 semillas

c.- Altura de planta

d.- Excersión

e.- Longitud de panoja.

5. CONCLUSIONES

1.- Mediante la hibridación se puede mejorar mucho el rendimiento del sorgo, pues los rendimientos de la F_1, son muy superiores al de sus padres. - Si los híbridos por su altura no son de utilización comercial inmediata, como en el presente caso, pueden servir de base a otros proyectos de mejoramiento, como la selección masal y la genealógica.

2.- El rendimiento en grano fue el carácter que dió mayor respuesta heterótica.

3.- El híbrido más heterótico con relación al padre superior, para rendimiento fue M.A x ICAPAL que alcanzó un valor de 169.95% y 202.67% en Nataima y Palmira, respectivamente. El menos heterótico fue M.A x PM-4917 - con valores de 122.53% en Nataima y de 75.34% en Palmira.

4.- Los híbridos fueron más altos que el promedio de sus padres, en ambas - localidades, y a su vez estos fueron más altos en Palmira que en Nataima. El híbrido más heterótico con relación al promedio parental fue -- M.A x ICAPAL que en Palmira alcanzó un valor de 144.94%. Sin embargo, con relación al padre más alto fue el M.A x E-124 el de mayor heterosis, 140.53%. En ambas localidades el cruce M.A x PM-4917 fue el más bajo - de todos. Con relación al padre superior solo alcanzó valores de 91,36% y 86.22% en Nataima y Palmira, respectivamente. Se ha considerado que la altura de los híbridos de este estudio es un obstáculo para su comercialización inmediata.

5.- Los híbridos presentaron mejor excersión que el promedio de sus padres. En Nataima este valor, sin embargo fue más bajo en general que el valor - del padre superior, la línea Martin B. La excersión es un carácter con - dominancia y fácil de transmitir.

6.- En general, todos los híbridos tuvieron la panoja más larga que sus pa-- dres. El más heterótico para este carácter fue M.A x E-124 que alcanzó un valor en Nataima de 124.82% y en Palmira 117.94%, ambos con relación al padre superior. En ambas localidades, el híbrido M.A x SA-9798 tuvo una panoja más corta que su padre superior la línea SA-9798.

7.- El cruce M.A x E-124 fue el de más heterosis para el peso del grano por panoja. Alcanzó valores de 176.74% en Nataima y 188.26% en Palmira con relación al padre superior. El M.A x PM-4917 fue el de menos heterosis.

8.- El número de granos por panoja presentó valores heteróticos más bajos que los esperados. El híbrido M.A x ICAPAL fue el de más heterosis con relación al padre superior. Exhibió valores de 129.12% en Nataima y 172.36% en Palmira. Para este componente del rendimiento el cruce menos heterótico fue M.A x SA-9798.

9.- En relación al peso de 300 granos, la manifestación de la heterosis fue baja. En Palmira ninguno de los híbridos exhibió heterosis respecto al padre superior. En Nataima el más heterótico fue M.A x SA-9798, pero - apenas alcanzó 114.47%.

10.- El número de hojas verdes en el estado de floración no exhibió heterosis. Solo M.A x MN-736-101 obtuvo un valor ligeramente superior al -- del padre de más hojas. El cruce M.A x SA-9798 solo alcanzó el 68% -- del valor del mejor padre.

11.- Solo dos híbridos no presentaron heterosis respecto al padre de mayor área foliar, el M.A x MN-736-101 y el M.A x SA-9798 que exhibieron -- 90.70% y el 63.75%, respectivamente. El más heterótico fue M.A x E-124 que llegó a 123.88%.

12.- Prácticamente los híbridos tuvieron el mismo período siembra a cosecha que sus padres. El más húmedo al momento de la cosecha fue M.A x E-124, con un valor heterótico de 109.65%. Esta información no sirvió para - determinar precocidad, pues cuando se hizo la cosecha ya todos los materiales tenían un contenido de humedad muy bajo y uniforme. La recolección se hizo a los 105 días en Nataima y a los 110 en Palmira.

13.- El rendimiento no presentó interacciones con las localidades, pero si la presentó la manifestación de la heterosis para este carácter.

14.- La altura fue un carácter inestable ya que tanto los híbridos como las líneas parentales presentaron interacción con la localidad. Igualmente la heterosis para altura presentó interacción significativa con la localidad.

15.- El peso de 300 granos y la humedad al momento de la cosecha fueron caracteres estables en las dos localidades. No así el número de granos

por panoja para el cual tanto los híbridos como sus padres presentaron interacción significativa con la localidad.

16.- Para la excersión, los híbridos y las líneas manifestaron variación -- con la localidad, pero para la longitud de la panoja solo los híbridos manifestaron dicha interacción.

17.- Las diferencias en el número de hojas verdes en el estado de floración fueron significativas en las líneas parentales pero no en los híbridos. La diferencia en área foliar fue significativa tanto en los híbridos - como en los padres.

18.- La manifestación de la heterosis fue significativa para el número de - hojas pero no para el área foliar.

19.- El rendimiento estuvo correlacionado positivamente con el número de -- granos por panoja, la longitud de la panoja y el área foliar. El número de semillas tuvo asociación positiva con la longitud de panoja y -- con el área foliar y negativa con la excersión. El peso de 300 semi-- llas y el rendimiento tuvieron asociación positiva pero solo en algu-- nos híbridos y líneas. La altura y la excersión estuvieron positiva-- mente correlacionados lo mismo que el área foliar y el número de hojas. La correlación entre el peso de 300 semillas y el número de granos por panoja fue negativa, pero solo fue significativa en algunos materiales.

20.- De acuerdo con el análisis de correlación múltiple los dos componentes, número de granos por panoja y peso de 300 granos contribuyen con más o

menos el 95% del rendimiento. Al adicionar otras variables, no se modificó este porcentaje.

Con base en los resultados de este estudio, se sugiere: intensificar la formación de híbridos, con las líneas androestériles, y las promisorias, que se tienen en el Programa de Maíz y Sorgo de Nataima, lo mismo que cruzamientos manuales entre líneas fértiles, con miras a obtener híbridos comerciales o que sirvan de base a programas de selección.

Utilizar los híbridos formados en este estudio para llevar a cabo proyectos de selección genealógica y masal.

Tratar de obtener líneas enanas de las líneas ICAPAL-1, ICA-NATAIMA, SB-65, E-75, con el objeto de cruzarlas posteriormente con las líneas androestériles y observar si los híbridos, teóricamente más bajos que los formados en esta ocasión, tienen el mismo comportamiento.

6. RESUMEN

Con el objeto de medir la manifestación de la heterosis para rendimiento y otros caracteres agronómicos, se cruzaron las líneas MN-736-101-1-1-2-1, ICAPAL, SA-9798, E-124, y PM-4917-14-1 con la línea androestéril Martin A. Los cinco híbridos formados y las seis líneas parentales se evaluaron en un bloque completo al azar con tres replicaciones en dos localidades; en el Centro Experimental Nataima, en el Espinal, Tolima y en el Centro Experimental Palmira, Departamento del Valle. Cada parcela tenía dos surcos de cinco metros cada uno. En cada parcela y en las dos localidades se cogieron 10 plantas al azar a las cuales se les tomaron las siguientes medidas: altura de planta, longitud de panoja, excersión de la panoja, peso del grano por panoja, número de granos y peso de 300 granos. En Palmira se tomaron además el número de hojas verdes en el estado de floración y el área foliar de estas hojas. En el momento de la cosecha se determinó la población por parcela y el rendimiento total en gramos por parcela.

A cada uno de estos caracteres se les hizo el análisis de varianza por localidad y el combinado de las dos localidades.

La heterosis se midió respecto al promedio de los padres y al padre superior.

Rendimiento en grano fue el carácter de mayor heterosis. El híbrido más heterótico para este carácter fue M.A x ICAPAL que alcanzó valores para heterosis de 169.95% en Nataima y 202.67% en Palmira. El rendimiento es un carácter estable, pues ni los padres ni los híbridos mostraron interacción de su rendi--

miento con la localidad. La manifestación de la heterosis fue altamente significativa.

Con excepción del M.A x PM-4917, los demás híbridos fueron mucho más altos -- que el padre superior. En Nataima, el híbrido de más heterosis fue M.A x ICAPAL con 134.80% y en Palmira fue M.A x E-124 con 140.53%. Esta altura resultó en una desventaja para su utilización comercial inmediata. La manifestación de la heterosis y la altura de los padres e híbridos manifestaron interacción significativa con la localidad.

Los valores de heterosis para excersión fueron altos con relación al promedio parental. Con relación al padre superior fueron bajos especialmente en Nataima.

Con relación al padre superior la heterosis para la longitud de la panoja fue baja. El híbrido M.A x E-124 fue el más heterótico en ambas localidades, -- 124.82% en Nataima y 117.94% en Palmira.

El cruce M.A x E-124 fue el de más heterosis para el peso del grano por panoja. Alcanzó 176.74% en Nataima y 188.26% en Palmira.

La mayor manifestación de heterosis para el componente número de granos fue en el híbrido M.A x ICAPAL con valores de 129.12% en Nataima y 172.36% en Palmira.

La heterosis para el peso de 300 granos solo se manifestó en Nataima pero de poca magnitud. En Palmira ninguno de los híbridos superó en esta característica al padre superior.

En el número de hojas verdes tampoco hubo manifestación heterótica en ninguno de los híbridos con relación al padre superior. Solo M.A x MN-736-101 - tuvo un valor ligeramente superior.

Solo el cruce M.A x E-124 presentó heterosis de alguna magnitud, respecto - al padre superior para el área foliar. En dos híbridos el área foliar fue inferior a la del padre superior.

La humedad del grano al momento de la cosecha no sirvió para determinar precocidad, pues ya todos los materiales habían llegado a un contenido de humedad muy bajo y uniforme.

No hubo interacción con la localidad para el peso de 300 granos y para la humedad del grano a la cosecha, ni en los padres ni en los híbridos. La longitud de la panoja de los padres fue estable en las dos localidades, no así la de los híbridos. El peso del grano por panoja fue estable en los híbridos, pero no en las líneas parentales.

Hubo correlaciones positivas entre el rendimiento, el número de granos por - panoja, la longitud de la panoja y el área foliar. Entre el número de semillas y la longitud de la panoja hubo asociación positiva y negativa con la - excersión. En algunos híbridos y líneas hubo correlación positiva entre el rendimiento y el peso de 300 granos. La altura y la excersión estuvieron -- asociados positivamente, lo mismo que el área foliar y el número de hojas. La correlación entre el peso de 300 semillas y el número de semillas por panoja fue negativa, pero solo en algunos materiales fue significativa.

El estudio de correlaciones múltiples entre el rendimiento y las otras variables reveló que los dos componentes número de granos por panoja y peso de -- 300 granos contribuyeron conjuntamente con más o menos el 95% de la manifestación del rendimiento.

7. SUMMARY

Male sterile line Martin was crossed with selected lines MN-736-101-7-1-1-2-1, ICAPAL-1, SA 9798, E-124, and PM 4917, in order to measure the manifestation of heterosis for yield and other agronomic traits. Five hybrids and their six parental lines were evaluated in a completely randomized blocks with three replications in two localities: Centro Experimental Nataima in El Espinal, department of Tolima and Centro Experimental Palmira, in Palmira in the Cauca Valley. Each plot was of two five-meters furrows. In each plot was recorded the follow traits: plant height, head excertion, yield of each head, number of grains per head and the weight of 300 grains. In Palmira was also recorded the number of leaves in the anthesis stage and the foliar area of these leaves. The total yield and the number of plants per plot were determined.

The analysis of variance per locality as well as the combined analysis were made. Heterosis was measured with respect to the parent's mean, and to the best parent.

Yield in grain was the trait of more heterosis. The most heterotic hybrid was M.A x ICAPAL with a heterotic value of 169.95% in Nataima and 202.67% in Palmira, in relation to the best parent. Yield was a stable trait because the locality interaction of the parents and hybrid was non significant at the level of 1% probability. Manifestation of heterosis was highly significant. Only the hibrid M.A x PM 4917 was smaller than the best parent. In Nataima the most heterotic hybrid for height was M.A x ICAPAL with a 134.80% value and in Palmira the most heterotic hybrid was M.A x E-124 with a 140.53%

value. Because of this height, hybrids are not commercial. The height of parents and hybrids changed with localities. The same ocurred to the mani-- festation of heterosis.

Heterosis values for head excertion was high in relation to the parent's mean but not in relation to the best parent, especially at Nataima.

Heterosis for head length was little. The hybrid M.A x E-124 was the most - heterotic for this trait in both locations, 124.82% in Nataima and 117.94% - in Palmira.

For the yield of each head the most heterotic hybrid was M.A x E-124 with - 176.46% and 188.26% values at Nataima and Palmira respectively.

The higher manifestation of heterosis for grain number per head was in the - hybrid M.A. x ICAPAL. With 129.12% and 172.36% values at Nataima and Palmi- ra.

Nome of the hybrids surpassed their best parent's weight of 300 grains at - Palmira. At Nataima the manifestation of hybrid vigor was little. The num- ber of leaves in the anthesis stase didn't show superiority in the hybrids. Only M.A x MN-736-101-7 had a slightly higher value.

For the foliar area only M.A x E-124 showed heterosis. In two hybrids this trait was smaller than in the best parent.

It was not possible to measure precocity using percent of humidity, because all materials had a low and uniform percentage.

There was not interaction with locality for the 300 grain weight and percent humidity of the parents and F_1's. Head length was a stable character for - parents not for hybrids. Grain weight per head was a stable character for - hybrids but not for parental lines.

There was a positive correlation between yield and number of grains per head, head length and foliar area. Between number of grains per head and head -- length there was a positive association. The correlation between number of - grains per head and head excertion was negative. In some lines and hybrids there was positive correlation between yield and 300 grain weight.

Plant height and head excertion were positively associated. The same was -- true for foliar area and number of green leaves at anthesis stage.

300 grain weight and number of grains per head negatively associated, but - this coefficient was highly significant only in some materials.

Multiple correlation analysis among yield and the other variables, revealed that number of grains per head and the 300 grain weight were the most impor-- tant in the contribution to the yield. They contributed with more or less 95 percent to the yield.

B I B L I O G R A F I A

1.- BARTEL, A.T. 1949. Hybrid vigor in sorghum. Agron. Jour. (EE.UU.) 41: 147 - 152.

2.- BEIL, G.M. and R.E. ATKINS. 1967. Estimates of general and specific combining ability in F_1 hybrids for grain yield and its componentes in grain sorghum, Sorghum vulgare Pers. Crop. Sci. --- (EE.UU.) 7: 225 - 228.

3.- BLUM, A. 1970. Nature of heterosis in grain production by the sorghum panicle. Crop. Sci. (EE.UU.) 10: 28 - 31.

4.- CAMPBELL, L.G. and A.J. CASADY. 1969. Effect of a single heigth -- (Dw_3) of sorghum bicolor (L.) Moench at 1-dwarf and 2-dwarf -- heigth levels. Crop. Sci. (EE.UU.) 9: 828 - 830.

5.- CASADY, A.J. 1965. Effect of a single heigth (Dw) gene of sorghum on grain yield, grain yield components and test weight. Crop. Sci. (EE.UU.) 5: 385 - 388.

6.- _____. 1967. Effect of a single height gene (Dw_3) of Sorghum vulgare Pers. on certain culm and leaf blade characteristics. Crop. Sci. (EE.UU.) 7 : 595 - 598

7.- CHIANG, M.S. and J.D. SMITH. 1967. Diallel analysis of the inheritance of quantitative characters in grain sorghum. J. Heterosis an -- imbreeding depression. Can. Jou. Genet. Cytol. 9 : 44 - 51

8.- DABHOLKAR, A.R., S.W. TELANG and K.C. PATEL. 1970. Path analysis of yiel components in hybrids sorghums. Ind. Jour. Genet. - and Plant Breed. 30 : 625 - 629.

9.- DOGGET, H. 1967. Yield increase from sorghum hybrids. Nature (INGLATERRA) 216 : 798 - 799.

10.- HADLEY, H.H.; J.E. FREEMAN and E.Q. JAVIER. 1965. Effects of height mutations on grain yield ind sorghum. Crop. Sci. (EE.UU.); 5 : 11 - 14.

11.- HAGEMAN, R.H.; E.R. LENG and J.W. DUDLEY. 1967. A bicochemical -- aproach to corn breeding. Advances in Agronomy (EE.UU.) 19 : 45 - 86.

12.- KAMBAL, H.E. and O.J. WEBSTER. 1966. Manifestations of hybrid vigor in grain sorghum and the relation among the components of yield, weight per bushell and height. Crop. Sci. (EE.UU.) - 6 : 513 - 515.

13.- KARPER, R.E. and J.R. QUINBY. 1937. Hybrid vigor in sorghum. Jour. Hered. (EE.UU.) 28 : 83 - 91.

14.- KIRBY, J.S. 1966. Manifestations of heterosis in grain sorghum. - Diss. Abstr. 26 : 66 - 2964. (Res. in Plant Breed. Abstr. 37 : 528.

15.- _____. and R.E. ATKINS. 1968. Heterotic response for vegetative and mature plants characters in grain sorghum, Sorghum bicolor -- (L.) Moench. Crop. Sci. (EE.UU.) 8 : 335 - 339.

16.- KOENIG, R. and WALTER, J.L. 1967. Correlations and path coefficient analysis of components of yield in grain sorghum, Sorghum vulgare Pers. Abss. Ann. Meetings Amer. Soc. Agr. Oklahoma State. -- Univ. Stillwater. 1966. p.10 (Res. in Plant Breed Abstr. 37 : 84)

17.- LIANG, G.H.L. 1967. Diallel analysis of agronomic characters in grain sorghum, Sorghum vulgare Pers. Can. Jour. Genet. Cytol 9:269-276

18.- _____; C.B. OVERLY and A.J. CASADY. 1969. Interralations among agronomic characters in grain sorghum, Sorghum bicolor (L.) Moench Crop. Sci. (EE.UU.) 9 : 299 - 302.

19.- _____; C.R. REDDY and A.D. Dayton. 1972. Heterosis, inbreeding depression and heritability estimates in a systematic series of grain sorghum genotypes. Crop. Sci. (EE.UU.) 12 : 409 - 411.

20.- LIANG, G.H. et al 1973. Leaf blade areas of grain sorghums varieties and hybrids. Agron. Jour. (EE.UU.) 65 : 456 - 459.

21.- MALINOVSKY, B.N. 1967. Heterosis and cytoplasmic male sterility in -- sorghum and their use in breeding. Genetika (Rusian) 11 : 3 - 14. (Res. in Plant Breed. Abstr. 38 : 566).

22.- MARTIN, J.H. 1928. Plant characters and yield in grain sorghums. Jour. Amer. Soc. Agr. 20 : 1177 - 1182.

23.- NAGUR, T. and R.N. MURTHY. 1970. Diallel analysis of heterosis and combining ability in some Indian Sorghums. Ind. Jour. Genet. and Plant Breed. 30 : 26 - 35.

24.- NIEHANS, M.H. and R.C. PICKETT. 1966. Heterosis and combining ability in a diallel cross in Sorghum vulgare Pers. Crop. Sci. (EE.UU.) 6 : 33 - 36.

25.- PATANOTHAI. A. and R.E. ATKINS. 1971. Heterotic response for vegetative growth and fruiting development in grain sorghum, Sorghum bicolor (L.) Moench. Crop. Sci. (EE.UU.) 11 : 839 - 843.

26.- PRASADA RAO, N.G. 1970 a. Genetic analysis of some exotic x Indian crosses in sorghum 1. Heterosis and its interaction with seasons. Ind. Jour. Genet. and Plant Breed. 30 : 347 - 361.

27.- _____. 1970 b. Genetic analysis of some exotic x Indian crosses in sorghum 2. Combining ability and components of genetic variations. Ind. Jour. Genet. and Plant Breed. 30 : 262 - 376.

28.- _____. 1970 c. Genotype x enviroment interaction in grain sorghum hybrids. Ind. Jour. Genet. and Plant Breed. 30 : 75-80.

29.- _____, and B.R. MURTHY. 1970. Components of heterosis in two sorghums hybrids. Ind. Jour. Genet. and Plant Breed. 30 : 230 - 236.

30.- QUINBY, J.R. 1963. Manifestations of hybrid vigor in sorghum. Crop. Sci. (EE.UU.) 3 : 288 - 291.

31.- _____. 1967. The maturity genes of sorghum. Advances in Agron. (EE.UU.) 19 : 267 - 305.

32.- _____. 1970. Leaf and panicle size of sorghum parents and -- hybrids. Crop. Sci. (EE.UU.) 10 ; 251 - 254.

33.- _____. and R.E. KARPER. 1948. The effect of different allels on the growth of sorghum hybrids. Jour. Amer. Soc. Agr. 40 : - 255 - 259.

34.- SIEGLINGER, J.B. 1936. Leaf number of sorghum stalks. Jour. Amer. - Soc. Agr. 28 : 636 - 642.

35.- SINDAGI, S.S.; O. SWARUP and D. SINGH. 1970. Correlation between characters contributing to yield in F_2 progenies of intervarietal - crosses in sorghum. Ind. Jour. Genet. and Plant Breed. 30 : -- 654 - 659.

36.- _____. 1970 b. Variation and heritability of some quantitative - characters in F_2 progenies of sorghum. Ind. Jour. Genet. and -- Plant Breed. 30 : 660 - 664.

37.- STICKLER, F.C. and A.W. PAULI. 1961. Leaf removal in grain sorghum. - Effect of certain defoliation treatments on yield and components of yield. Agron. Jour. (EE.UU.) 53 : 99 - 102.

38.- THAKARE, J.T. Correlations studies in Sorghum vulgare Pers. Nagpur agric. Coll. Mag. Spec. Res. No. 121-22. (Res. Plant Breed - Abstr. 39 : 96).