

ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO, ALTURA DE PLANTA Y FLORACION DE HIBRIDOS EXPERIMENTALES Y COMERCIALES DE SORGO

José Heriberto Torres Montalvo¹ y Héctor Williams Alanís²

RESUMEN

En 1985 se evaluó la estabilidad del rendimiento de grano, días a floración y altura de planta de 49 híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), en un ensayo uniforme conducido en 13 localidades del Norte de México y del Bajío. El propósito fue identificar y clasificar a los genotipos de acuerdo a los parámetros de estabilidad, estudiar la posible relación con sus progenitores y comparar el comportamiento de 41 híbridos experimentales respecto a 8 comerciales. Para el caso del rendimiento de grano, resultaron estables y consistentes los híbridos comerciales WAC 692; asimismo 32 híbridos experimentales pertenecieron a esta categoría. Cuando se tomaron en cuenta las tres características (rendimiento, días a floración y altura de planta), el único sorgo comercial estable y consistente fue el Inia BJ84, además de 22 híbridos experimentales; de este grupo, los que presentaron los mayores rendimientos de grano fueron el comercial BJ 84 y los experimentales RB-110 x 200, RB-106 x 11 y RB-104 x 200. Los resultados indicaron que en los progenitores masculinos 200 y 11 intervinieron con mayor frecuencia los hí-

bridos experimentales caracterizados como estables y consistentes, en tanto que en los menos estables generalmente participaron las líneas reproductoras 5 y 25. Se discute la conveniencia de liberar híbridos de sorgo con amplia adaptación para incrementar la disponibilidad de semilla de híbridos producidos por el INIFAP.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Sorghum bicolor (L. Moench); Rendimiento de grano; Parámetros de estabilidad; Comparación de progenitores e híbridos.

SUMMARY

Stability of grain yield, days to flowering, and plant height of 49 sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) hybrids were evaluated in a uniform trial conducted over 13 locations of the North and El Bajío regions of México in 1985. The purpose of this study was to identify and classify the genotypes according to its stability parameters, to analyze the possible relationship with its parental lines, and to compare the performance of experimental hybrids with respect to commercial ones. Yield response of the commercial hybrids WAC 698, Inia RB 3030, Inia RB 3006, Inia BJ 84, Inia BJ 85, Inia BJ 83 and WAC 692 indicated that they were stable and consistent; 32 expe-

¹ Investigador de la Red de Sorgo y Mijo del INIFAP, Río Bravo, Tam. Actualmente realiza estudios de Maestría en el Colegio de Postgraduados. Centro de Genética. 56230 Montecillo, México.

² Experto Regional Zona Norte de la Red de Sorgo y Mijo del INIFAP. Apdo. Postal 172 88900. Río Bravo, Tam.

rimental hybrids of the 41 evaluated were also classified in this category. Considering the three characters under evaluation (yield, days to flowering and plant height), only the commercial hybrid Inia BJ 84 and 22 experimental hybrids were stable and consistent; in this group, the genotypes that showed the highest yield potential were the commercial hybrid BJ 84 and the experimental hybrids RB-110 x 200, RB-106 x 11 and RB-104 x 200. Results indicated that in the set of stable and consistent experimental hybrids the male parental lines 200 and 11 were more frequent than others; meanwhile, the restorer lines 5 and 25 were involved in the less stable experimental hybrids. The advantage of liberating wide adapted sorghum hybrids is discussed in terms of increasing hybrid seed availability of those produced by INIFAP.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Sorghum bicolor (L.) Moench; Grain yield; Stability parameters; Parental and hybrids performance.

INTRODUCCION

Por lo general, aún en las últimas fases de evaluación, es frecuente que en los programas de mejoramiento genético de sorgo se cuente con un grupo numeroso de híbridos experimentales, los cuales deben ser evaluados y seleccionados con base en la estabilidad del rendimiento de grano, resistencia a enfermedades y otras características agronómicas, bajo diferentes condiciones ambientales. El contar con híbridos estables proporciona una mayor seguridad de obtener rendimientos relativamente cons-

tantes a través de ambientes y disminuye los problemas de producción de semilla al cubrir grandes áreas con siembra comercial de pocos híbridos.

Los objetivos de este estudio fueron: a) Evaluar la estabilidad de algunos híbridos de sorgo liberados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) generados por los programas de Río Bravo (RB) y Bajío (BJ), así como un grupo de testigos comerciales e híbridos experimentales de Río Bravo, y b) Analizar posibles relaciones de los parámetros de estabilidad entre los híbridos y sus progenitores.

REVISION DE LITERATURA

Se han propuesto varias metodologías para caracterizar el comportamiento de los genotipos a condiciones ambientales variables. La regresión lineal fue propuesta originalmente por Yates y Cochran (1938), pero su utilidad en la estimación de la interacción genético-ambiental recibió poca atención. Fueron Finlay y Wilkinson (1963) quienes utilizaron la regresión lineal para cuantificar la estabilidad fenotípica; $b_1 = 1$ indica comportamiento medio de la población sobre todos los ambientes sin interaccionar con ellos y cuando existe además un rendimiento mayor que el promedio general, se dice que las variedades tienen adaptabilidad general.

Eberhart y Russell (1966) definieron como parámetros de estabilidad al coeficiente de regresión (b_1) y al cuadrado medio de las desviaciones de regresión (S^2_{di}). El coeficiente de regresión de una población en un grupo de ambientes mide la respuesta de la población mediante el comportamiento de la variable dependiente

(como rendimiento) por unidad de cambio de la variable independiente (índice ambiental). Las desviaciones de regresión miden la proporción en que la respuesta predicha está de acuerdo con la respuesta observada.

Bucio (1966) desarrolló un modelo para estimar los componentes de variación genético ambiental y de interacción genético ambiental. La línea de regresión la obtuvo al considerar al efecto ambiental como variable independiente y como dependiente al efecto genético más la interacción genético-ambiental. Encontró una relación lineal entre los efectos de la interacción y los efectos ambientales.

Perkins y Jinks (1968) emplearon la media de rendimiento y el coeficiente de regresión para describir la sensibilidad de una línea a ambientes cambiantes. De acuerdo con este modelo, una línea de regresión con $b_1 = 1$ y con $S^2_{di} = 0$ (desviaciones respecto a la línea de regresión) tendría una estabilidad media con ausencia de interacción genotipo por ambiente.

Carballo (1970) explica que el comportamiento de una variedad en ambientes distintos, puede expresarse en términos de deseabilidad, entendiéndose por ello que una variedad es deseable cuando produce rendimiento aceptable en las condiciones ambientales más frecuentes y la estabilidad que se busque dependerá de las condiciones agrícolas del área.

Gómez (1977) aplicó la metodología de Eberhart y Russell en 233 híbridos de sorgo, evaluados en las localidades de Roque, Gto., Cotaxtla, Ver., Iguala, Gro., Culiacán, Sin. y Río Bravo, Tam., en los años de 1967 y 1968. En este estudio se observó que los híbridos adaptados a los am-

bientes favorables fueron los más rendidores, los adaptados a los ambientes desfavorables fueron los de menor rendimiento y los que se adaptaron a todos los ambientes tuvieron un rendimiento intermedio. Señaló también que cuando el programa de mejoramiento genético se realiza en una sola región, los genotipos obtenidos presentan alta inconsistencia al evaluarlos ampliamente.

Romo (1977) evaluó 95 familias de sorgo durante 1975 en Amacuzac, Mor., Zacatepec, Mor., Iguala, Gro., Río Bravo, Tam. y Roque, Gto. Estas familias se obtuvieron de un compuesto formado con la mezcla mecánica de semilla de generaciones F_3 de 15 híbridos. En el ciclo siguiente se recombinó y se seleccionaron las familias (panoja por surco) del compuesto. Encontró que es factible obtener variedades de sorgo de polinización libre con rendimiento similar al de híbridos comerciales, y con amplia adaptación. Las líneas fueron más estables en rendimiento que los híbridos, pero éstos fueron más estables que las líneas en altura de planta. Sugirió que el mejor criterio de deseabilidad para el porte de la planta debe ser $b_1 < 1$ y $S^2_{di} = 0$, ya que comercialmente son más aceptables las variedades de porte bajo y que conserven esta característica a través de ambientes.

Juárez (1977), al estudiar la interacción genotipo-ambiente en la selección y recomendación de híbridos de sorgo, concluyó que es más conveniente hacer las evaluaciones en varias localidades y en un solo año, que hacerlo en una misma localidad por varios años; además, en el primer caso se logra estimar las características de adaptación de los genotipos en menor tiempo, siempre y

cuando se represente suficiente variabilidad al considerar diversos ambientes.

MATERIALES Y METODOS

En este estudio se evaluaron 49 híbridos (Cuadro 1): 41 de ellos eran híbridos experimentales obtenidos por el Programa de Mejoramiento Genético de Sorgo del Campo Agrícola Experimental Río Bravo (CAERIB); cinco liberados por el INIFAP (RB 3030, RB 3006, BJ 83, BJ 84 y BJ 85) y tres testigos producidos por empresas privadas (WAC 692, WAC 698 y Asgrow Double Tx).

De los 41 híbridos experimentales, 17 fueron formados por el cruzamiento de líneas A obtenidas en el CAERIB por líneas R de la Universidad de Texas A&M; cuatro por el cruzamiento de líneas A de dicha Universidad por líneas R obtenidas en el CAERIB y 20 por el cruzamiento de líneas A y R del CAERIB. Todos los progenitores derivados en el CAERIB se empezaron a formar a partir de 1978.

Los 49 genotipos se evaluaron durante 1985 en ensayos uniformes establecidos en 13 ambientes ubicados en 10 localidades del Norte de México y del Bajío, cuyas principales características se presentan en el Cuadro 2. En todas las localidades el diseño experimental fue un látice simple duplicado 7x7. La unidad experimental consistió de dos surcos de 5 m de largo y 0.80 m de separación, con una población aproximada de 250,000 plantas/ha, excepto en los ambientes de Luis Echeverría, Tam. y Celaya, Gto., donde la unidad experimental fue un surco de las mismas dimensiones.

El análisis estadístico se realizó en dos partes: primero se efectuaron

análisis de varianza individuales en cada ambiente; posteriormente se realizó el análisis de parámetros de estabilidad propuesto por Eberhart y Russell (1966). Las características agronómicas medidas en este estudio fueron días a floración, altura total de planta (cm) y rendimiento de grano (kg/ha).

RESULTADOS Y DISCUSION

En los análisis de varianza individuales se encontró que en cada ambiente hubo diferencias altamente significativas entre variedades para las tres características estudiadas, excepto en el ambiente 2 (Río Bravo, temporal) para días a floración y en el ambiente 8 (Abasolo, riego) para rendimiento de grano, donde las diferencias fueron solamente significativas.

En los análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad para rendimiento y altura de planta en 13 ambientes y de días a floración en 12 ambientes (Cuadro 3), se detectaron diferencias altamente significativas entre las medias de las variedades, así como también entre ambientes (lineal). La interacción ambiente por variedad (lineal), que resultó significativa para rendimiento y altamente significativa para altura de planta y días a floración, indicó diferencias entre los coeficientes de regresión de los genotipos; es decir, una respuesta diferencial no paralela de los híbridos en los ambientes evaluados.

Rendimiento

En el Cuadro 4 se presenta el rendimiento promedio en 13 ambientes, los valores de los parámetros (b_1 y S^2_{di}) y la clasificación de cada uno

Cuadro 1. Relación de híbridos de sorgo evaluados en 13 ambientes.

Número	Genealogía	Cruza	o	Variedad de origen
1	RB 91 x 200	(Redbine x Zerazera)	x	Zerazera
2	RB 91 x 201	(Redbine x Zerazera)	x	Río
3	RB 95 x 200	(Redbine x Zerazera)	x	Zerazera
4	RB 95 x 201	(Redbine x Zerazera)	x	Río
5	RB 102 x 200	(Redbine x Zerazera)	x	Zerazera
6	RB 102 x 201	(Redbine x Zerazera)	x	Río
7	RB 102 x 25	(Redbine x Zerazera)	x	Zerazera
8	RB 102 x 19	(Redbine x Zerazera)	x	(Zerazera x Feterita)
9	RB 102 x 19	(Redbine x Zerazera)	x	Zerazera
10	RB 102 x 11	(Redbine x Zerazera)	x	(Zerazera x Río)
11	RB 102 x 63	(Redbine x Zerazera)	x	(Caudatum x Feterita)
12	RB 106 x 200	(Redbine x Zerazera)	x	Zerazera
13	RB 106 x 201	(Redbine x Zerazera)	x	Río
14	RB 106 x 25	(Redbine x Zerazera)	x	Zerazera
15	RB 106 x 19	(Redbine x Zerazera)	x	(Zerazera x Feterita)
16	RB 104 x 25	(Redbine x Zerazera)	x	Zerazera
17	RB 106 x 11	(Redbine x Zerazera)	x	(Zerazera x Río)
18	RB 106 x 63	(Redbine x Zerazera)	x	(Caudatum x Feterita)
19	RB 107 x 200	(Redbine x Zerazera)	x	Zerazera
20	RB 107 x 201	(Redbine x Zerazera)	x	Río
21	RB 104 x 200	(Redbine x Zerazera)	x	Zerazera
22	RB 107 x 19	(Redbine x Zerazera)	x	(Zerazera x Feterita)
23	RB 107 x 5	(Redbine x Zerazera)	x	Zerazera
24	RB 107 x 11	(Redbine x Zerazera)	x	(Zerazera x Río)
25	RB 104 x 201	(Redbine x Zerazera)	x	Río
26	RB 110 x 200	(Redbine x Zerazera)	x	Zerazera
27	RB 110 x 201	(Redbine x Zerazera)	x	Río
28	RB 110 x 25	(Redbine x Zerazera)	x	Zerazera
29	RB 110 x 19	(Redbine x Zerazera)	x	(Zerazera x Feterita)
30	Inia BJ 84			Zerazera x Río
31	RB 110 x 11	(Redbine x Zerazera)	x	(Zerazera x Río)
32	RB 110 x 63	(Redbine x Zerazera)	x	(Caudatum x Feterita)
33	RB 2 x 5			Zerazera x Zerazera
34	RB 2 x 11			Zerazera x (Zerazera x Río)
35	RB 90 x 200	(Redbine x Zerazera)	x	Zerazera
36	RB 2 x 25			Zerazera x Zerazera
37	RB 2 x 63			Zerazera x (Caudatum x Feterita)
38	RB 102 x 202	(Redbine x Zerazera)	x	(Caudatum x Feterita)
39	Inia BJ 83			Redland x Zerazera
40	Inia BJ 85			Zerazera x Zerazera
41	RB 110 x 202	(Redbine x Zerazera)	x	(Caudatum x Feterita)
42	RB 109 x 200	(Redbine x Zerazera)	x	Zerazera
43	RB 108 x 200	(Redbine x Zerazera)	x	Zerazera
44	RB 101 x 200	(Redbine x Zerazera)	x	Zerazera
45	Inia RB 3030			Redland x Zerazera
46	Inia RB 3006			Redland x Zerazera
47	Asgrow Double Tx			
48	WAC 698			
49	WAC 692			

Cuadro 2. Localización geográfica, temperatura, precipitación y condición de las localidades donde se realizaron los ensayos.

Localidad ¹	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Temperatura media anual (°C)	Precipitación media (mm)	Condición de humedad de evaluación ²
Río Bravo, Tam.	25° 59'	98° 06'	30	23.0	517.0	R y T
Empalme, Tam.	25° 58'	97° 50'	17	23.5	566.8	T
El Yagón, Tam.	25° 42'	98° 03'	40	23.5	678.5	R y T
Luis Echeverría, Tam.	25° 13'	97° 56'	15	23.8	651.0	T
El Canelo, Tam.	25° 11'	97° 58'	15	23.8	651.0	T
Abasolo, Tam.	24° 04'	98° 23'	84	24.7	642.9	R
Padilla, Tam.	24° 00'	98° 47'	153	24.9	666.3	T
Cuauhtémoc, Tam.	22° 00'	98° 09'	15	23.4	851.0	T
Los Mochis, Sin.	25° 47'	109° 00'	10	25.1	320.9	R
Celaya, Gto.	20° 32'	100° 49'	1754	20.6	597.3	R y T

1 García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 2a ed. UNAM, México. 246 pp.

2 R=riego, T=temporal.

Cuadro 3. Grados de libertad y cuadros medios en los análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad de rendimiento y altura de planta de 49 híbridos en 13 ambientes y de días a floración en 12 ambientes.

Fuente de variación	Rendimiento		A.P. C.M.	Días a floración	
	G.L.	C.M.		G.L.	C.M.
Total	636	3240203**	578.363	587	89.511
Variedades	48	746091	773.229**	48	39.682**
Ambientes (A)	588	3444	562.455	539	93.949
A x V					
A (lineal)	1	1776430000**	309260**	1	48735.2**
A x B (lineal)	48	600115*	121.531**	48	6.754**
Desviación conjunta	539	407703	29.003	490	3.141
Variedad 1	11	201231	14.643	10	1.021
Variedad 2	11	200036	15.203	10	4.072
Variedad 3	11	220651	22.432	10	0.967
Variedad 4	11	412654	23.746	10	1.986
Variedad 5	11	402137	30.032	10	0.679
Variedad 6	11	142317	7.091	10	1.727
Variedad 7	11	1232050**	24.704	10	3.409
Variedad 8	11	346093	15.443	10	0.831
Variedad 9	11	539590	24.455	10	2.073
Variedad 10	11	129202	27.000	10	2.305
Variedad 11	11	353732	9.240	10	2.303
Variedad 12	11	293102	11.353	10	0.975
Variedad 13	11	173465	32.969	10	4.064
Variedad 14	11	1363460**	20.333	10	3.275
Variedad 15	11	324091	7.547	10	1.276
Variedad 16	11	2314930**	82.339*	10	4.741
Variedad 17	11	305569	27.619	10	4.055
Variedad 18	11	340402	15.648	10	1.033
Variedad 19	11	63975	43.254	10	0.800
Variedad 20	11	132565	9.446	10	2.259
Variedad 21	11	132959	0.260	10	0.923
Variedad 22	11	05627	42.900	10	0.650
Variedad 23	11	102235	102.016**	10	0.737
Variedad 24	11	200179	76.176	10	1.945
Variedad 25	11	202529	35.207	10	1.407
Variedad 26	11	279439	24.047	10	0.274
Variedad 27	11	140611	3.303	10	2.161
Variedad 28	11	797106*	17.732	10	1.190
Variedad 29	11	145677	20.950	10	0.654
Variedad 30	11	509035	50.455	10	3.422
Variedad 31	11	246007	25.071	10	0.990
Variedad 32	11	401932	11.300	10	3.212
Variedad 33	11	332109	24.604	10	2.595
Variedad 34	11	608920	37.093	10	2.429
Variedad 35	11	240117	9.512	10	2.017
Variedad 36	11	1304420**	21.093	10	2.376
Variedad 37	11	295490	40.97	10	4.067
Variedad 38	11	262403	22.720	10	3.995
Variedad 39	11	333130	26.076	10	11.399**
Variedad 40	11	206151	25.110	10	1.301
Variedad 41	11	516442	17.433	10	4.579
Variedad 42	11	107900	24.721	10	1.619
Variedad 43	11	230072	25.745	10	0.573
Variedad 44	11	230135	14.930	10	0.555
Variedad 45	11	205550	29.324	10	9.029**
Variedad 46	11	205316	15.347	10	11.042**
Variedad 47	11	910762**	30.077	10	0.732**
Variedad 48	11	239234	52.237	10	0.833**
Variedad 49	11	379075	136.440**	10	125.02
Error conjunto	576	431512	37.205	528	3.530

* Significativo

** Altamente significativo

de los genotipos con base en el esquema propuesto por Carballo (1970). Se observa también la significancia de los parámetros al probar la hipótesis $b_{1i}=1$ y $S^2di=0$ a un nivel de 5%.

De los 49 híbridos evaluados para rendimiento en los 13 ambientes, 39 fueron estables ($b_{1i}=1$; $S^2di=0$); dentro de esta categoría se encontraron los híbridos comerciales WAC 698, Inia RB 3006, Inia RB 3030, Inia BJ 84, Inia BJ 85, Inia BJ 83 y WAC 692, además de 32 híbridos experimentales. Adicionalmente se presentaron seis genotipos con buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistentes ($b_{1i}=1$; $S^2di > 0$); estos híbridos fueron el comercial Asgrow Double Tx y cinco experimentales. Se encontró también a tres híbridos experimentales que respondieron mejor en ambientes buenos y fueron consistentes ($b_{1i} > 1$; $S^2di=0$). Por último, el sorgo experimental RB-110 x 201 se mostró mejor en ambientes desfavorables y fue consistente ($b_{1i} < 1$; $S^2di=0$).

Los resultados de este estudio no coinciden con los de Gómez (1977) para rendimiento de grano, donde los híbridos estables tuvieron rendimiento intermedio y los adaptados a los ambientes favorables fueron los más rendidores, pues en este trabajo se encontraron híbridos estables (Cuadro 4) en toda la gama de rendimiento. Los híbridos estables y consistentes que presentaron los rendimientos estadísticamente superiores fueron los comerciales WAC 698, Inia RB 3006, Inia RB 3030, Inia BJ 84, Inia BJ 85 e Inia BJ 83 y los experimentales RB-106 x 63, RB-110 x 200, RB-106 x 11 y RB-104 x 200. Por otro lado, los híbridos RB-107 x 5 y RB-2 x 5, que presentaron mejor respuesta en ambientes favorables y fueron consistentes, mostraron muy

bajo rendimiento.

La alta frecuencia (80%) de genotipos estables para rendimiento de grano, puede deberse a que los híbridos testigo están entre los mejores de los actualmente disponibles en el mercado y los experimentales corresponden a un grupo élite muy seleccionado, que se encuentran en las últimas etapas del proceso previo a su liberación y producción comercial. Es decir, algunos de estos híbridos experimentales se han estado evaluando desde 1982 en localidades como Río Bravo, Tam., Abasolo, Tam., Tampico, Tam., Los Mochis, Sin. y otras; basados en esta información, sólo se combinaron progenitores que producían los híbridos más rendidores, de mejor adaptación, con buenas características agronómicas, con pocos problemas en la producción de semilla y con resistencia a enfermedades.

Otra posible explicación se basa en los conceptos de Miller y Thomas (1978), quienes definen a los sorgos del grupo Zerazera, utilizados ampliamente como progenitores en este trabajo, como de adaptación tropical, y en consecuencia con una gran capacidad de adaptación, ya que son capaces de soportar una mayor variación en las condiciones del medio (fotoperíodo y temperatura) que otros tipos de sorgos, germinan a temperaturas más bajas (7-10°C), las hojas permanecen activas más tiempo y las plantas toleran temperaturas altas durante la noche, reduciendo su ritmo de respiración.

Altura de planta

En el Cuadro 5 aparecen los parámetros de estabilidad para la altura de planta promedio de cada variedad obtenida en los 13 ambientes de prueba con su correspondiente clasificación, según Carballo (1970).

Cuadro 4. Rendimiento medio y parámetros de estabilidad de 49 híbridos de sorgo evaluados en 13 ambientes.

No. de Trat.	Genotipo	Rendimiento Kg/ha	bli	S2di1	Clasificación (Carballo, 1970)
48	WAC 698	5604	1.040	-0.192	a
46	INIA RB 3006	5309	1.008	-0.226	a
45	INIA RB 3030	5307	0.834	-0.146	a
20	RB 110 x 25	5309	1.023	-0.366*	b
10	RB 106 x 63	5263	1.157	-0.083	a
30	INIA BJ 84	5208	1.030	-0.078	a
26	RB 110 x 200	5201	0.929	-0.152	a
40	INIA BJ 05	5185	1.132	-0.225	a
17	RB 106 x 11	5159	0.978	-0.126	a
21	RB 104 x 200	5158	0.904	-0.299	a
14	RB 106 x 25	5152	0.744	0.932*	b
39	INIA BJ 03	5111	0.830	0.098	a
16	RB 104 x 25	5098	0.662	1.803*	b
32	RB 110 x 63	5097	1.108	0.050	a
37	RB 2 x 63	5071	1.154	0.136	a
5	RB 102 x 200	5044	0.948	0.056	a
25	RB 104 x 201	5023	0.968	0.149	a
29	RB 110 x 19	5001	0.885	0.286	a
36	RB 2 x 25	4999	0.849	0.953*	b
42	RB 109 x 200	4980	1.157	0.244	a
44	RB 101 x 200	4978	0.948	0.193	a
11	RB 102 x 63	4978	1.227*	-0.178	e
7	RB 102 x 25	4950	0.962	0.801*	b
19	RB 107 x 200	4949	1.028	-0.369	a
13	RB 106 x 201	4942	0.850	-0.250	a
43	RB 108 x 200	4942	1.009	-0.193	a
20	RB 107 x 201	4936	0.999	-0.299	a
10	RB 102 x 11	4910	1.039	-0.302	a
3	RB 95 x 200	4861	1.160	-0.203	a
6	RB 102 x 201	4856	0.972	-0.289	a
35	RB 90 x 200	4845	0.894	-0.183	a
22	RB 107 x 19	4840	1.083	-0.346	a
38	RB 102 x 202	4839	1.001	-0.169	a
41	RB 110 x 202	4836	0.954	0.849	a
34	RB 2 x 11	4829	1.228	0.177	a
12	RB 106 x 200	4816	1.057	-0.130	a
15	RB 106 x 19	4801	1.045	-0.107	a
31	RB 110 x 11	4787	0.909	-0.184	a
8	RB 102 x 19	4784	1.023	-0.085	a
24	RB 107 x 11	4770	1.070	-0.223	a
1	RB 91 x 200	4763	1.144	-0.230	a
27	RB 110 x 201	4738	0.835*	-0.203	c
4	RB 95 x 201	4702	0.959	-0.019	a
2	RB 91 x 201	4671	0.856	-0.143	a
49	WAC 692	4639	0.821	-0.152	a
9	RB 102 x 5	4554	1.045	0.108	a
23	RB 107 x 5	4537	1.153*	-0.329	e
33	RB 2 x 5	4512	1.264*	-0.099	e
47	ASGROW DOUBLE TX DHS (a=.05)	4446 505	0.954	0.487*	b

* Significativo al 0.05

1 El punto decimal se recorrió 6 cifras debido a que los cálculos fueron realizados en kg/ha

Cuadro 5. Altura de planta promedio y parámetros de estabilidad de 49 híbridos de sorgo evaluados en 13 ambientes.

No. de Trat.	Genotipo	Altura de planta	bli	S2di1	Clasificación (Carballo, 1970)
7	RD 102 x 25	153	1.212*	-12.8404	e
23	RD 107 x 5	149	1.263	64.73303*	b
9	RD 102 x 5	148	1.177*	-12.8295	e
14	RD 106 x 25	147	1.133	-0.95145	a
36	RD 2 x 25	147	1.219*	-15.392	e
30	RD 102 x 202	146	1.075	-14.5564	a
10	RD 102 x 11	145	0.985	-9.39663	a
28	RD 110 x 25	145	1.004	-19.5520	a
33	RD 2 x 5	145	1.153*	-12.6805	e
24	RD 107 x 11	145	1.035	-1.10934	a
16	RD 104 x 25	144	1.060	45.0538*	b
11	RD 102 x 63	143	1.072	-20.045	a
40	INIA BJ 85	143	1.176*	-12.175	e
37	RD 2 x 63	142	1.090	11.6047	a
31	RD 110 x 11	141	0.962	-11.4142	a
34	RD 2 x 11	141	0.997	0.608208	a
22	RD 107 x 19	141	1.116	5.7032	a
6	RD 102 x 201	140	0.956	-30.1934	a
30	INIA BJ 84	139	0.992	13.1699	a
18	RD 106 x 63	139	1.002	-21.637	a
17	RD 106 x 11	138	0.922	-9.66545	a
8	RD 102 x 19	137	1.134*	-21.0423	e
20	RD 107 x 201	137	0.895*	-27.8384	c
48	VAC 698	137	0.821	14.9525	a
19	RD 107 x 200	137	1.090	5.96931	a
4	RD 95 x 201	136	0.877	-13.5384	a
46	INIA RD 3006	136	0.915	-20.9375	a
39	INIA BJ 83	136	0.892	-10.4007	a
15	RD 106 x 19	136	1.064	-29.7379	a
43	RD 108 x 200	135	1.127	-11.5399	a
3	RD 95 x 200	135	1.060	-14.0524	a
13	RD 106 x 201	135	0.832*	-4.31562	c
5	RD 102 x 200	135	1.090	1.51731	a
42	RD 109 x 200	134	1.109	-12.5643	a
32	RD 110 x 63	133	0.972	-25.9852	a
41	RD 110 x 202	133	0.884*	-19.0514	c
45	INIA RD 3030	133	0.917	-7.96077	a
25	RD 104 x 201	132	0.906	-1.99819	a
47	ASGROW DOUBLE TX	132	0.788*	-6.44752	c
12	RD 106 x 200	132	1.040	-25.9318	a
27	RD 110 x 201	131	0.870*	-33.902	c
44	RD 101 x 200	130	0.961	-22.3544	a
35	RD 90 x 200	130	1.040	-27.7725	a
29	RD 110 x 19	129	0.951	-16.3352	a
21	RD 104 x 200	129	0.977	-29.0249	a
26	RD 110 x 200	127	0.909	-12.4382	a
1	RD 91 x 200	124	0.941	-22.6414	a
2	RD 91 x 201	124	0.679*	-22.0015	c
49	VAC 692	110	0.544*	93.1624*	d
	DNS 0.05	4.7			

* Significativo al 0.05

Se observa que 34 de los 49 sorgos evaluados mostraron estabilidad a través de los 13 ambientes de prueba. En este grupo se encuentran los materiales comerciales Inia BJ 84, WAC 698, Inia RB 3006, Inia BJ 83 e Inia RB 3030, además de 29 híbridos experimentales. Se presentaron dos genotipos experimentales con buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistentes. También se encontraron seis materiales con mejor respuesta en ambientes desfavorables y consistentes; éstos fueron cinco híbridos experimentales y el comercial Asgrow Double Tx. El híbrido comercial WAC 692, que fue el de menor altura de planta con 110 cm, presentó mejor respuesta a ambientes desfavorables, pero fue inconsistente. Por último, se encontraron seis genotipos que respondieron mejor en ambientes buenos y fueron consistentes; en este grupo se encuentran el híbrido comercial Inia BJ 85 y cinco experimentales.

En general se aprecia que los híbridos de mayor altura de planta están relacionados con los progenitores restauradores 25, 5 y 11, en tanto que los híbridos de menor porte provienen de cruzamientos con los progenitores 200 y 201. No se encontró relación con los progenitores femeninos. Un grupo importante de híbridos experimentales fueron de porte significativamente superior a los híbridos comerciales; sin embargo, se considera que el nivel de dicha altura no es impedimento para la cosecha mecánica de las panojas, siempre y cuando no se presente acame en esa etapa. Por el contrario, en el Norte de Tamaulipas se considera preferible contar con híbridos un poco altos para reducir la competencia de malezas.

Días a floración

Para esta característica se contó con la evaluación de 12 ambientes de prueba, pues no fue posible obtener datos en el ambiente 3 (Empalme, temporal).

En el Cuadro 6 se puede observar que 35 híbridos fueron estables: en este grupo se encuentran los sorgos comerciales Inia BJ 85, Inia BJ 84 y 33 experimentales. También se presentaron seis genotipos con buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistentes; éstos fueron los híbridos comerciales Inia RB 3030, WAC 698, Inia BJ 83, Inia RB 3006, Asgrow Double Tx y WAC 692. Se encontraron adicionalmente cuatro híbridos experimentales que respondieron mejor a ambientes desfavorables y fueron consistentes. Además, cuatro sorgos experimentales tuvieron mejor respuesta en ambientes favorables y fueron consistentes.

Conviene destacar que esta característica mostró relación con la altura de planta, ya que los híbridos que fueron más tardíos y más altos son descendientes de los progenitores masculinos 25, 5 y 11, en tanto que tendieron a ser más precoces y bajos cuando intervinieron las líneas restauradoras 200 y 201. No se observó relación con los progenitores femeninos.

Rendimiento, altura de planta y días a floración

De los ocho híbridos comerciales evaluados, el único estable y consistente para las tres características estudiadas (Cuadro 7) fue el Inia BJ 84. De los 41 híbridos experimentales, 22 de ellos correspondieron a esta agrupación; ellos fueron: RB-91

Cuadro 6. Días a floración promedio y parámetro de estabilidad de 49 híbridos de sorgo evaluados en 12 ambientes.

No. de Trat.	Genotipo	Días a floración	bli	S2di1	Clasificación (Carballo, 1970)
36	RB 2 x 25	79	1.138*	-1.1541	e
16	RB 104 x 25	79	1.193*	1.21179	e
14	RB 106 x 25	78	1.164*	-0.25437	e
7	RB 102 x 25	78	1.059	-0.120874	a
34	RB 2 x 11	78	0.975	-1.10093	a
28	RB 110 x 25	77	1.080*	-2.33207	e
23	RB 107 x 5	77	0.995	-2.79227	a
33	RB 2 x 5	77	0.968	-0.934668	a
24	RB 107 x 11	77	0.911	-1.58431	a
10	RB 102 x 11	77	0.961	-1.22477	a
40	INIA BJ 85	77	0.975	-2.22864	a
22	RB 107 x 19	76	1.011	-2.87958	a
19	RB 107 x 200	76	1.020	-2.64148	a
37	RB 2 x 63	76	0.931	0.537494	a
9	RB 102 x 5	76	1.009	-0.656298	a
31	RB 110 x 11	76	0.986	-2.53969	a
8	RB 102 x 19	75	1.026	-2.69867	a
42	RB 109 x 200	75	1.009	-1.91039	a
5	RB 102 x 200	75	1.023	-2.65043	a
17	RB 106 x 11	75	0.902	0.52519	a
15	RB 106 x 19	75	1.005	-2.25413	a
11	RB 102 x 63	75	0.926	-1.1469	a
12	RB 106 x 200	75	1.015	-2.55475	a
1	RB 91 x 200	74	1.036	-2.50058	a
29	RB 110 x 19	74	1.046	-2.8754	a
32	RB 110 x 63	74	0.891	-0.317425	a
38	RB 102 x 202	74	0.863*	-0.535123	c
43	RB 108 x 200	74	1.012	-2.95628	a
26	RB 110 x 200	74	1.033	-3.25599	a
35	RB 90 x 200	74	1.033	-0.712622	a
21	RB 104 x 200	74	1.048	-2.60697	a
30	INIA BJ 84	74	0.955	-0.107946	a
41	RB 110 x 202	74	0.809*	-1.04974	c
20	RB 107 x 201	74	0.924	-1.27061	a
3	RB 92 x 200	74	1.014	-2.56291	a
44	RB 101 x 200	74	1.020	-2.97476	a
45	INIA RB 3030	74	1.128	6.29916*	b
48	WAC 698	73	1.107	5.30358*	b
2	RB 91 x 201	73	0.924	1.34208	a
6	RB 102 x 201	73	0.936	-1.80231	a
25	RB 104 x 201	73	0.991	-2.12279	a
39	INIA BJ 83	73	1.099	7.86943*	b
18	RB 106 x 63	73	0.873*	-1.69646	c
46	INIA RB 3006	73	1.128	8.31205*	b
47	ASGROW DOUBLE TX	73	1.069	5.2027*	b
27	RB 110 x 201	73	0.878*	-1.36916	c
13	RB 106 x 201	73	0.891	1.33436	a
4	RB 95 x 201	72	0.969	-1.54369	a
49	WAC 692	71	1.042	9.0518*	b
	DHS .05	1.5			

* Significativo al 0.05

Cuadro 7. Clasificación de los parámetros de estabilidad de los 49 genotipos de sorgo, según

No. de Var.	Genealogía	Rendimiento (13 ambientes)	Altura de planta (13 ambientes)	Días a floración (12 ambientes)
1	RB 91 x 200	a	a	a
2	RB 91 x 200	a	c	a
3	RB 95 x 200	a	a	a
4	RB 95 x 201	a	a	a
5	RB 102 x 200	a	a	a
6	RB 102 x 201	a	a	a
7	RB 102 x 25	b	e	a
8	RB 102 x 19	a	e	a
9	RB 102 x 5	a	e	a
10	RB 102 x 11	a	a	a
11	RB 102 x 63	e	a	a
12	RB 106 x 200	a	a	a
13	RB 106 x 201	a	c	a
14	RB 106 x 25	b	a	e
15	RB 106 x 19	a	a	a
16	RB 104 x 25	b	b	e
17	RB 106 x 11	a	a	a
18	RB 106 x 63	a	a	c
19	RB 107 x 200	a	a	a
20	RB 107 x 201	a	c	a
21	RB 104 x 200	a	a	a
22	RB 107 x 19	a	a	a
23	RB 107 x 5	e	b	a
24	RB 107 x 11	a	a	a
25	RB 104 x 201	a	a	a
26	RB 110 x 200	a	a	a
27	RB 110 x 201	c	c	c
28	RB 110 x 25	b	a	e
29	RB 110 x 19	a	a	a
30	INIA BJ 84	a	a	a
31	RB 110 x 11	a	a	a
32	RB 110 x 63	e	a	a
33	RB 2 x 5	a	e	a
34	RB 2 x 11	a	a	a
35	RB 90 x 200	b	a	a
36	RB 2 x 25	a	e	e
37	RB 2 x 63	a	a	a
38	RB 102 x 202	a	a	c
39	INIA BJ 83	a	a	b
40	INIA BJ 85	a	e	a
41	RB 110 x 202	a	c	c
42	RB 109 x 200	a	a	a
43	RB 108 x 200	a	a	a
44	RB 101 x 200	a	a	a
45	INIA RB 3030	a	a	b
46	INIA RB 3006	a	a	b
47	ASGROW DOUBLE TX	b	c	b
48	WAC 698	a	a	b
49	WAC 692	a	d	b

x 200, RB-95 x 200, RB-95 x 201, RB-102 x 200, RB-102 x 201, RB-102 x 11, RB-106 x 200, RB-106 x 19, RB-106 x 11, RB-107 x 200, RB-104 x 200, RB-107 x 19, RB-107 x 11, RB-104 x 201, RB-110 x 200, RB-110 x 19, RB-110 x 11, RB-2 x 11, RB-2 x 63, RB-109 x 200, RB-108 x 200 y RB-101 x 200.

Los híbridos que estadísticamente presentaron los mayores rendimientos y que fueron estables para las tres características (Cuadros 4 y 7) fueron el híbrido comercial BJ 84 y los experimentales RB-110 x 200, RB-106 x 11 y RB-104 x 200. Por otra parte, estos híbridos experimentales presentaron una altura de planta y días a floración similares a los testigos comerciales.

La observación de la genealogía de los híbridos experimentales estables parece indicar que la estabilidad y consistencia está siendo transmitida de manera sistemática por las líneas restauradoras 200 y 11; en tanto que en los híbridos menos estables intervinieron los progenitores 5 y 25. En las líneas hembra no se encontró una tendencia definida. Estos resultados pueden deberse a que el origen varietal de las hembras es similar (Cuadro 2), comprendiendo a los grupos Redbine x Zerazera y Zerazera, mientras que el origen de las líneas R fue más variado. Estos indicios son importantes en programas de mejoramiento genético para la zona norte del país, ya que si se desea formar híbridos estables en las características de rendimiento de grano, altura de planta y días a floración, aparentemente deberían utilizarse progenitores masculinos que den estabilidad para estas características. Sin embargo, es necesario que en un próximo trabajo se obtengan los parámetros de estabilidad de los híbridos junto con sus líneas parentales, para estar en posibilidades de iden-

tificar las relaciones entre ellos con mayor precisión.

La producción comercial de semilla de híbridos de sorgo generados por el INIFAP escasamente satisface el 5% de la demanda nacional. El contar con híbridos experimentales estables para las tres características estudiadas podría ser ventajoso porque podrían ser utilizados en varias regiones con relativamente poca variación en rendimiento, ciclo vegetativo y altura de planta. En consecuencia, contar con híbridos de amplia adaptación sería una forma de ayudar a resolver el problema de la disponibilidad de semilla, pues con pocos híbridos se pueden cubrir grandes áreas de siembra. En este estudio, una proporción mayor del 50% de los híbridos experimentales evaluados fueron estables y consistentes para las tres características. Esto se deberá tener en cuenta para definir la posible liberación comercial de alguno de ellos.

CONCLUSIONES

1. En todos los ambientes se presentaron diferencias estadísticas entre variedades para las tres características estudiadas; además en el análisis combinado se detectaron diferencias significativas entre variedades, ambientes y para la interacción variedad por ambiente en las tres características estudiadas, lo cual indica que entre los 49 híbridos algunos presentaron un comportamiento diferente y no paralelo entre sí a través de los ambientes de prueba.

2. Para rendimiento de grano, WAC 698, Inia RB 3030, Inia RB 3006, Inia BJ 84, Inia BJ 85, Inia BJ 83 y WAC 692 (siete de los ocho híbridos comerciales evaluados) fueron estables y consistentes; en tanto de los 41 híbridos experimentales evaluados, 32 correspondieron a esta categoría.
3. De los sorgos comerciales evaluados, Inia BJ 84 fue el único estable y consistente para las tres características estudiadas; de los híbridos experimentales, 22 de ellos se clasificaron en ese grupo. De ellos los que presentaron los más altos rendimientos fueron BJ 84 y los experimentales RB-110 x 200, RB-106 x 11 y RB-104 x 200.
4. La estabilidad y consistencia de los híbridos experimentales estudiados parece estar relacionada con los progenitores masculinos 200 y 11; en tanto que en los híbridos menos estables participaron con mayor frecuencia los progenitores masculinos 5 y 25.

BIBLIOGRAFIA

- Bucio A., L. 1966. Environmental and genotype-environmental components of variability. I. Inbred lines. *Heredity* 21:387-397.
- Carballo C., A. 1970. Comparación de variedades de maíz del Bajío y de la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40.
- Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aus. J. Agric. Res.* 14:742-754.
- Gómez M., N. 1977. Estabilidad del rendimiento y delimitación de áreas de cultivo del sorgo para grano en México. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Juárez E., R. 1977. Interacción genotipo-medio ambiente en la selección y recomendación de híbridos de sorgo para grano. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Miller, F.R. and G. Thomas. 1978. Tropically adapted grain sorghum, a new direction. *South Texas Grain Sorghum Symposium Proceeding.* The Texas A&M University. pp. 3-8.
- Perkins, J.M. and H.L. Jinks. 1968. Environmental and genotype environmental components of variability. IV. Non linear interactions for multiple inbred lines. *Heredity* 23:525-535.
- Romo C., E. 1977. Obtención de variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) a partir de compuestos intergrados con generaciones avanzadas de híbridos. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Yates, F. and Cochran. 1938. The analysis of experiments. *J. Agric. Soc. Camb.* 28:556-580.